

DIMENSIONAMENTO DA ETE PARA ATENDER A UNIVERSIDADE DE RIO VERDE UTILIZANDO A CONFIGURAÇÃO REATOR UASB E LAGOA FACULTATIVA

**Matheus Vieira Nunes
Fausto Amorim**

Resumo: O saneamento ambiental é uma problemática observada em todo o Brasil. O tratamento inadequado dos esgotos domésticos podem causar poluição dos corpos hídricos e solo, além de promover uma série de doenças. A Universidade de Rio Verde não destina corretamente os resíduos gerados; O presente trabalho tem como objetivo apresentar o dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto com uma configuração reator anaeróbico e lagoa facultativa. Os cálculos utilizados, foram propostos por Von Sperlin (1996) e Chernicharo (1997) e as normas de projeto da Associação Brasileira de Normas e Técnicas NBR12.209/2011 e DZ 215-R4 foram obedecidas. Pode-se concluir que o reator anaeróbico irá reduzir a carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio em grande proporção e com o posterior tratamento da lagoa facultativa, a eficiência de remoção pode chegar a 80%, reduzindo o nível inicial de 300mg.L-1, para 60mg.L-1, obedecendo critérios estipulados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, sob a norma 430/11 que dispõe das condições e padrões de lançamento de efluentes, podendo ser utilizada para outra finalidade como o sistema de irrigação.

Palavras-chave: Reator anaeróbico, remoção de resíduos, saneamento.

Abstract: Environmental sanitation is a problem observed in Brazil. The inadequate treatment of domestic sewage can cause pollution of water and soil bodies and promote a number of diseases. The University of Rio Verde not properly designed the waste generated; This study aims to present the design of a wastewater treatment plant with anaerobic reactor configuration and facultative pond. The calculations used were proposed by Von Sperlin (1996) and Chernicharo (1997) and the project ABNT NBR12.209 / 2011 and DZ 215-R4 were obeyed. It can be concluded that the anaerobic reactor will reduce the load demand biochemical oxygen in a large proportion and subsequent treatment of facultative pond, the removal efficiency may reach 80% by reducing the initial level of 300mg.L-1, 60mg.L to-1, following criteria set by the National Environment Council under the standard 430/11 provides that the conditions and effluent discharge standards and can be used for other purposes such as irrigation system.

Keywords: Reactor anaerobic, waste removal, sanitation.

1. INTRODUÇÃO

A princípio os municípios nacionais destinavam os resíduos, de forma incorreta gerando problemas de saúde pública e ambientais, havendo necessidade de utilizar meios apropriados para sanar estas complicações (SILVA JUNIOR, 2015).

O saneamento ambiental no Brasil é uma problemática que pode ser analisada de acordo com os dados expressos na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde 52,2% das 5.507 cidades brasileiras encontram-se em situação calamitosa. No país, 18,8% da população ainda vivem em zona rural, que equivale a aproximadamente 31 milhões de pessoas lançando seus dejetos sem qualquer tratamento nos corpos hídricos ou solo (BRASIL, 2008).

De acordo com Tonetti *et al* (2010), na maioria dessas localidades o rejeito é lançado in natura em corpos hídricos ou no solo, podendo comprometer a qualidade da água utilizada para os usos consultivo e não-consultivo.

A poluição dos corpos hídricos e o uso de sistemas de tratamento que demandam quantidade de água e energia elevados, contribuem para a disseminação de doenças infecciosas, fazendo com que os custos ecológicos não sejam sustentáveis. Para favorecer a sustentabilidade, tecnologias de fácil operação, que apresentem boa eficiência, sistemas compactos e de baixo custo e consumo energético tem sido sugeridos. A partir da década de oitenta, os Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (Reator UASB – *UpflowAnaerobicSludgeBlanketReactors*) tem sido aplicado amplamente em concepções e arranjos de novas estações de tratamento de esgoto (VERSIANI, 2005).

O município de Rio Verde possui um sistema de esgoto com 277 quilômetros de extensão, que atende apenas 46% das residências da área urbana. A companhia de tratamento de esgoto da cidade implantará 350 quilômetros de coletores e 20 quilômetros de interceptores e construirá além de uma nova estação elevatória, uma estação de tratamento de esgoto no córrego laje, além de ampliar a ETE Sapó já existente (ODEBRECHT, 2016).

A Universidade de Rio Verde (Unirv), ainda destina águas residuárias de forma incorreta. E de acordo com Silva Junior (2015), o sistema de tratamento mais viável para a Unirv, seria o reator anaeróbio, devido a sua eficiência de remoção de DBO significativa, menor requisito de área e menor montante final. A implantação deste sistema pode influenciar diretamente a conservação de recursos naturais, minimizando os impactos causados pela disposição inadequada de esgoto. O objetivo deste trabalho é dimensionar uma estação de

tratamento de esgoto a ser instalada nas dependências da instituição de ensino, composta por tratamento preliminar (gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão) e tratamento secundário através um reator UASB e lagoa facultativa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Processo escolhido

Como sugerido por Silva Junior(2015), optou-se pela utilização do Processo Anaeróbio com reatores UASB seguido pelo processo de lagoas facultativas.

O dimensionamento da Estação de Tratamento de Esgoto em questão, segue o estabelecido na norma brasileira ABNT NBR 12.209/2011 – Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários e na DZ 215-R4 – Diretrizes de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária.

2.2 Critérios para projeto

A estimativa populacional para uma projeção de 10 anos foi definida por progressão aritmética e geométrica utilizando dados populacionais da UniRV de 2013 à 2015, considerando alunos e colaboradores, porém foi utilizada a progressão geométrica para segurança do projeto por ter apresentado maior valor.

O dimensionamento de todas as etapas da estação de tratamento de esgoto (calha parshall, peneiramento, desarenador, reator UASB e lagoas, foram baseados nas metodologias propostas por Von Sperling (1996) e Chernicharo (1997).

Para separador de partículas sólidas grosseiras foi utilizado método de Peneiramento $I=22,8 \text{ L.m}^3/\text{m}^2.\text{h}$ indicando peneira estática para o processo.

O medidor escolhido para este projeto é a Calha Parshall , que segundo Pessoa (1995), tal equipamento mede a vazão através de estrangulamentos e ressaltos hidráulicos. É uma unidade constituída por uma calha de dimensões padronizadas, precedida de um rebaixo Z. A escolha da largura nominal da Calha Parshall, é realizada de acordo com as vazões máximas e mínimas de projeto.

Para o dimensionamento do desarenador são necessários alguns requisitos (NBR 12209/11) como critérios de projeto: Velocidade de sedimentação deve ser superior ou igual a Trabalho de Conclusão de Curso defendido junto à Faculdade de Engenharia Ambiental da UniRV em junho de 2016

0,02m/s; Velocidade horizontal deve estar entre 0,15 e 0,4m/s, sendo recomendados 0,3m/s.

Para o dimensionamento do reator UASB foram adotados valores para o coeficiente de produção de sólidos igual a 0,15Kg.SST.Kg⁻¹DQO, tempo de detenção hidráulico igual a 8h altura do reator de acordo com os critérios estabelecidos por Chernicharo (1997), igual a 4m. Foi quantificada a eficiência de remoção de DBO e a produção de metano (CH₄). Posteriormente foi quantificada a geração de lodo adotando um teor de sólidos igual a 3%. Então, os leitos de secagem do lodo foram dimensionados de acordo com o volume de lodo gerado com tempo de 20 dias para remoção.

Posteriormente a esse tratamento foram dimensionadas duas lagoas facultativas, considerando a DBO gerada depois de passar pelo reator UASB. E posteriormente foram calculados o acúmulo de lodo e o tempo de remoção na lagoa. O desenvolvimento dos cálculos encontra-se em anexo no memorial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar utiliza de mecanismos para a remoção de sólidos grosseiros, areia e medição da vazão. Tais mecanismos são de ordem física. A finalidade da remoção destes sólidos grosseiros são: a proteção de bombas e tubulações que funcionam como mecanismos de transporte; a proteção das unidades de tratamento posteriores; proteção dos corpos hídricos (VON SPERLING, 1996). A retenção dos sólidos grosseiros é feita por meio de peneiramento onde o material de maiores dimensões são retidos, que vai depender de fatores como a espessura do sistema das mesmas.

Já sólidos de tamanho menor, como a areia, são retidos através da caixa de areia ou desarenadores cuja finalidade é evitar abrasão nos equipamentos e tubulações, eliminar a possibilidade de obstrução de orifícios e facilitar o transporte do líquido. O mecanismo de remoção da areia ocorre por sedimentação devido a sua densidade ser maior que a densidade da matéria orgânica. A calha parshall será adotada com um tamanho padronizado para atender a vazão necessária, não sendo necessário um cálculo específico para a mesma (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

O valor populacional médio encontrado para o ano de 2026 para a UniRV, foi de 11.400 habitantes.

Para o cálculo da vazão média do esgoto a ser tratado, foi considerada o consumo de água per capita, a população a atender e o coeficiente de retorno, que é a fração de água fornecida que adentra a rede coletora na forma de esgoto (VON SPERLING, 1996). Para a estimativa da vazão de projeto, foi utilizada a vazão per capita (QPC) para escola, que de acordo com Von Sperling (1996), é de $50\text{Lhab}^{-1}\text{dia}^{-1}$.

Para o dimensionamento do tratamento preliminar é necessário o cálculo das vazões máximas e mínimas do efluente. Para calcular a vazão máxima é preciso levar em consideração dois fatores: o coeficiente do dia de maior consumo, que é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano (K1), e o coeficiente da hora de maior consumo (K2) que é a relação entre o maior consumo horário e o consumo médio do dia de maior consumo. Os valores típicos adotados no Brasil segundo Von Sperling para K1 e K2 são respectivamente 1,2 e 1,5. Para se determinar a vazão mínima pode-se adotar que a relação entre a vazão mínima e a vazão média é de 0,5, sendo esse valor o coeficiente da hora de menor consumo (K3).

Os valores encontrados para as vazões média, máxima e mínima de projeto para o ano de 2026, são respectivamente $5,27\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, $9,48\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, $2,63\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$.

3.1.1Peneiramento

Calculou-se a Taxa de Aplicação do método usando valor da vazão média em metro cúbico por hora sobre o valor da abertura do sistema encontrado no memorial de cálculos. O valor em milímetros de 1,50 foi adotado para espaçamento, altura útil de 0,17 metros indicando modo de peneiramento Estático ou Hidrodinâmica e totalizando 2 metros de comprimento da peneira.

3.1.2Caixa de Areia

As caixas de areias ou desarenadores são usadas para a remoção de areias e outros sólidos com diâmetros inferiores aqueles removidos pelo sistema de gradeamento, no entanto, superior ao diâmetro dos sólidos dissolvidos contida nos efluentes domésticos. A NBR 12209/11 visa a remoção mínima de 95% em massa das partículas com diâmetro maior ou igual a 0,2mm e densidade de 2,65.

Seu princípio de funcionamento se baseia na sedimentação. Quando o efluente passa pelo desarenador, a areia contida no efluente tende a sedimentar de maneira a proteger o conjunto de bombas, tubulações e os próprios aeradores e ainda reduzir o transporte de material inerte para o interior das unidades de tratamento biológico.

A área da seção transversal da caixa de areia foi de $0,031\text{m}^2$. O projeto contará com uma caixa de areia de 30cm de largura e 3m de comprimento considerando o fator de segurança de 50%. O rebaixo para acumulação do material sedimentado terá profundidade mínima recomendado pela NBR 12209/11 de 0,2m.. Afim de verificação foram calculadas as velocidades horizontais mínimas e máximas, obtendo-se o mesmo valor de 0,26m/s, atendendo ao requisito descrito acima (0,15 a 0,4m/s). A vazão de areia calculada foi de $0,13\text{m}^3/\text{d}$. A caixa de areia terá limpeza manual, devido sua vazão de dimensionamento ser menor que 250L/s (NBR 12208/11), com um tempo máximo de remoção de 12 dias. Segundo a mesma norma, o desarenador deve ter uma taxa de aplicação superficial compreendida entre 600 a $1300\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{m}$. A taxa calculada para este foi de $1.094,4\text{m}^3\cdot\text{m}^2\cdot\text{d}$.

3.1.3 Medidor de Vazão (Calha Parshall)

Para manter uma velocidade de escoamento constante, uma vez que pode haver variação de vazão do afluente ao sistema, será utilizado um medidor de vazão.

Relacionando as vazão máxima já calculada de $,9,48\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ e mínima de $2,63\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ com a largura nominal obtém-se a Calha Parshall seguindo os parâmetros, de 3 polegadas que corresponde a 7,6mm. O rebaixo (Z) calculado foi de 0,029m. As alturas mínimas e máximas das lâminas da água de entrada na Calha Parshall (h), são 0,036m e 0,122m respectivamente.

3.2 Tratamento secundário

O tratamento primário pode ser precedido de tratamento secundário, que consiste na remoção de matéria orgânica dissolvida que não é removida por processos físicos e a matéria orgânica em suspensão. Vários tratamentos são viáveis para acelerar o processo de degradação da matéria orgânica. Uma grande variedade de microrganismos auxilia o processo que convertem a matéria orgânica em gás carbônico. Tais mecanismos podem ser aeróbios ou anaeróbios.

Os reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB), constituem a principal tendência atual de tratamento de esgoto no país, com unidades únicas ou seguidas de alguma forma de pós-tratamento. No princípio básico de funcionamento, o esgoto afluente ao reator e após ser distribuído ao fundo, segue trajetória ascendente, até encontrar a manta de lodo, onde irá ocorrer a mistura, biodegradação e digestão anaeróbia da matéria orgânica, tendo como subproduto a geração de gás metano, carbônico e sulfídrico. E através de passagens definidas pela estrutura do reator, o esgoto alcança a zona de sedimentação que constitui a manta de lodo e nesta área irá ocorrer a decomposição anaeróbia do substrato orgânico.

Os valores encontrados no dimensionamento do reator anaeróbico a partir dos critérios escolhidos foram, em relação ao volume do reator $152,64\text{m}^3$. De acordo com Chernicharo (1997), em pequenos sistemas de tratamento de esgoto doméstico a adoção de reatores modulados apresentam diversas vantagens, porém o volume desses reatores ficam entre 400 e 500m^3 , não sendo viável utilizá-los nesse projeto, portanto recomenda-se o dimensionamento com tamanhos específicos. Adotando a altura útil igual a 4m , a área encontrada do reator foi de 40m^2 . A carga hidráulica volumétrica e as velocidades superficiais foram verificadas, mostrando que os valores estão dentro do padrão. No sistema de distribuição do esgoto efluente, mostrou que serão necessários 30 tubos de $1,96\text{m}^2$ de diâmetro. Em relação às estimativas das concentrações de DQO e DBO no efluente final, considerando uma eficiência de remoção são de respectivamente 210mgDQO.L^{-1} e 90mgDQO.L^{-1} . Levando em consideração a vazão média a produção de metano (DQO_{CH_4}) foi de $120,89\text{KgDQO.dia}^{-1}$ e a vazão foi de $1,91\text{m}^3.\text{L}^{-1}$. Considerando 75% do metano em biogás, a vazão de biogás por dia é de $61,29\text{m}^3$. De acordo com Chernicharo (1997), a liberação de biogás provoca odores e promove riscos inerentes ao gás metano (CH_4), que contribui para o agravamento do efeito estufa. Dessa forma, o gás produzido nesse reator deve ser coletado para posteriormente ser utilizado ou queimado. Uma das alternativas também pode ser o tratamento por biofiltros que tem o objetivo de promover uma oxidação biológica do H_2S .

Nos reatores tipo UASB, a acumulação de sólidos biológicos ocorre após alguns meses de operação, que depende das características do esgoto. O lodo gerado no reator, levando em consideração 3% de teor de sólidos e a densidade do lodo (1.020Kg.m^3), chegou-se a um valor 171KgSST.dia^{-1} . A carga orgânica de DQO foi de 1.140DQO.dia^{-1} . Posteriormente, é retirado do reator este material que acumula no fundo do reator e após a coleta do lodo, é preciso submetê-lo a um processo de secagem para posteriormente ser encaminhado para o aterro.

Para dimensionar os leitos de secagem, levou-se em consideração um tempo de 20 dias. A massa retirada no reator após esse tempo é de 3.420KgSST, e o volume retirado será de 111,8m³. A área requerida para os leitos de secagem será de 342m², sendo adotado 4 leitos de secagem totalizando uma área de 85,5m² cada leito. A altura do lodo na lâmina de secagem será de 0,32m.

Apenas este tratamento não é suficiente para chegar-se a uma eficiência de remoção de DBO desejada. Portanto, optou-se por posteriormente ao reator UASB, a instalação de uma lagoa facultativa, cujas bactérias facultativas degrada a matéria orgânica tanto em condições anaeróbicas quanto aeróbicas, dependendo de fenômenos puramente naturais, e parte dessa matéria orgânica que adentra na lagoa, tende-se a sedimentar e este lodo sofre o processo de decomposição. A energia luminosa incidente na lâmina superior da lagoa estimula a ocorrência da fotossíntese estimulando a presença de oxigênio ao longo do dia e com a diminuição no período da noite, promove a degradação anaeróbia (Von Sperling 1997). No dimensionamento das lagoas facultativas, considerando a carga de DBO depois de sair do reator no valor de 90mg.L⁻¹, a carga de DBO do afluente que chega á lagoa é de 412,12Kg.dia⁻¹, onde a taxa de aplicação superficial atende ao critério. A área requerida para estas lagoas é de 19.000m² utilizando duas lagoas de 9.500m². O comprimento e largura de cada lagoa, serão respectivamente 49m e 98m. Portanto o volume total das lagoas são de 28.500m³. O tempo de detenção hidráulico ficou em 63 dias. Os valores encontrados na literatura variam de 15 a 45 dias, tal fator se deve devido ao baixo valor de vazão do efluente, porém julga-se viável, pois a remoção da carga de DBO será eficiente.

O volume do lodo acumulado por ano, será de 456m³.ano⁻¹. O volume do lodo a ser retirado do fundo das lagoas em um período de 20 anos é de 4.802m³. Levando em consideração uma eficiência de remoção de DBO deste sistema chegando a 80%, a concentração final do efluente a ser descartado é de 60mgDBO.L⁻¹.

4. CONCLUSÃO

A eficiência do sistema chega a 80%, reduz a carga de Demanda Bioquímica de Oxigênio para níveis mínimos como esperado (60mg. L⁻¹). De acordo com a CONAMA 430/11, que estipula o padrão de lançamento de efluente de 120mg.L⁻¹ para lançamento em corpos d'água, porém a falta de corpos hídricos na região, o destino adequado seria a irrigação, mas,

faz-se necessário estudos laboratoriais para observar a concentração de algumas substâncias inorgânicas que possam comprometer essas culturas.

Pode-se concluir que há necessidade de aquisição de lodo para dar partida ao sistema do reator, o qual processará baixa vazão de efluente além de resíduos gerados pelos laboratórios. Estes fatores levados em consideração juntamente com o custo de manutenção e implantação tornam o sistema inviável.

Bibliografia

ABNT NBR 12209/11. **Elaboração de projetos hidráulicos-sanitários de estações de tratamento de esgoto sanitário.** Rio de Janeiro, 2011.

SILVA JUNIOR, V.S **Proposta de implantação de um sistema de tratamento de esgoto na universidade de Rio Verde.** TCC, Rio Verde 2015.

BRASIL. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 2008.

CHERNICHARO, C. A. D. L. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de engenharia sanitária e ambiental, v. 5, 1997.

JORDÃO, EDUARDO PACHECO E CONSTANTINO, ARRUDA PESSÔA (2011), **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6 edição - Rio de Janeiro.

ODEBRECHT. Odebrecht Ambiental, 2016. Disponível em: <<http://www.odebrechtambiental.com/goias/quem-somos/>>. Acesso em: 7 Maio 2016.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte : Departamento de engenharia sanitária e ambiental, v. 1, 1996.

TONETTI, A.L.; CORAUCCI FILHO, B.; BERTONCINI, E.I.; OLIVEIRA, R.A.; STEFANUTTI, R. (2010) **Avaliação de um sistema simplificado de tratamento de esgotos visando a utilização em áreas rurais**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 2, p. 227-234.

VERDE, R. Rio Verde Goiás, 2013. Disponível em: <<http://www.rioverdegoias.com.br/i.php?si=aci&id=4>>. Acesso em: 4 Maio 2016.

VERSIANI, B. M. **Desempenho de um reator UASB submetidos a diferentes condições operacionais tratando esgotos sanitários do campus da UFRJ**. Dissertação de mestrado, Rio de Janeiro, 2005.

UNIVERSIDADE FEDERAL SE SANTA MARIA(s.d) **Localização de operações unitarias no fluxograma de uma planta de tratamento de aguas residuarias** Tratamento de residuos e impactos ambientais. Disponível em: <jararaca.ufms.br/websites/ces/download/A2.pdf> Acesso em:20 de Junho de 2016.