

Operação, acompanhamento e desenvolvimento de algoritmo de controle para automatização de remoção de nutrientes de uma estação de tratamento de esgotos piloto

Operation, monitoring and development of a control algorithm for automation of nutrient removal from a pilot sewage treatment plant

DOI:10.34117/bjdv7n5-346

Recebimento dos originais: 07/04/2021

Aceitação para publicação: 17/05/2021

Virgínia Grace Barros⁽¹⁾

Universidade do Estado de Santa Catarina, curso de Engenharia Civil, (UDESC)
Rua Paulo Malschitzki, 200 - Campus Universitário Prof. Avelino Marcante - Zona Industrial Norte - Joinville - SC - 89.219-710
E-mail: virginia.barros@udesc.br

Sabrina Bueckmann Diegoli

Engenheira Sanitarista e Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Especialista em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE.

Nicole Martinez Moreira

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE)

Jéssica Caroline dos Santos Silva

Engenheira Ambiental e Sanitarista pela Universidade da Região de Joinville (UNIVILLE). Mestre em Ciências na Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA) - Universidade Federal do Paraná - UFPR

RESUMO

A presença de nitrogênio em efluentes, mesmo que tratados, pode ter efeitos indesejáveis, causando impactos ambientais e sobre a saúde pública. Reatores Sequenciais em Batelada (SBR) têm sido amplamente utilizados no tratamento de águas residuais não só na remoção biológica de carga orgânica, mas também de nutrientes. Com o controle das condições operacionais a comunidade microbiana pode ser selecionada para promover remoção biológica de nutrientes por via curta (SCNR), com a formação de nitrito como principal composto intermediário, seguida da desnitrificação, proporcionando redução de 25% da demanda de oxigênio e de 40% da fonte de carbono. O presente trabalho se propôs à instalação de uma estação de tratamento de esgoto piloto a fim de tratar águas residuárias reais de baixa carga, contando com um sistema anaeróbio avançado (UASB) seguido de reator sequencial em batelada (SBR), que foram testados em diferentes

condições quanto à remoção simultânea de carbono orgânico e nitrogênio em efluente proveniente do sistema de esgoto da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE. Ciclos de tratamento foram adaptados a fim de melhorar a eficiência de remoção de compostos nitrogenados. Foram adotadas diferentes condições operacionais em função da aplicação de ciclos aeróbios/anaeróbios alternados durante a fase de aeração, com base em parâmetros de controle (tempos de aeração) e adição de fonte de carbono (vinhoto) e/ou alcalinizante (hidróxido de sódio), totalizando 17 etapas de amostragem. Análises de parâmetros como DBO₅, DQO, sólidos, NTK e nitrogênio amoniacal em diferentes pontos de interesse, além de controle contínuo de OD, pH, nitrato e potencial de oxirredução no SBR foram realizados. Sendo assim, a partir da operação em ciclos alternados de aeração, fazendo com que o OD flutuasse entre 0 e 9 mg/L, causando a variação de importantes parâmetros químicos e biológicos, que modularam a atividade e o crescimento dos diferentes microorganismos responsáveis pela remoção de carbono, nitrogênio e fósforo, os melhores resultados foram obtidos quando a operação operou em uma sequência de ciclos de 15 minutos alternados sob condições de aeração ligada/desligada e com adição de fonte de carbono. Sob essas condições a remoção de DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e Kjeldahl foi superior a 59%. Quando avaliadas apenas as remoções de nitrogênio amoniacal e Kjeldahl os melhores valores de eficiência de remoção (>60%) foram obtidos quando as condições normais de operação foram aplicadas (2,60 horas de aeração sem interrupção). No entanto, a remoção de DBO e DQO foram baixas, próximas aos 30%.

Palavras-Chave: UASB, SBR, Remoção de Nitrogênio, Ciclos Alternados.

ABSTRACT

The presence of nitrogen in effluents, even if treated, can have undesirable effects, causing environmental and public health impacts. Sequential Batch Reactors (SBR) have been widely used in wastewater treatment not only for the biological removal of bioburden, but also for nutrient removal. With the control of the operational conditions the microbial community can be selected to promote short pathway biological nutrient removal (SCNR), with the formation of nitrite as the main intermediate compound, followed by denitrification, providing a 25% reduction in oxygen demand and 40% of the carbon source. The present work proposed the installation of a pilot sewage treatment plant in order to treat real low load wastewater, counting on an advanced anaerobic system (UASB) followed by a sequential batch reactor (SBR), which were tested in different conditions regarding the simultaneous removal of organic carbon and nitrogen in effluent from the sewage system of the University of Joinville Region - UNIVILLE. Treatment cycles were adapted in order to improve the efficiency of nitrogenous compounds removal. Different operational conditions were adopted according to the application of alternating aerobic/anaerobic cycles during the aeration phase, based on control parameters (aeration times) and addition of carbon source (vinasse) and/or alkalizer (sodium hydroxide), totalizing 17 sampling stages. Analysis of parameters such as BOD₅, COD, solids, NTK and ammonia nitrogen in different points of interest, besides continuous control of DO, pH, nitrate and oxy-reduction potential in the SBR were performed. Thus, from the operation in alternated cycles of aeration, causing the DO to fluctuate between 0 and 9 mg/L, causing the variation of important chemical and biological parameters, which modulate the activity and growth of different microorganisms responsible for the removal of carbon, nitrogen and phosphorus, the best results were obtained when the operation operated in a sequence of cycles of 15 minutes alternated under conditions of aeration on/off and with the addition of carbon source.

Under these conditions the removal of BOD, COD, ammonia nitrogen and Kjeldahl was greater than 59%. When only the ammoniacal nitrogen and Kjeldahl removals were evaluated, the best removal efficiency values (>60%) were obtained when the normal operating conditions were applied (2.60 hours of aeration without interruption). However, BOD and COD removal were low, close to 30%.

Keywords: UASB, SBR, Nitrogen Removal, Alternating Cycles.

1 INTRODUÇÃO

A urbanização, o desenvolvimento e o acelerado crescimento populacional têm tido consequências ambientais negativas. Os recursos hídricos se transformaram em receptores de muitos dos resíduos decorrentes da atividade humana e, então, a alta carga de poluentes, apresentando compostos orgânicos, hidrocarbonetos, pesticidas, detergentes, metais pesados e nutrientes como nitrogênio e fósforo, resultam em sua sobrecarga.

O descarte de efluentes não tratados pode causar a degradação da qualidade da água, resultando no desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos e terrestres. Alguns poluentes além dos efeitos tóxicos imediatos podem estar sujeitos à bioacumulação em organismos ao longo da cadeia alimentar. Outros efeitos incluem: eutrofização, escassez de água potável, perda de biodiversidade, decréscimo na produção alimentícia, intensificação de doenças causadas por água contaminada e intensificação das tensões políticas e sociais.

A presença de nitrogênio em efluentes, mesmo que tratados, pode ter efeitos indesejáveis, apresentando impacto ecológico e ainda à saúde pública. Nas suas diferentes formas, pode consumir o nível de OD no corpo d'água, estimular o crescimento aquático, apresentar efeitos tóxicos sobre a vida aquática, ameaça à saúde pública e deteriorar a qualidade do efluente (reduzindo as opções de reuso) (EPA, 1993). Primeiramente, em efluentes não tratados existem nitrogênio orgânico e amoniacal, sob forma solúvel e particulada, que em conjunto com nitrito (NO_2^- N) e nitrato (NO_3^- N) derivados dos processos naturais de depuração representam o conteúdo de nitrogênio do efluente (HURSE & CONNOR, 1999; SABALOWSKY, 1999; AKPOR, 2011).

Durante o tratamento, os efluentes são submetidos a vários processos, físicos, químicos e biológicos, dentro dos quais os poluentes podem ser absorvidos por microorganismos e/ou removidos da fase líquida pela fase sólida concentrada no lodo. De acordo com De Clippeleir et al. (2009), o processo convencional para remoção de

nitrogênio (nitrificação e desnitrificação) é adequado para tratamento de efluentes com alta concentração de amônia e matéria orgânica biodegradável. Para correntes líquidas que são caracterizadas por baixa taxa DQO/TKN, o processo de desnitrificação/nitrificação convencional não é uma opção atrativa, a remoção de nitrogênio via curta é um processo mais promissor. Efluentes com baixa taxa C/N (i.e. chorume, efluentes anaeróbios de lodo, e outros) tendem a levar a altos custos para este tipo de tratamento. Nestes casos a aplicação de fontes de carbono externo é necessária para os passos da desnitrificação e remoção de fósforo (GANIGUÉ et al., 2008). A fim de reduzir estes custos, processos alternativos devem ser aplicados.

Neste contexto, o uso conjunto de dois ou mais tratamentos sucessivamente pode representar uma boa estratégia no aumento da eficiência e na remoção de nutrientes. Reator Sequencial em Bateladas (SBR) pode ser empregado como um efetivo estágio de pós-tratamento para a continuação do tratamento do efluente produzido pelo sistema UASB oferecendo muitas vantagens quando comparado com o sistema convencional de lodos ativados (CAS), especialmente em relação aos aspectos ambientais e econômicos. SBR pode ser aplicado para o tratamento de um efluente de UASB, tendo como vantagem o processo cíclico baseado no tempo, o que propicia alta flexibilidade em termos de operação ao contrário do CAS onde a flexibilidade é limitada.

Portanto, o presente projeto se propôs à instalação de uma estação de tratamento de esgotos piloto metano tratando de águas residuárias reais de baixa carga que conta com um sistema anaeróbio avançado (UASB) seguido de reator sequencial em batelada (SBR) que está sendo operado com um sistema de ciclos alternados para remoção biológica de nitrogênio via curta.

O processo convencional de remoção microbiológica de nitrogênio em uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) é baseado em condições sequenciais aeróbias e anóxicas onde a amônia (matéria inorgânica nitrogenada), pode ser apresentada tanto na forma de íon (NH_4^+) como na não ionizada livre (NH_3), é primeiramente oxidada a nitrato (NO_3^-) na presença de oxigênio por nitrificação autotrófica e então reduzida, usando uma fonte de carbono orgânica como doador de elétron, durante o processo de desnitrificação via-nitrato que reduz o nitrato a nitrogênio gasoso via nitrito (NO_2^-) (VAZQUEZ-PADIN, 2010).

Em processos biológicos, nitrificação completa inclui nitrificação (a partir de amônia em nitrito) e nitratação (a partir de nitrito a nitrato), que é catalisada por dois grupos filogeneticamente independentes de bactérias autotróficas: as bactérias oxidantes

de amônia (AOB) e as bactérias oxidantes de nitrito (NOB), respectivamente. Desnitrificação é o segundo passo para a remoção biológica do nitrogênio presente nas águas residuárias. A transformação do nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-) para gás nitrogênio (N_2) é realizada em condições anóxicas (ausência de oxigênio molecular) e conduzidas por bactérias heterotróficas. O processo requer a presença de uma fonte de carbono orgânico, como doadora de elétrons e uma fonte de energia, por exemplo, ácido acético ou metanol, enquanto o nitrato atua como o último aceptor de elétrons na cadeia respiratória substituindo a molécula de O_2 .

Os fatores que influenciam o processo de desnitrificação são: tipo e concentração de substrato, de oxigênio dissolvido e de nitratos, a temperatura e o pH. De acordo com Metcalf e Eddy (2003) durante a desnitrificação, a recuperação da alcalinidade resulta em um aumento do pH. De acordo com alguns autores o pH ótimo para diferentes populações bacterianas está entre 7 e 8,5. A desnitrificação ocorre a temperaturas na faixa de 10 a 30°C e isso pode afetar a taxa de remoção de nitratos e a taxa de crescimento da biomassa, desde que os microorganismos desnitrificadores sejam sensíveis às alterações de temperatura. Diferente da nitrificação, que consome alcalinidade, a desnitrificação recupera uma proporção de 1 grama de alcalinidade equivalente por mole de N (HENZE et al., 1997).

2 PROCESSOS ALTERNATIVOS PARA REMOÇÃO DE BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

O processo de ciclo alternados, tendo-se ora um ambiente aeróbio (nitrificação) ora um anóxico (desnitrificação), começou a ser pesquisado usando-se o próprio material orgânico para a redução biológica de nitratos com apenas um lodo (sistema de lodo único). Esta alternância pôde ser realizada através de interrupções periódicas de aeração num único reator.

Uma nova estratégia de pesquisa em tratamento de águas residuais é o desenvolvimento de um atalho na via de remoção de nitrogênio, que consiste em evitar a oxidação de nitrito a nitrato. Assim, quando a segunda fase do processo de nitrificação (oxidação de NO_2^- a NO_3^-) é interrompida, há um acúmulo de nitritos no sistema. Comparado com o processo convencional de remoção de nitrogênio (via nitrato), os resultados da via nitrito apresentam economia de 25% de oxigênio e de 40% em fonte de carbono (POLLICE et al., 2002; PAMBRUN et al., 2008).

Reator Sequencial em batelada (SBR) tem sido amplamente utilizado no tratamento de águas residuais não só para a remoção biológica de carga orgânica, mas também para a remoção de nutrientes, incluindo nitrogênio e fósforo. Ao controlar a duração dos ciclos operacionais, a concentração de oxigênio dissolvido e pH, a comunidade microbiana dominada com AOB e DNB e/ou bactérias oxidantes de amônio anaeróbios podem ser selecionados para uma remoção biológica de nutrientes por via curta (SCNR) com atividade baixa ou nenhuma NOB. Por exemplo, nos estudos de Gao, Peng & Wu (2010), SBR tem sido testado com sucesso para o processo SCNR para remover tanto COD quanto nitrogênio em até 90% e 95%, respectivamente.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O sistema proposto constitui em um sistema composto de um reator anaeróbio tipo UASB e um reator a batelada SBR, que foram testados em diferentes condições quanto à remoção simultânea de carbono orgânico e nitrogênio em águas residuárias reais de baixa carga provenientes do sistema de esgoto da UNIVILLE. O UASB foi projetado para manter um nível alto carbono para desnitrificação via nitrito e para metanogênese, além de experimentar a baixa relação C/N dos efluentes que alimentarão o SBR para realizar a etapa de nitrificação parcial e desnitrificação.

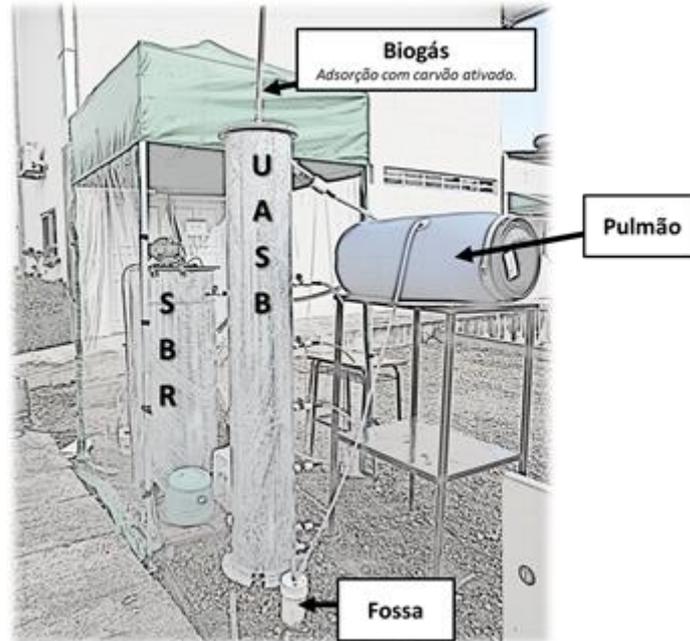
Para implementação do projeto, as seguintes etapas foram executadas:

1. Dimensionamento e execução de projeto das plantas piloto em aço (composta por um reator UASB e um SBR), adotando-se uma vazão de 360 L/d. Esta fase teve como patrocinador a empresa Multiágua Engenharia Ambiental Ltda, de Blumenau.
2. Start-up e operação do reator anaeróbio, com parâmetros de carga e processo convencional, inoculados com lodo anaeróbio da ETE de uma empresa colaboradora e alimentados com águas residuárias reais de uma das fossas da UNIVILLE;
3. Start-up do SBR inoculado com lodo ativado de pós-tratamento da mesma ETE e alimentado com o efluente do UASB, acumulados em um tanque pulmão.

A estação piloto, como ilustrado na Figura 1, é composta por um reator UASB seguido de um reator aeróbio SBR. O UASB possui fluxo contínuo, alimentado por uma bomba peristáltica modelo AWG 5000-ABS, cuja vazão medida na saída do reator UASB é de 15 L/h. O efluente que abastece o reator é proveniente da fossa localizada na UNIVILLE. O tempo de detenção hidráulica no UASB é de 8,0 horas. A agitação no SBR durante o enchimento é realizado com um agitador, modelo AGR 159 INOX 1/2 CV. O fornecimento de oxigênio ao SBR é feito através de um soprador de ar modelo LP 40

instalado na parte interna inferior do tipo bolhas finas, para aeração do sistema. A vazão de ar é controlada por um rotômetro com leitor de 0 – 10 L/min.

Figura 1: Imagem ilustrativa do piloto .



No reator SBR são feitas duas bateladas diárias, com tempos (em condições normais de operação) pré-determinados para o enchimento (1,00 hora), reação/aeração (2,60 horas), decantação (1,50 horas), descarte (0,50 horas) e descanso (0,40 horas). Após alguns períodos de estudo, passaram-se a ser adotadas condições de operação alteradas em função da aplicação de ciclos aeróbios/anaeróbios alternados durante a fase de aeração, a fim de avaliar as melhorias nas condições de tratamento do efluente. Para que o processo de enchimento do reator SBR respeite o tempo calculado, é utilizado um reservatório pulmão, com volume de 130 L, onde é acumulado o efluente proveniente do reator UASB. Todas as atividades que envolvem o processo de batelada do reator SBR, descritas a seguir, foram feitas manualmente:

- Desligamento/ligamento do agitador elétrico;
- Desligamento/ligamento do soprador de ar (até a Etapa 5, a partir da qual utilizou-se um timer para controle automático);
- Abertura/fechamento do registro para enchimento e descarte de efluente do SBR;

São enviadas, em laboratório externo, para análise de parâmetros como DBO_5 , DQO, DQO_{sol} (somente no Ponto 3) sólidos dissolvidos fixos, sólidos dissolvidos voláteis, sólidos suspensos totais, sólidos totais fixos, sólidos totais voláteis, NTK, nitratos, nitritos e nitrogênio amoniacal amostras de cada um dos pontos de interesse: Ponto 1 (entrada – fossa), Ponto 2 (saída do reator UASB), Ponto 3 (interior do reator SBR, quando em fase de aeração), Ponto 4 (saída do reator SBR), Ponto 5 (interior do reator SBR, quando em fase de aeração e adicionados o vinhoto – como fonte de carbono e a solução de hidróxido de sódio – para regulação do pH).

No reator SBR instalou-se uma sonda multiparâmetros modelo AP-2000 durante a realização dos ciclos, capaz de ler e armazenar os dados de temperatura, potencial de óxido-redução, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos, salinidade e nitratos.

4 CONTROLE DA OPERAÇÃO

O aspecto mais importante do processo, do ponto de vista técnico, é o de operação e manutenção do sistema de aeração a fim de manter boas condições de aeração. O sistema transferiu OD suficiente ao líquido a ser tratado no SBR, permitindo a formação de flocos microbiológicos que demonstraram boas condições de decantação.

O piloto foi operado continuamente durante 5 dias da semana, durante dois ciclos de operação. Durante o mês de novembro de 2013 foram operados ciclos de aclimatação da biota tanto no UASB como no SBR, iniciando o estudo dos diferentes ciclos no início de dezembro do mesmo ano. Na Tabela 1 são descritas as diferentes condições de operação aplicados no tratamento do efluente em relação aos parâmetros de controle usados (tempos de aeração) e adição de fonte de carbono (vinhoto) e/ou alcalinizante (hidróxido de sódio), totalizando 17 etapas de amostragem. A escolha das diferentes estratégias foi realizada depois de avaliar as informações do processo observadas em cada etapa e o desempenho em termos de remoção de nutrientes.

Tabela 1- Caracterização das condições operacionais estabelecidas nas diferentes etapas.

Etapa	Data	Condições de operação
1	05/12/2013	Normal: 2h40min de aeração, sem interrupção
2	12/12/2013	Normal: 2h40min de aeração, sem interrupção
3	23/01/2014	2h40min de aeração, sem interrupção, com dosagem de 5L de vinhoto no reator SBR dia 16/01.
4	30/01/2013	2h40min de aeração (30 min ligada, 10 min desligada), sem dosagem de vinhoto.
5	06/02/2013	2h40min de aeração (15 min ligada, 15 min desligada), sem dosagem de vinhoto.
6	13/02/2014	2h40min de aeração (30 min ligada, 10 min desligada), com dosagem de vinhoto.
7	20/02/2014	2h40min de aeração (15 min ligada, 15 min desligada), com dosagem de vinhoto.
8	27/02/2014	2h40min de aeração (15 min ligada, 15 min desligada), com dosagem de alcalinizante e 60 mL de vinhoto.
9	13/03/2014	2h40min de aeração (15 min ligada, 20 min desligada), com dosagem de alcalinizante e 730 mL de vinhoto.
10	16/04/2014	2h40min de aeração (15 min ligada, 20 min desligada), com dosagem de alcalinizante e 60 mL de vinhoto.
11	24/04/2014	2h40min de aeração (15 min ligada, 15 min desligada), com dosagem de alcalinizante e 60 mL de vinhoto.
12	30/04/2014	2h40min de aeração (30 min ligada, 10 min desligada), com dosagem de alcalinizante e 60 mL de vinhoto.
13	01 - 07/05/2014	aeração 15 min ligada, 15 min desligada; SEM dosagem de alcalinizante; SEM dosagem de vinhoto; 1h30 min de decantação
14	07 - 09/05/2014	aeração 30 min ligada, 10 min desligada; SEM dosagem de alcalinizante; SEM dosagem de vinhoto; 1h30 min de decantação
15	26/05/2014	aeração 40 min ligada, 15 min desligada; 10 mL dosagem de alcalinizante; 600 mL dosagem de vinhoto; 45 min de decantação
16	24/06/2014	aeração 40 min ligada, 15 min desligada; 10 mL dosagem de alcalinizante; 1L dosagem de vinhoto; 1h min de decantação
17	07/07/2014	aeração 60 min ligada, 75 min desligada; 10 mL dosagem de alcalinizante; 1L dosagem de vinhoto; 1h30 min de decantação

5 RESULTADOS

O piloto tratou efluente doméstico vindo de uma fossa da UNIVILLE. Este ponto foi definido por apresentar a DQO mais elevada dentre as fossas localizadas e analisadas dentro do Campus Universitário. O piloto foi operado em condições ambiente, portanto, a temperaturas que flutuam de acordo com a estação do ano, variando no SBR de 17°C nestes meses de inverno até 37°C registrado pela sonda multiparâmetros. O efluente tem uma composição típica de um esgoto doméstico de carga de carbono média (Tabela 2) e de nitrogênio elevada.

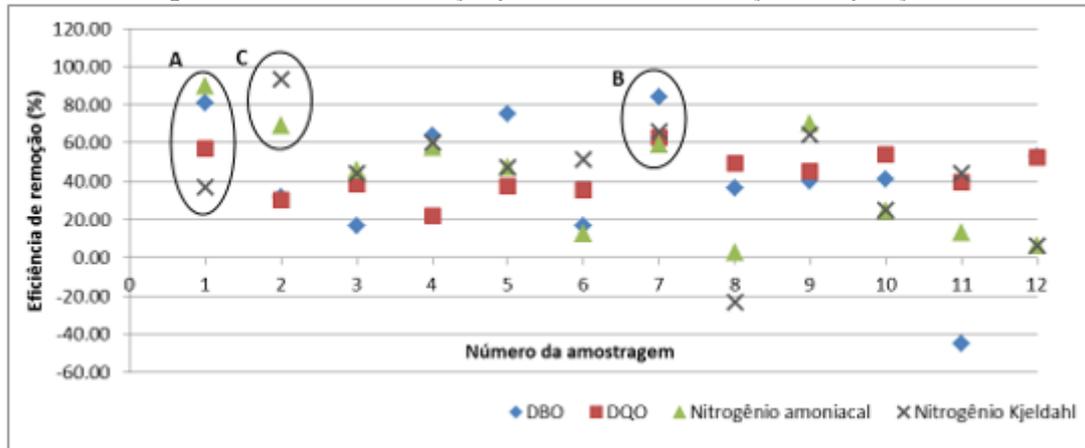
Tabela 2- Composição média do efluente tratado no reator.

Parâmetros	Faixa de concentração	Valor médio
DBO (mg.L-1)	83 - 325	186,6
DQO (mg.L-1)	259 - 498	409,9
Nitrogênio de Kjeldahl (mg.L-1)	142 - 224	177,9
Nitrogênio Amoniacal (mg.L-1)	37,6 - 173,5	129,2

6 DESEMPENHO DO REATOR

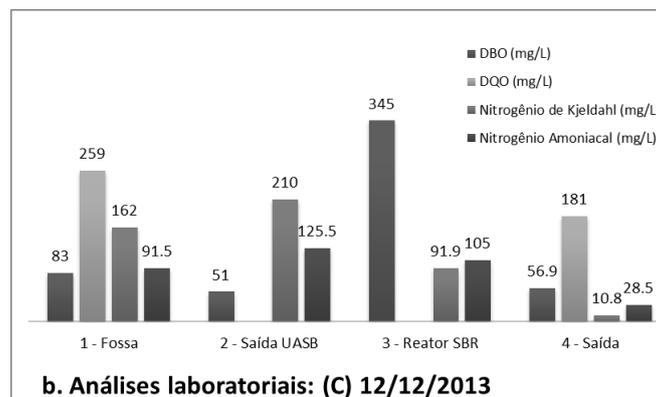
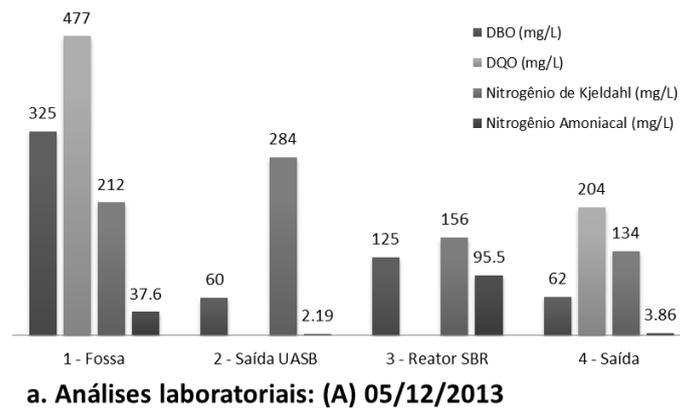
As melhores condições operacionais para remoção dos parâmetros avaliados, portanto, foram aquelas destacados em A, B e C na Figura 2, que segue. Destacam-se a Etapa 7 (B), cujas condições de operação em que a alternância entre o período aeróbio/anaeróbio de 15 minutos cada e com dosagem de vinhoto, foram as que proporcionaram as melhores eficiências de remoção simultaneamente para DBO, QDO, nitrogênio amoniacal e Kjeldahl, seguida pelas condições normais de operação da Etapa 1 (A). No entanto, quando avaliadas apenas as remoções de nitrogênio amoniacal e Kjeldahl, a Etapa 2 (C) apresentou os melhores valores de eficiência de remoção, superiores a 60%.

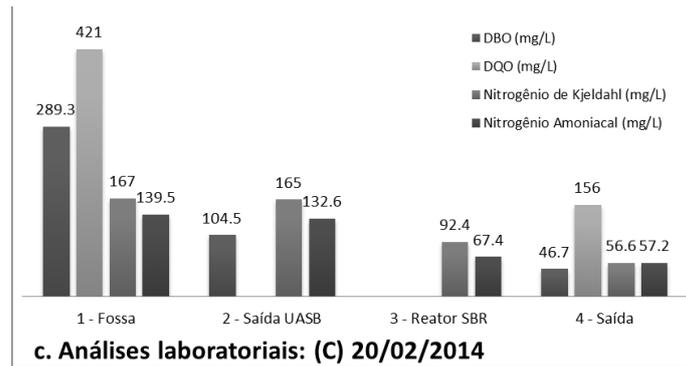
Figura 2: Eficiência de remoção para as diferentes condições de operação.



Nas Figuras 3a, 3b e 3c são ilustrados os valores obtidos a partir das análises laboratoriais para as Etapas destacadas em A, B e C, em relação aos parâmetros abordados na Figura 3, nos diferentes pontos de interesse.

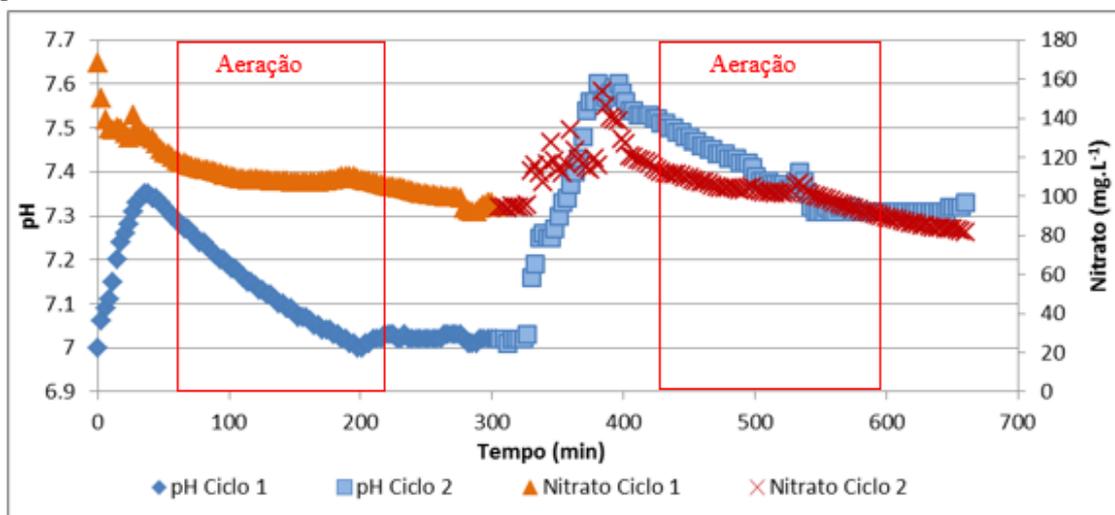
Figura 3: Resultados das análises laboratoriais para DBO, DQO, Nitrogênio Kjeldahl e Amoniacal.





Em relação às condições de operação com percentual de remoção de nitrogênio amoniacal e Kjeldahl mais significativos (destaque em C na Figura 2), na Figura 4 são ilustradas as características de operação monitoradas pela sonda nos ciclos realizados no dia anterior ao da amostragem da Etapa 2 (destaque em C).

Figura 4: Perfil da variação do pH e da concentração de nitratos no reator SBR ao longo do tempo, para o dia 11/12/2013.



A sucessão de períodos aerados e não aerados possibilita a remoção de nitrogênio em um único reator, no entanto, exige monitoramento das concentrações de nitratos e dos valores de pH a fim de evitar que a concentração de ácido nítrico atinja valores capazes de prejudicar o processo biológico de oxidação do N-amoniacal.

A menor variação nos valores de pH é uma das vantagens da aeração intermitente em um sistema operado para remoção de nitrogênio, pois, durante a oxidação de nitrogênio amoniacal para nitrito, ocorre liberação de íons H⁺, o que pode ocasionar a diminuição significativa do pH. Entretanto, nesse tipo de aeração a atividade dos organismos no período anóxico devolve alcalinidade ao sistema, tornando possível o

controle do pH tanto pela desnitrificação quanto, se necessário, pela dosagem adicional de hidróxido.

7 ALGORITMO PARA OPERAÇÃO DO REATOR DURANTE OS MAIORES VALORES DE REMOÇÃO

O algoritmo será feito para a condição que apresentou os maiores valores de remoção. O esquema da Figura 8 representa simplificada, o algoritmo utilizado para abertura e fechamento dos registros empregados no controle das bombas, agitador e entrada de ar durante um ciclo.

O algoritmo pode ser descrito por:

Tempo 0: inicia-se o ciclo (período enchimento) com os seguintes comandos:

Tempo AR: Abertura do registro de entrada no SBR;

Tempo LAg: Liga-se agitação;

Tempo 1: o reator está cheio (período de reação), comando executado:

Tempo DAg: Desliga-se agitação

Os tempos C, LA e DA compõem uma rotina para possibilitar a aeração intermitente (15 minutos alternados), que se repete até o final do ciclo:

Tempo LA: início do período aeróbio, comando executado:

Liga-se a aeração

Tempo DA: final da aeração, comando executado:

Desliga-se a aeração

Tempo C: após início período aeróbio, comando executado:

Adição de fonte de carbono (vinhoto);

Tempo 2: o reator prepara-se para terminar o ciclo (período de sedimentação), comandos executados:

Aeração desligada

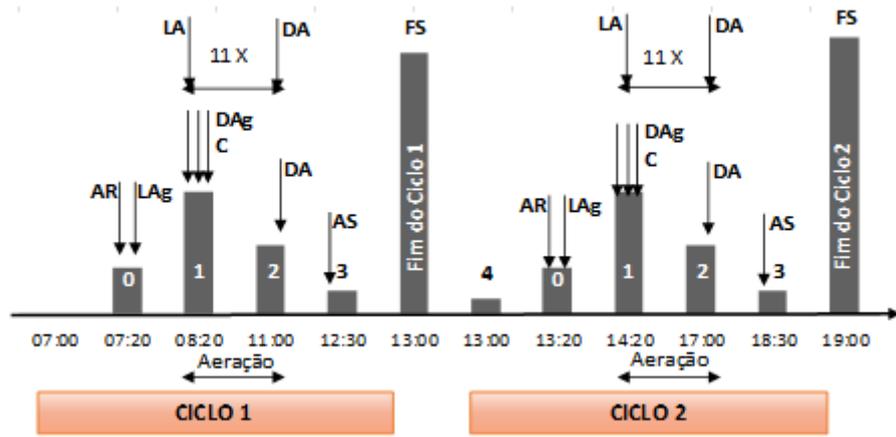
Tempo 3: final do ciclo (período de descarte), comando executado:

Tempo AS: Abertura da saída do SBR

Tempo 4: início do ciclo 2 (período de repouso), comando executado:

Tempo FS: Fechamento da saída do SBR

Figura 8: Representação esquemática do algoritmo que controlava as válvulas de controle do reator.



8 CONCLUSÕES

Um tratamento convencional de tratamento de efluentes por batelada foi adaptado a fim de melhorar a eficiência de remoção de compostos nitrogenados, a partir da implementação de curtos períodos de aeração que regularam a quantidade de oxigênio disponível para o crescimento microbiológico. As principais conclusões são:

A partir da operação em ciclos alternados de aeração, fazendo com que o OD flutuasse entre 0 e 9 mg/L, causando a variação dos importantes parâmetros químicos, que modularam a atividade e o crescimento dos diferentes microorganismos responsáveis pela remoção de carbono, nitrogênio e fósforo.

Os melhores resultados foram obtidos quando a operação operou em uma sequência de ciclos de 15 minutos alternados sob condições de aeração ligada e desligada e com adição de fonte de carbono. Sob essas condições a remoção de DBO, DQO, nitrogênio amoniacal e Kjeldahl foi superior a 59%.

Quando avaliadas apenas as remoções de nitrogênio amoniacal e Kjeldahl os melhores valores de eficiência de remoção, superiores a 60%, foram obtidos quando as condições normais de operação foram aplicadas, ou seja, aeração sem interrupção. No entanto, a remoção de DBO e DQO foram baixas, próximas aos 30%.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à empresa Multiágua Engenharia Ambiental (<http://www.multiagua.com>), de Blumenau, SC, pela doação dos tanques utilizados na pesquisa e ao Fundo de Apoio à Pesquisa – FAP da Universidade da região de Joinville – UNIVILLE.

REFERÊNCIAS

1. AKPOR, O. B., (2011). **Wastewater Effluent Discharge: Effects and Treatment Processes**. 3rd International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering IPCBEE vol.20, IACSIT Press, Singapore.
2. De CLIPPELEIR, H., VLAEMINCK, S. E., CARBALLA, M., e VERSTRAETE, W.. A low volumetric exchange ratio allows high autotrophic nitrogen removal in a sequencing batch reactor. **Bioresour Technol**. 100(21):5010-5. Nov 2009.
3. (EPA, 1993). **Manual: Nitrogen Control**. EPA/625/R-93/010. United States Environmental Protection Agency.
4. GANIGUÉ R., LÓPEZ H., RUSCALLEDA M., BALAGUER M. D., COLPRIM J.. Operational strategy for a partial nitrification-sequencing batch reactor treating urban landfill leachate to achieve a stable influent for an ANAMMOX reactor. **J Chem Technol Biotechnol** 83:365–71, 2008.
5. GAO, D.; PENG, Y.; WU, W. V.. Kinetic model for biological nitrogen removal using shortcut nitrification-denitrification process in sequencing batch reactor. **Environmental science & technology**. 2010 Jul 1;44(13):5015-21.
6. HENZE. M.; HARREMOES, P.; JANSEN, J. C.; ARVIN, E.. **Wastewater treatment – Biological and chemical process**. Springer Verlag, 2a Edição, Alemanha. 1997.
7. METCALF & EDDY. **Wastewater engineering – treatment and reuse**. New York: Fourth Edition, 2003. 1819 p.
8. PAMBRUN, V., PAUL, E. e SPÉRANDIO, M.. Control and modelling of partial nitrification of effluents with high ammonia concentrations in sequencing batch reactor. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, 47(3), 323-329, 2008.
9. POLLICE, A.; TANDO, V; LESTINGI, C.. Influence of aeration and sludge retention time on ammonium oxidation to nitrite and nitrate. **Water Research**, 36(10), 2541-2546, 2002.
10. VÁZQUEZ-PADÍN, J.R.; CAMPOS, J.L.; MOSQUERA-CORRAL, A.; MÉNDEZ, R.; CARRERA, J.; PÉREZ J. Modelling aerobic granular SBR at variable COD/N ratios including accurate description of total solids concentration. **Biochemical Engineering Jo**