

Monitoração do Nitrogênio em sistemas de Tratamento de Esgotos Sanitários

Raphael Cavalcanti¹

Sara Amélia O. Galvão²

RESUMO

A gestão eficiente dos efluentes sanitários figura entre as principais demandas da sociedade uma vez que o processo de urbanização e concentração em grandes centros ganha cada vez mais força. Desta forma, a coleta e tratamento dos esgotos ganham contornos não apenas desejáveis mas essenciais. Neste sentido, a retirada de nitrogênio dos efluentes lançados nos corpos d'água ou solo necessita ser melhor compreendida. As técnicas precisam ser desenvolvidas e dominadas para evitar os efeitos indesejáveis do lançamento de nutrientes na natureza. Este trabalho apresenta análises envolvidas num projeto desenvolvido na UFRN para retirada de nitrogênio dos esgotos em reatores aeróbios e descreve seus procedimentos.

Palavras-chave: Esgoto, Tratamento e Análises.

ABSTRACT

Efficient management of wastewater is one of the main demands of society since the process of urbanization and concentration in large centers becomes stronger each time. Thus the collection and treatment of sewage gain contours not only desirable but essential. In this sense, the removal of nitrogen from effluents discharged into water bodies or soil needs to be better understood. Techniques need to be developed and mastered to avoid the undesirable effects of the release of nutrients in nature. This paper presents analyzes involved in a project developed in UFRN to remove nitrogen from sewage in aerobic reactors and describes its procedures.

Keywords: Wastewater, Treatment and Analysis.

¹ Aluno do curso de especialização (UNI-RN)

² Coordenadora do curso de Pós-graduação em Gestão e Perícia Ambiental do UNI-RN, mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte – s_galv@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, 49% do esgoto produzido é coletado através de rede e somente 10% do esgoto total é tratado. O resultado é que as Regiões Metropolitanas e grandes cidades concentram grandes volumes de esgoto coletado que é despejado sem tratamento nos rios e mares que servem de corpos receptores. Em consequência a poluição das águas que cercam nossas maiores áreas urbanas é bastante elevada, dificultando e encarecendo, cada vez mais, a própria captação de água para o abastecimento. Neste projeto, faz-se referencia a um importante elemento no processo de melhoria social e ambiental que os efluentes gerados em residências e empresas, de características sanitárias, exigem.

A implantação de uma estação de tratamento de esgotos tem por objetivo a remoção dos principais poluentes presentes nas águas residuárias, retornando-as ao corpo d'água sem alteração de sua qualidade.

As águas residuárias de uma cidade compõem-se dos esgotos sanitários e industriais sendo que estes, em caso de geração de efluentes muito tóxicos, devem ser tratados em unidades das próprias indústrias.

O parâmetro mais utilizado para definir um esgoto sanitário ou industrial é a demanda bioquímica por oxigênio - DBO. Pode ser aplicada na medição da carga orgânica imposta a uma estação de tratamento de esgotos e na avaliação da eficiência das estações - quanto maior a DBO maior a poluição orgânica. Entretanto, os níveis de nitrogênio são essenciais para avaliar os impactos desses.

A escolha do sistema de tratamento é função das condições estabelecidas para a qualidade da água dos corpos receptores. Além disso, qualquer projeto de sistema deve estar baseado no conhecimento de diversas variáveis do esgoto a ser tratado, tais como a vazão, o pH, a temperatura, o DBO, etc. A preocupação quanto à gestão dos efluentes sanitários vem ganhando força nas últimas décadas figurando entre os grandes focos de atenção da comunidade científica. Através da evolução da humanidade, no decorrer de sua história, tornou-se clara a tendência do agrupamento em grandes centros. Principalmente nas últimas décadas, o processo de

urbanização acentuou a relação entre a quantidade de pessoas e sua área de ocupação.

Somado a esse fator, o aumento exponencial do número de habitantes do planeta contribui diretamente para o agravamento da questão. Ou seja, o quadro atual da distribuição das sociedades agrega dois fatores que tencionam a questão dos efluentes sanitários: o aumento populacional e sua concentração. Sendo assim, o processo natural de tratamento dos efluentes não ocorre mais de forma suficiente, uma vez que o volume gerado não é mais compatível com a capacidade de absorção do meio.

Portanto, é intuitivo compreender que o tratamento dos efluentes sanitários é de vital importância para a manutenção da saúde por distintas razões já que a gama de malefícios da inadequação desse processo pode variar desde a proliferação de doenças e patógenos ao comprometimento dos mananciais aquíferos tornando-os não potáveis ou não apropriados para a vida aquática.

Entende-se por esgoto a canalização do efluente do uso da água nas diversas atividades de uma determinada comunidade ou o líquido propriamente dito no interior das tubulações. Suas características variam bruscamente uma vez que estão intrinsicamente ligadas à sua natureza. Ou seja, o escopo de composição do esgoto é vasto por ter origem do uso doméstico, comercial, industrial, agrícola, pluvial entre outros. Assim, como os processos envolvidos em cada um dos usos variam bem como a natureza dos compostos, o produto final é resultado dessas diversas variáveis. O fato de o esgoto ser oriundo dessa utilização de água justifica a tendência atual da substituição do termo por águas servidas.

Os esgotos domésticos são compostos essencialmente pelos efluentes de residências, atividades comerciais, restaurantes, hotéis, escolas e correlatos. Suas características são bem definidas visto que as atividades que se desenvolvem nesses ambientes geram efluentes muito similares. Essencialmente, é composto por água de banho, água de lavagem de ambientes, sabão, detergente, restos de comida, fezes e urina. Ainda que as águas pluviais pudessem ser classificadas como esgoto doméstico, observa-se uma tendência a separar essas duas modalidades. Tanto a captação, quanto a

condução e destinação final do esgoto doméstico e da água de chuva, cada vez mais, vem sendo tratados em separado.

Com essa similaridade, os esgotos domésticos não apresentam variação significativa qualitativamente entre si. Ainda que as nuances culturais possam ser perceptivas têm pouca influência no esgoto final. Ou seja, mesmo que diferentes comunidades apresentem comportamentos diferentes no que se refere ao manejo da água para suas atividades, de uma forma geral, o efluente final não apresenta divergência significativa no que se refere à sua composição.

Para o presente trabalho, essa categoria é a mais importante. A ETE experimental foi desenvolvida unicamente para tratar esgotos domésticos. A representatividade desse afluente é muito boa pois conta com as águas servidas do departamento de educação física, restaurante universitário e residência universitária da UFRN. Assim, contempla três diferentes fontes.

Já os esgotos industriais não têm características bem definidas e apresentam grandes variações entre si. Cada processo industrial, praticamente, gera um efluente único uma vez que as etapas envolvidas e seus insumos são muito particulares. Dessa forma, cada situação requer um estudo individual. Mesmo em processos similares podem ocorrer variações significativas inviabilizando uma extrapolação de resultados ou soluções.

As características do esgoto podem ser classificadas em físicas, químicas e biológicas. As físicas são os sólidos, temperatura, cor, turbidez e odor. As químicas são DBO (demanda bioquímica de oxigênio), DQO (demanda química de oxigênio), nitrogênio, fósforo, entre outras. As biológicas são os microrganismos presentes nos efluentes e indicadores de poluição – coliformes totais, coliformes termotolerantes, *escherichia coli*, entre outros. Destes, neste trabalho, serão abordados a matéria sólida e a concentração de nitrogênio.

Quando se trata da gestão de esgotos e de corpos d'água, é necessário compreender que o efluente final dos processos pode variar de acordo com vários fatores. Dependendo da qualidade e parâmetros do afluente e do

objetivo a ser alcançado no tratamento, os processos que o compõe variam. Logo, as técnicas e tecnologias empregadas dependem do grau de necessidade que, tanto o afluente quanto o efluente desejado demandam. Portanto, diferentes poluentes exigem diferentes técnicas de tratamento. Assim, estudos são desenvolvidos no sentido de desenvolver mecanismos para retirada segura, eficaz e barata desses poluentes.

2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O esquema da estação de tratamento experimental que serviu de base para o estudo em questão situa-se anexo à estação de tratamento de esgotos do campus universitário da UFRN. Recebe contribuições de características essencialmente domésticas provenientes do departamento de educação física, restaurante e residência universitária. A vazão de entrada é da ordem de grandeza de 10 metros cúbicos por dia sendo o excedente descartado para ser tratado no sistema principal.



Figura 2.1. ETE experimental

O sistema conta é composto por sucessivos reatores e dispositivos. A partir dos dispositivos de equalização das vazões, o afluente o primeiro módulo é um decanto digestor prismático retangular com duas câmaras. Além disso, dispõe de um filtro com brita número 4 que tem função de aumentar a eficiência de remoção dos sólidos e tem o fluxo ascendente. O uso deste filtro configura

uma tecnologia que aumenta a eficiência em 10% cujas concepções e desenvolvimento são fruto de pesquisas realizadas na UFRN.



Figura 2.2. Decanto digestor

Em sequência, há um reator anaeróbio de manta de lodo com fluxo descendente cujo material suporte é hidrobol. A captação se dá através de tubulação de PVC perfurada disposta no fundo do reator.



Figura 2.3. Reator anaeróbio



Figura 2.4. Detalhe da tubulação submersa do reator anaeróbio

Os próximos dois reatores tem especial importância no tratamento uma vez que são, de fato, o objeto da referida pesquisa. Cada reator é aerado submerso com fluxo ascendente e material suporte eletroduto corrugado de três quartos de polegada de diâmetro.

A captação se dá através de tubulação perfurada na superfície da lâmina de líquido. O primeiro reator, aerado 1, tem vazão de ar comprimido de 0,15 metros cúbicos de ar a cada minuto enquanto que o reator aerado 2 apresenta vazão de apenas 0,02 metros cúbicos de ar a cada minuto. O sistema possui dois compressores que funcionam alternadamente. Há uma cruzeta instalada na mangueira de ar no início de cada um dos reatores possibilitando a instalação de três mangueiras perfuradas que são dispostas no fundo dos reatores. Assim, o ar acompanha o fluxo ascendente do esgoto.



Figura 2.5. Reatores aerado 1 e aerado 2



Figura 2.6. Compressores para os reatores areados



Figura 2.7. Detalhe da mangueira perfurada submersa dos reatores aerados



Figura 2.8. Reator aerado 1



Figura 2.9. Reator aerado 2

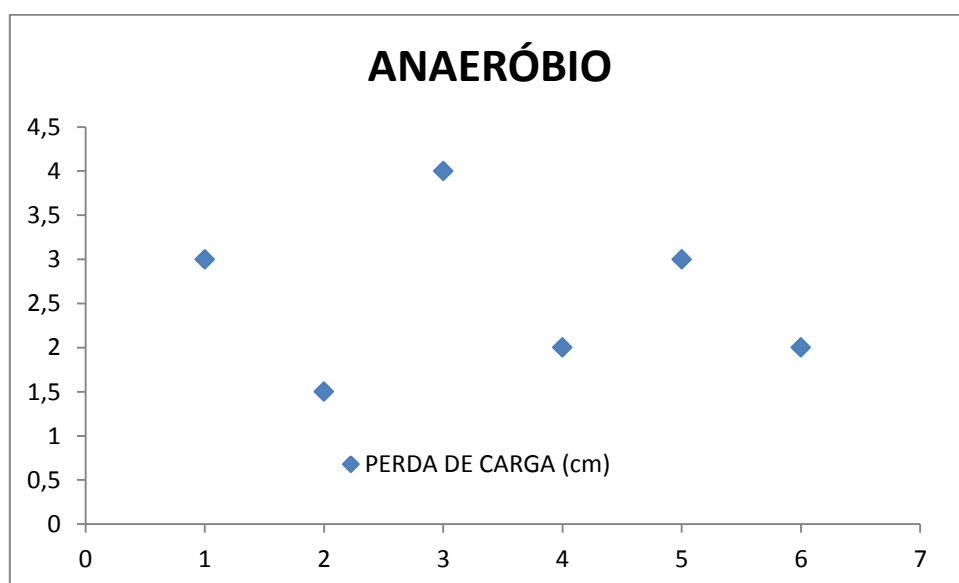
3. ACOMPANHAMENTO DO FUNCIONAMENTO HIDRÁULICO DOS REATORES

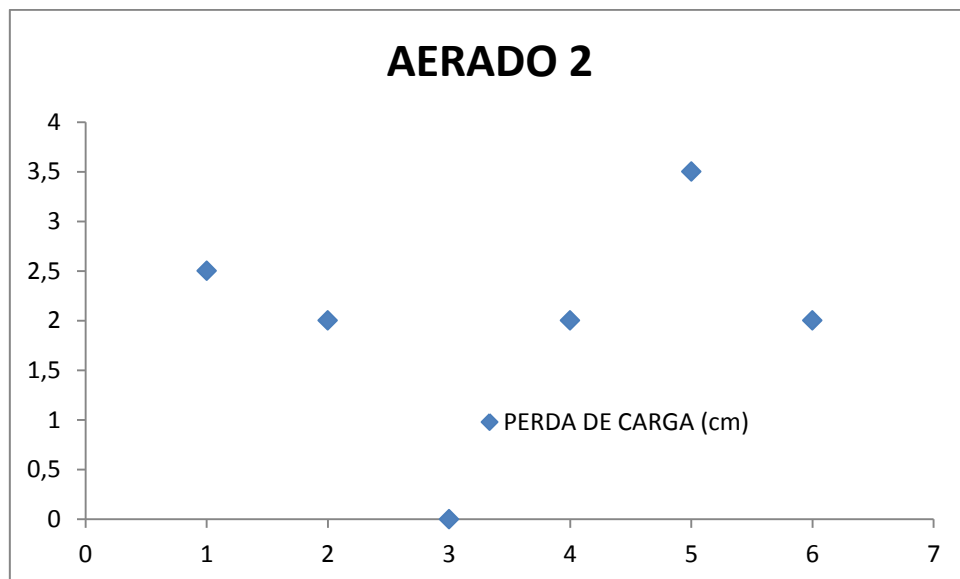
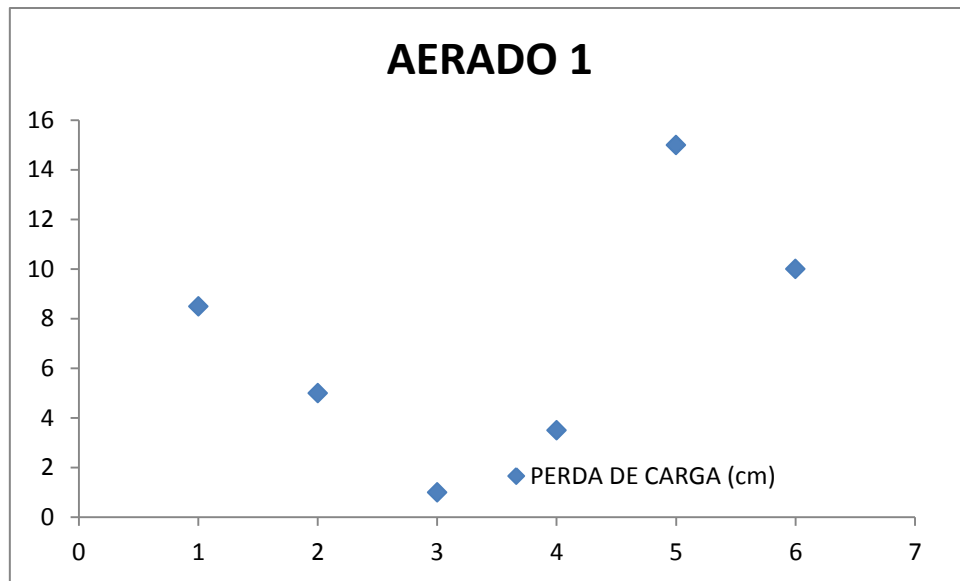
A eficiência na remoção de sólidos ou outros poluentes do esgoto no tratamento depende diretamente do perfeito funcionamento hidráulico. Ou seja, aliado a um correto dimensionamento a fim de proporcionar ambientes propícios para o tratamento biológico, é necessário o acompanhamento da evolução dos principais parâmetros a fim de garantir que a eficiência seja a desejada.

Para as atividades desenvolvidas neste estudo, dois parâmetros foram acompanhados: vazão de entrada e perda de carga. Para a perda de carga, tomou-se a diferença de nível da lâmina líquida dos reatores para os seus respectivos compartimentos de entrada com auxílio de régua metálica.

A vazão foi medida através da abertura do registro imediatamente antes da entrada do decanto-digestor. Dessa forma, os valores obtidos correspondem à realidade da alimentação. Para fins de aumento da precisão na tomada dos valores, optou-se por realizar diferentes medições. Ou seja, repetiu-se o procedimento entre quatro e seis vezes uma vez por semana e admitiu-se como resultado a média simples das vazões obtidas.

Os valores das perdas de carga em 6 semanas no período entre agosto e outubro de 2014 foram dispostos nos gráficos abaixo:





Através da análise dos resultados, conclui-se que no reator anaeróbio, as perdas de carga apresentam variação entre as semanas com uma amplitude de 2,5 cm com máximo em 4cm e mínimo em 1,5cm. Os valores foram considerados naturais uma vez que estão dentro de uma margem aceitável não apresentando valores que indiquem problemas hidráulicos.

O reator aerado 1, por sua vez, apresentou grande variação entre os resultados alcançando uma amplitude de 14cm, com máximo de 15cm e mínimo de 1cm. Portanto, pode-se inferir que em determinadas semanas o reator apresentou problemas hidráulicos provavelmente envolvendo obstruções nos orifícios que comunicam os reatores e seus respectivos filtros. Também foi

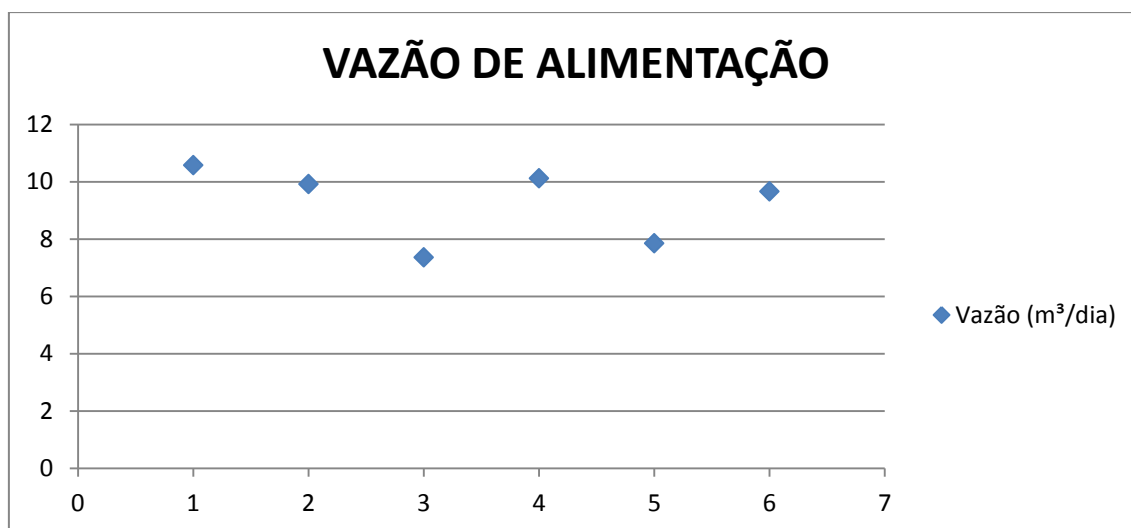
o reator que apresentou maior alteração indicando uma maior sensibilidade às variações das condições mostrando-se o mais carente de acompanhamento próximo.

Por fim, o reator aerado 2 foi o que apresentou maior constância nos valores tendo 60% dos valores iguais a 2cm, valor considerado bom. Assim, com uma amplitude de apenas 1,5cm, foi o reator mais estável e menos susceptível às variações apresentando um bom funcionamento hidráulico. Este fato pode estar ligado à redução de sólidos presentes no afluente uma vez que se situa já no final do sistema.

Os valores das vazões encontrados nas medições de 6 semanas no período de agosto a outubro de 2014 foram condensados na tabela abaixo:

	L	S	L	S	L	S	L	S	L	S
SEMANA 1	1,8	15,26	1,7	14,05	1,6	13,49	1,5	12,02	1,2	9,26
SEMANA 2	2,4	22	2	20	1	8	1,5	12		
SEMANA 3	2	25	1	11	2,5	29	1,5	18		
SEMANA 4	1,2	10	1,6	14	2	17	2,6	22	3	26
SEMANA 5	1,7	18,25	1,6	17,46	1,6	18,41	1,8	19,68		
SEMANA 6	0,9	7	1,9	18	3	27	1,3	13	2,5	22

O gráfico abaixo apresenta a evolução das vazões no período em questão:



O dimensionamento do sistema prevê uma vazão média diária em torno de 10 metros cúbicos. Portanto, em 80% das medições a vazão de alimentação encontrou-se numa faixa muito próxima deste valor, contribuindo para um bom funcionamento hidráulico do sistema principalmente no tocante ao respeito aos tempos de detenção hidráulico de cada reator. Em duas semanas este valor esteve abaixo dos 10 metros cúbicos sendo, uma delas, da ordem de 7,8 o que pode começar a comprometer a eficiência do tratamento. Porém, o próprio sistema voltou ao equilíbrio na evolução do tempo sem intervenção configurando uma normalidade nas variações.

Nas fotos abaixo, para fins de comparação, são apresentados os aspectos visuais do afluente da estação (anterior ao decanto-digestor) e efluente final (aerado 2). É possível notar uma clara diferença principalmente no que se refere à turbidez podendo ser um indicador simples para mensurar a qualidade do sistema para grandes variações.



Figura 3.1. Detalhe do afluente



Figura 3.2. Detalhe do efluente final

4. ANÁLISE LABORATORIAL

4.1. Sólidos totais e suspensos

O principal objetivo da realização do ensaio de sólidos das amostras dos efluentes dos reatores é determinar a quantidade de matéria em suspensão e dissolvida na sua fase líquida. Num primeiro momento, esse é o principal objetivo da maioria dos tratamentos de esgoto – diminuir a carga orgânica presente manifesta justamente na forma sólida suspensa ou dissolvida.

Os sólidos presentes nos efluentes podem ser divididos em duas categorias: suspensos e totais. Segundo Von SPERLING (2005) os sólidos dissolvidos são aqueles com diâmetro inferior a $10^{-3}\mu m$ e suspensos os que são maiores. Além dessa definição, o autor classifica os sólidos entre orgânicos e inorgânicos.

A análise laboratorial visa determinar, num volume conhecido de efluente homogeneizado, a quantidade de sólidos orgânicos e inorgânicos em cada uma das fases: dissolvidos ou suspensos. Para isso, se vale da diferença das massas. Ou seja, dividida em três etapas, basicamente, tomam-se 3 pesos: P0, com os recipientes vazios após terem ido à mufla por 20 min, P1 com as amostras tendo ido somente à estufa por uma hora e P2 com as amostras tendo passado pela estufa e retornado à mufla por 20 min.

De posse do primeiro peso (P0) onde se tem apenas o valor dos recipientes vazios pode-se partir desse valor como base para aferir a quantidade de sólidos nas etapas seguintes. Como o segundo peso (P1) é oriundo da amostra ter sido evaporada (sólidos totais) ou filtrada e evaporada (sólidos suspensos) por diferença entre eles, tem-se o valor do peso de todos os sólidos na amostra, portanto, os orgânicos e inorgânicos. Já o terceiro peso (P2), tendo as amostras voltado à mufla, apresenta um valor menor que P1, necessariamente. Sendo assim, a diferença entre P1 e P2 corresponde ao peso de sólidos orgânicos presentes. Portanto, pela diferença dos pesos nas etapas, tanto no estudo dos sólidos suspensos quanto nos totais, pode se ter as parcela destes que correspondem aos fixos (matéria inorgânica que não volatiliza a $550^{\circ}C$) e aos orgânicos (que volatilizam a $550^{\circ}C$).

4.2. Material

- 03 cápsulas 50ml numeradas
- 03 cadinhos numerados
- 03 membranas filtrantes de fibra de vidro
- 01 balança de precisão
- Mufla
- Estufa
- Filtro à vácuo
- Dessecador

4.3. Preparação das amostras

Lavar todo o material que estará em contato direto com as amostras, seja em que fase for. A fim de melhorar a eficiência, lavar o material com água corrente e, posteriormente, com água destilada. As cápsulas e cadinhos necessitam ser previamente identificados. Com auxílio de pinça, colocar uma membrana filtrante em cada um dos cadinhos. Depois, levar todas as cápsulas e cadinhos à mufla aquecida a 550°C por 20 minutos tomando cuidado para, sempre que possível, não organizar os recipientes de forma que fiquem uns sobre os outros. Levar ao dessecador até atingir temperatura ambiente e pesar “P0”.



Figura 4.1. Preparação dos recipientes



Figura 4.2. Recipientes na mufla

4.4. Sólidos totais

Colocar 50ml de cada amostra em sua cápsula correspondente. Ajustar o banho-maria para 100°C. Uma vez atingida a temperatura, colocar as cápsulas a fim de evaporar toda parte líquida das amostras. Logo após, levar as cápsulas por uma hora para a estufa aquecida a 105°C a fim de evaporar quaisquer resíduos líquidos que por ventura não foram retirados no banho-maria. Levar as cápsulas para o dessecador até atingir a temperatura ambiente. Em seguida, pesam-se as cápsulas anotando o peso “P1”. Finalmente, retornar as cápsulas para a mufla aquecida a 550°C por 20 minutos. Levar as cápsulas para o dessecador até que atinjam a temperatura ambiente e, em seguida, pesar e anotar o valor, “P2”.



Figura 4.3. Recipientes em banho maria

4.5. Sólidos suspensos

Ajustar a membrana filtrante no filtro e vedá-lo de forma a não haver qualquer entrada de ar. Filtrar 1L (1000ml) de amostra ou o possível até a colmatação da membrana com auxílio da bomba de vácuo. Se não for possível filtrar todo o volume, anotar o filtrado. Retornar a membrana ao cadinho correspondente e levar à estufa aquecida a 105°C por uma hora. Uma vez evaporado a porção líquida da membrana, levar ao dessecador até atingir a temperatura ambiente. Pesar “P1”. Após a pesagem, levar novamente à mufla aquecida a 550°C por 20 min. Levar ao dessecador até atingir a temperatura ambiente e, por fim, pesar “P2”.



Figura 4.4. Filtração



Figura 4.5. Recipientes filtrados e evaporados em banho maria



Figura 4.6. Recipientes após calcinação

5. CONCLUSÃO

Os estudos envolvendo tratamentos de esgotos tem consequências e aplicações diretas e essenciais para a sociedade manifestos em ganhos diretos de saúde e qualidade de vida.

As análises descritas neste trabalho servem de apoio para a compreensão do sistema desenvolvido que promete ser revolucionário na retirada de nitrogênio do esgoto a um baixo custo e com fácil manutenção do sistema.

Novos estudos são necessários para melhor compreensão mas os primeiros resultados apontam pra um cenário otimista e de grande aplicabilidade não apenas no RN mas também no Brasil e mundo.

6. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 7229 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. ABNT. Rio de Janeiro, 1993.

CHERNICHARO, C. A. L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Volume 5 – Reatores Anaeróbios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1997.

CREDER, Hélio. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 4ª Edição. Livros Técnicos e Científicos. Rio de Janeiro-RJ, 1988.

IDEMA-RN. Instruções Técnicas para Apresentação de Projetos de Sistemas de Tratamento de Efluentes Líquidos Industriais. Natal-RN, 2004.

JORDÃO, Eduardo Pacheco – Tratamento de esgotos domésticos – 6ª Edição, 2011 – ABES.

NUNES, J. A. Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais. Aracaju: Produção independente, 1993.

SBRT 3840. Tratamento de efluente resultante do processo de salga a úmido de peles bovinas para fabricação de couro. Disponível em: sbirt.ibict.br/upload/sbirt3840.pdf?PHPSESSID=7f5c8be7c75b6e. Consulta em 30/05/07.

SPERLING, M. V. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, Volume 1 – Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.

SPERLING, M. V. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos - 3ª edição.