



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**GRAZIELA PINTO DE FREITAS**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO  
CAMPUS POMBAL/UFCG**

**DIGITALIZAÇÃO  
SISTEMOTECA - UFCG**

**POMBAL – PB  
Maio 2016**

**GRAZIELA PINTO DE FREITAS**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO  
CAMPUS POMBAL/UFCG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

§

**ORIENTADORA: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro**

Pombal  
Maio 2016

**GRAZIELA PINTO DE FREITAS**

**PROPOSTA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO  
CAMPUS POMBAL/UFCG**

Aprovado em 16 / 05 / 2016

**BANCA EXAMINADORA**

*Rosinete Batista dos Santos Ribeiro*

---

Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro  
Orientadora – UFCG/Campus de Pombal – PB

*Aline Costa Ferreira*

---

Profa. Dra. Aline Costa Ferreira  
Examinador Interno – UFCG/Campus de Pombal - PB

*Iury Araujo Macêdo Dantas*

---

MSc. Iury Araujo Macêdo Dantas  
Examinador Externo – Pesquisador e Consultor

Pombal  
Maio 2016

*“O senhor é a minha luz e a minha salvação;  
de quem terei medo? O senhor é a fortaleza  
da minha vida; a quem temerei?”*

(Salmos 27, 1)



## AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por sempre guiar os meus passos por todas as bênçãos que recebo diariamente.

Aos meus pais Gabriel e Socorro, por todo amor e dedicação, por nunca deixarem me faltar nada principalmente durante os cinco anos longe de casa, à minha irmã Gabriela por sempre se fazer presente me ajudando no que for preciso e aos meus avós (*in memória*).

Ao meu namorado Kardelan, por todo amor e compreensão, por ser meu principal companheiro durante os últimos 2 anos.

À Universidade Federal de Campina Grande e ao Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar pela oportunidade de realizar meu sonho.

A todos os professores que contribuíram com minha formação, em especial aos professores Jose Cleidimário e Andreia Brandão por todo aprendizado durante os anos de projeto.

À professora Rosinete que foi mais que uma orientadora, foi uma amiga e incentivadora, me passando aprendizado constante durante os momentos de nossa convivência.

Aos grandes amigos do curso de Engenharia Ambiental 2011.1, em especial a Daniele, Sérgio Túlio, Rodrigo e Carlos Eduardo. À Amanda que foi minha companheira de todos os dias.

Muito obrigada!

FREITAS, G. P. **Proposta de Sistema de Tratamento de Efluentes do *Campus Pombal/UFCG***. 2016. 65 fls. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

## RESUMO

Com a crescente demanda populacional da cidade universitária, aumentam-se os despejos de efluentes líquidos nos corpos hídricos fazendo-se necessário um tratamento eficaz, a fim de remover a carga orgânica poluidora antes de serem descartados. Nesse trabalho, teve-se por objetivo apresentar uma proposta de sistema de tratamento de efluentes da Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* de pombal - PB. No desenvolvimento do estudo foram realizadas as seguintes etapas: caracterização detalhada do *Campus* Pombal/UFCG, situação atual do esgotamento sanitário dentro do Campus de Pombal, diagnóstico dos possíveis impactos ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto, medidas mitigadoras e por fim apresentado um sistema de tratamento que melhor se adeque as condições do local em estudo. Na metodologia fez-se necessárias visitas *in loco*, entrevistas informais a estudantes e funcionários, fotodocumentação do local de estudo e pesquisas bibliográficas. A partir dos resultados observou-se que o sistema de tratamento utilizado no campus apresenta falhas, sendo necessária a substituição de tal procedimento de tratamento. O sistema aqui proposto foi por meio do processo anaeróbio com reator UASB seguido por Lodo Ativado Convencional, a escolha do processo se deu devido ao fato de ser um sistema compacto, não necessitando de grandes áreas para implantação, assim como também um sistema de baixo custo operacional e apresentar baixo tempo de detenção hidráulico.

**Palavras-chaves:** tratamento, degradação ambiental, reator UASB.

FREITAS, G. P. **Proposta de Sistema de Tratamento de Efluentes do *Campus Pombal/UFCG***. 2016. 65 fls. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal – PB.

### **ABSTRACT**

With the growing population demand of the university town, the liquid effluent discharges are increased in water bodies making it necessary effective treatment, to remove the polluting organic load before being discarded. This work had to the objective of presenting a proposal for a wastewater treatment system of the Federal University of Campina Grande, Dovecote campus - PB. In developing the study the following steps were taken: Detailed characterization of Campus Pombal / UFCG, current situation of sanitation within the Campus de Pombal; diagnosis of the possible environmental impacts of the current sewage treatment system, mitigation measures and finally present a treatment system that best suits local conditions under study. The methodology was made necessary site visits, informal interviews photodocumentation the study site and bibliographic research. From the results it was observed that the treatment system used in the campus has flaws, necessitating the replacement of such a treatment procedure. The system proposed here was through anaerobic process with UASB followed by activated sludge Conventional, the choice of the process was due to be a compact and does not require large areas for deployment, and is also a low-cost operating system and features down time of hydraulic detention.

**Keywords:** treatment, environmental degradation, UASB .

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Localização da Área de Estudo .....	25
FIGURA 2 – Configuração do sistema adotado .....	27
FIGURA 3 - Esquematização de um reator UASB .....	28
FIGURA 4 – Localização das fossas sépticas.....	52
FIGURA 5 – Fossas sépticas localizadas ao lado da biblioteca.....	52
FIGURA 6 – Fossa séptica dos laboratórios .....	53
FIGURA 7 – Acúmulo de água parada próximo as dependências do campus.....	54



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Percentual de Tratamento de Esgoto .....	16
TABELA 2 – Relação entre temperatura e TDH.....	30
TABELA 3 – População acadêmica .....	33
TABELA 4 – Parâmetros utilizados para o dimensionamento do Sistema de Lodo Ativado .....	46
TABELA 5 – Parâmetros iniciais de projeto.....	56
TABELA 6 – Gradeamento.....	57
TABELA 7 – Valores estabelecidos para a caixa de areia .....	57
TABELA 8 – Parâmetros calculados para o reator UASB .....	59
TABELA 9 – Parametros encontrados para o Lodo Ativado .....	60

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>13</b>
2.1. Geral .....	13
2.2. Específicos .....	13
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>14</b>
3.1. Saneamento Básico .....	14
3.2. Esgotamento Sanitário no Brasil .....	15
3.3. Processos para o Tratamento de Esgoto .....	17
3.4. Fases do tratamento de Esgoto .....	18
3.5. Reator UASB.....	20
3.6. Lodo Ativado .....	21
3.7. Decantador Secundário.....	21
3.8. Impacto Ambiental.....	22
3.9. Estudos de caso.....	22
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
4.1. Caracterização da área de estudo .....	24
4.2. Situação atual do esgotamento sanitário dentro do Campus Pombal .....	25
4.3. Diagnóstico dos possíveis impactos ambientais decorrentes do atual sistema e tratamento de esgoto .....	25
4.4. Medidas mitigadoras que promovam a melhoria na qualidade do serviço .....	26
4.5. Alternativa de sistema de tratamento de efluentes para o Campus do CCTA ..	26
4.6. Unidade de tratamento anaeróbio – Reator UASB .....	27
4.6.1. Funcionamento .....	27

4.6.2.	Fases do processo anaeróbio .....	29
4.6.3.	Componentes do reator UASB (Abreu e Sá, 2014) .....	29
4.6.4.	Critérios para se obter uma boa eficiência no tratamento com reator UASB .....	30
4.6.5.	Lodo gerado no UASB.....	30
4.6.6.	Geração de gás no reator .....	31
4.7.	Unidade de tratamento aeróbio – lodo ativado.....	31
4.8.	Reator UASB seguido por lodo ativado.....	32
<b>5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO .....</b>		<b>33</b>
5.1.	População Total .....	33
5.2.	Unidades de tratamento preliminar .....	35
5.3.	Dimensionamento do Reator UASB.....	42
5.4.	Dimensionamento do Sistema de Lodo Ativado.....	45
5.5.	Dimensionamento do Tanque de Aeração .....	47
5.6.	Decantador secundário .....	48
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>		<b>50</b>
6.1.	Caracterização da área de estudo .....	50
6.2.	Sistema de tratamento de efluentes do CCTA .....	51
6.3.	Levantamento dos principais problemas no tratamento de esgoto - atual .....	53
6.4.	Proposta de medidas mitigadoras .....	54
6.5.	Dimensionamento do sistema de tratamento de esgoto .....	55
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>		<b>61</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>		<b>62</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – área

Aa – área adotada

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

A/M – Relação alimento/microrganismo

Ate – Área transversal de escoamento

AU – Área Útil

Cca – Comprimento da caixa de areia

CCTA – Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar

CDE – Coeficiente de Decaimento Endógeno

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CR – Coeficiente de Reação

CRC – Coeficiente de Rendimento Celular

CPL – Coeficiente de Produção de Lodo

Dp – Diâmetro da partícula

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

Eb - Espaçamento entre barras

EELAC – Eficiência Esperada do Lodo Ativado

Egf – Eficiência da grade fina

Egg – Eficiência da grade grossa

ETE – Estação de Tratamento de ESgoto

E<sub>spe</sub>b – Espessura da barra

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

H - Altura da grade

Ib – Inclinação da barra

ID – Idade do Lodo

L – largura



L – largura

L<sub>gg</sub> – Largura do gradeamento grosso

L<sub>gf</sub> – Largura do gradeamento fino

L<sub>água</sub> – Lâmina D'água mínima na caixa de areia

OMS – Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

O<sub>s</sub> – Profundidade da câmara de sedimentação

P<sub>c</sub> – Perda de carga

P<sub>c</sub> – Perda de carga

Q<sub>m</sub> – Vazão média

Q<sub>i</sub> – Vazão instantânea

SSV – Sólidos em Suspensão

SSVTA – Sólidos Suspensos Voláteis no Tanque de Aeração

St<sub>c</sub> – Seção transversal do canal

TDH – Tempo de Detenção Hidráulico

UASB - Upward-flow Anaerobic Sludge Blanket

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

V – Volume

V<sub>s</sub> – Velocidade de sedimentação

V<sub>maxReal</sub> – Velocidade máxima real do escoamento

V<sub>dss</sub> – Volume diário de sólidos sedimentados

V<sub>max</sub> – Velocidade máxima

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Federal e definido pela Lei nº. 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

O direito ao acesso à água potável e ao saneamento básico é garantido pela Organização das Nações Unidas (ONU), contudo o dramático panorama mundial revela que 2,6 bilhões de pessoas não dispõem de coleta e tratamento de esgoto e 900 milhões de pessoas ainda vivem sem acesso a fontes confiáveis de água potável, sendo a mesma um recurso vital para o desenvolvimento socioeconômico.

As ações antrópicas promovem alterações nos recursos ambientais e causam impactos ambientais significativos que vão desde a poluição de corpos hídricos e de forma indireta podem levar a escassez da água. Assim a gravidade dessa situação alerta para a necessidade de mudanças de comportamento que possa compatibilizar as alterações provocadas com a capacidade de recuperação da natureza (BRAGA et al., 2005).

A escassez hídrica é um problema que assusta a sociedade do século XXI, pois a água que antes era considerada como uma fonte inesgotável está se tornando um bem finito devido ao seu uso indiscriminado, ao lançamento de cargas poluidoras nos mananciais, entre outras medidas adversas.

O crescimento populacional desordenado e o precário serviço de coleta e tratamento de esgoto têm intensificado respectivamente, a demanda de água e a poluição dos corpos hídricos. Todavia, uma das principais preocupações deve-se ao lançamento de efluentes domésticos e industriais sem tratamento nos corpos receptores, que resulta na crescente deterioração das condições ambientais com o acentuado nível de poluição. No que tange os resíduos provenientes de esgotos sanitários, durante muito tempo investimentos foram realizados apenas para a construção dos sistemas de coleta. E, ainda hoje, a maioria dos sistemas de esgoto existentes nas cidades brasileiras limita-se a despejar os resíduos brutos nos corpos hídricos, sendo responsáveis pelo agravamento dos problemas de poluição.



Ademais, o acelerado processo de deterioração do ambiente possui uma série de implicações na disponibilidade de recursos naturais. O lançamento de esgoto sanitário sem tratamento pode provocar a proliferação de organismos patogênicos e favorecer o surgimento de doenças, devido à poluição do solo e dos corpos de água. O excesso de substância como o fósforo (P) e o nitrogênio (N) pode provocar o processo de eutrofização dos recursos hídricos ao impactar, de maneira direta, nos parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas, impossibilitando seu uso para consumo e lazer (PHILIPPI JR., 2005).

Dados sobre o acesso da população brasileira ao saneamento básico mostram que em 2008 apenas 28,5% dos municípios brasileiros tratavam seus efluentes (IBGE, 2010). Essas informações mostram a vulnerabilidade da população brasileira assim como a qualidade do meio ambiente e conseqüentemente do modo de vida das pessoas.

A disposição adequada de efluentes deve atender aos objetivos sanitários, estéticos e socioeconômicos, e se converter em melhoria da saúde da população e em redução nos recursos financeiros aplicados no tratamento de doenças, assim como a diminuição dos custos no tratamento da água para abastecimento, eliminação da poluição estética e melhoria no desenvolvimento e conservação ambiental.

Contudo, deve-se ressaltar que a coleta e tratamento de esgoto, é uma importante atividade no que se diz respeito à preservação do meio ambiente e a saúde da população. À medida que os indícios de poluição começam a surgir e causar impacto ambiental negativo, a necessidade de tratar efluentes torna-se imperativo. Atualmente é bastante visível a degradação de corpos hídricos devido ao lançamento de efluentes sem o devido tratamento.

Diante do exposto, necessário se faz o diagnóstico quanto à geração, tratamento e disposição final de efluentes gerados na Universidade Federal de Campina Grande, *Campus* CCTA, localizado no município de Pombal – PB com a finalidade de adequá-los aos padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira, uma vez que a região em que se encontra inserido o *Campus*, não é atendida por sistema coletivo de tratamento de esgoto. Com o objetivo de promover melhorias na qualidade do sistema

de tratamento de esgoto, assim também como atender às futuras populações universitárias com uma infraestrutura eficaz, foi proposto um sistema de tratamento que melhor se adeque às condições do local em estudo, para que a universidade passe a tratar seu próprio esgoto. Sendo assim, esse trabalho visa o dimensionamento para a população universitária do CCTA, de um sistema de tratamento de esgoto que utiliza Processo Anaeróbio com Reatores UASB seguido pelo processo de Lodo Ativado.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. GERAL

Apresentar proposta de sistema de tratamento de esgoto do *Campus Pombal* da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, tendo em vista minimizar os impactos ambientais decorrentes do lançamento de efluentes não tratados nos corpos hídricos receptores da cidade e a melhoria da qualidade de vida da população.

### 2.2. ESPECÍFICOS

- ✓ Fazer uma caracterização detalhada do *Campus Pombal/UFCG*;
- ✓ Apresentar a situação atual do esgotamento sanitário dentro do *Campus Pombal*;
- ✓ Diagnosticar os possíveis impactos ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto;
- ✓ Apresentar medidas mitigadoras que promovam a melhoria na qualidade do serviço;
- ✓ Apresentar alternativa de sistema de tratamento de efluentes para o *Campus* do CCTA.



### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento pode ser definido como o conjunto de medidas que objetiva preservar ou alterar o meio ambiente de forma a promover a prevenção de doenças, melhorar a qualidade de vida e contribuir positivamente na economia (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2009a). Uma conceituação também adotada define o saneamento como:

“Controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem estar físico, mental e social. É o conjunto de medidas adotadas em um local para melhorar a vida e a saúde dos habitantes, impedindo que fatores físicos de efeitos nocivos possam prejudicar as pessoas no seu bem-estar físico mental e social” (OMS, 2014).

O esgoto sanitário contém, aproximadamente, 99,9% de água, o restante, 0,1%, é a fração que inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como os microrganismos (VON SPERLING, 1996).

A disposição adequada dos esgotos é essencial à proteção da saúde pública e do meio ambiente. São inúmeras as doenças que podem ser transmitidas pela falta da disposição adequada de esgoto sanitário (NUVOLARI, 2003). Segundo a FUNASA (2004), sob o aspecto sanitário, o destino adequado dos dejetos humanos, visa, fundamentalmente, aos seguintes objetivos: evitar a poluição do solo e dos mananciais de abastecimento de água, propiciar a promoção de novos hábitos higiênicos na população, promover o conforto e atender ao senso estético.

No Brasil, 42% da população total é atendida por rede coletora de esgoto sanitário. São ao todo 70,94 milhões de brasileiros que produzem, diariamente, 14,57 milhões de metros cúbicos de esgoto. Deste total, apenas 39% são tratados, ou seja, apenas 5,14 milhões de metros cúbicos. A principal destinação do efluente tratado é o lançamento em corpo d'água, (PESQUISA NACIONAL DE SAÚDE, 2000).

O esgotamento sanitário é um problema que merece destaque pois sua falta possivelmente ira causar impacto ambiental negativo que causa diversos tipos de

danos como, por exemplo, o comprometimento das manutenções básicas de qualidade d'água para seus diversos usos. Este tipo de poluição tem origem principalmente no lançamento de esgotos domésticos ou industriais, assim como pode ser um problema decorrente de detritos no solo proveniente de escoamento superficial. Como consequência de tais ações podem ocorrer danos na saúde da população, causados muitas vezes por ingestão de alimentos provenientes de água contaminadas ou pelo contato direto com a água.

O elevado crescimento das demandas localizadas e a degradação da qualidade das águas são considerados os principais responsáveis pelos problemas de escassez hídrica no Brasil, tendo-se o segundo como mais preocupante, uma vez que a deterioração do recurso natural água, além de ocasionar diversos problemas na saúde pública e no meio ambiente, também desencadeia a redução da oferta de água para abastecimento (SETTI et al., 2000).

### 3.2. ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL

Estudos mostram que 48,6% da população tem acesso a coleta de esgoto e mais de 100 milhões de brasileiros não tem acesso a esse serviço. Mais de 3,5 milhões de brasileiros, nas 100 maiores cidades do país, despejam esgoto irregularmente, mesmo tendo redes coletoras disponíveis (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015). De acordo com tais informações, o saneamento básico ainda é muito escasso, merecendo destaque por ser uma atividade que quando não realizada de maneira adequada acarreta no surgimento de vários tipos de doenças.

O Brasil, e os demais países em desenvolvimento, apresentam registros de doenças, como, por exemplo, diarreias, cólera, dengue, hepatite, leptospirose, esquistossomose e várias outras parasitoses, provenientes do inadequado gerenciamento dos dispositivos de saneamento básico somado, na maioria dos casos, a sua inexistência (SOARES e MENESES, 2011).



Com relação ao tratamento de esgoto, apenas 39% dos esgotos dos países são tratados. Na TAB.1 observa-se o percentual das regiões brasileiras a qual o esgoto é devidamente tratado.

Tabela 1 – Percentual de Tratamento de Esgoto

<b>Regiões do Brasil</b>	<b>Esgoto tratado (%)</b>
Norte	0,14
Nordeste	0,288
Sudeste	43,9
Sul	55,6

Fonte: Estudo Trata Brasil “Ranking do Saneamento – 2015”.

De acordo com a TAB. 1 a região Norte apresenta-se na pior situação com relação ao esgoto tratado. A região Sul apresenta-se com um melhor desempenho quando comparada com as demais regiões, porém a media de esgoto tratado não atinge nem metade da população. Em termos de volume, as capitais brasileiras lançam 1,2 bilhões de m<sup>3</sup> de esgoto na natureza. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

Conforme visualizado, o saneamento básico apresenta-se com grande déficit, seja com relação à coleta de esgoto, seja pela sua forma de tratamento, dentre outras questões relativas ao assunto em estudo. Esse problema pode ainda ficar maior em virtude de alguns fatores, tais como: falta de políticas públicas no setor e a forma de atuação de alguns prestadores de serviços de esgotamento sanitário.

No Brasil, existe o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que, por meio da Resolução N.º 357, de 17 de março de 2005, estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes. Considerando a Constituição Federal de 1988 e a Lei n.º 6938, de 31 de agosto de 1981, que visam controlar o lançamento de poluentes no meio ambiente, proibindo aqueles que são considerados nocivos ou perigosos para os seres humanos e outras formas de vida.

A Resolução CONAMA 357, em seu Capítulo IV, Artigos 24, e 34 e respectivos incisos, determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água (rios, lagos, etc.) depois do devido tratamento e desde que obedeçam às condições, aos padrões e às exigências



dispostos na referida Resolução. Já no Artigo 35, é estipulado que o órgão ambiental competente poderá, quando a vazão do corpo de água estiver abaixo da vazão de referência, estabelecer restrições e medidas adicionais, de caráter excepcional e temporário, aos lançamentos de efluentes que possam, dentre outras consequências, acarretar efeitos tóxicos agudos em organismos aquáticos, e/ou inviabilizar o abastecimento das populações. Vale considerar, também, as peculiaridades que variam em cada região do país, sendo que os estados podem possuir normas diferentes desde que sejam mais restritivas que a Resolução que possui caráter federal

### 3.3. PROCESSOS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO

Atualmente, existem inúmeros processos para o tratamento de esgoto, individuais ou combinados. A decisão pelo processo a ser empregado, deve-se levar em consideração, principalmente, as condições do curso d'água receptor (estudo de autodepuração e os limites definidos pela legislação ambiental) e da característica do esgoto bruto gerado. É necessário certificar-se da eficiência de cada processo unitário e de seu custo, além da disponibilidade de área (IMHOFF e IMHOFF, 1996).

Von Sperling (1996) cita que os aspectos importantes na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade. Cada sistema deve ser analisado individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica.

O processo de tratamento de esgoto é formado por uma série de operações unitárias empregadas com objetivo de remover as substâncias indesejáveis, ou para transformá-las em outra forma aceitável. A remoção dos poluentes no tratamento, de forma a adequar o lançamento a uma qualidade desejada ou ao padrão de qualidade estabelecido pela legislação vigente, está associada aos conceitos de nível e eficiência de tratamento (COPASA,2013).

## a) TRATAMENTO PRÉ-LIMINAR

São dispositivos usados na chegada do esgoto à estação de tratamento para remoção dos sólidos grosseiros e da areia. Compreendem, portanto, processos de separação grosseira de sólidos, gradagem ou gradearmento (compostos por grades grossas, grades finas e/ou peneiras rotativas ou trituradoras), desjordanamento nas chamadas caixas de gordura ou em pré-decantadores. Retiram-se os sólidos grosseiros, principalmente para proteger os dispositivos de transporte dos esgotos. A remoção da areia é realizada nos desarenadores, por meio de sedimentação, há processos manuais e mecanizados para a retirada e o transporte da areia sedimentada e acumulada nessas unidades. Nesta fase, o esgoto é preparado para as fases de tratamento subsequentes podendo ainda ser necessário um pré-arejamento ou uma equalização (mistura e fluxo constante) tanto de cargas poluentes como de vazão.

Além destas unidades de remoção, inclui-se também uma unidade de medida de vazão geralmente em uma calha parshall (calha de dimensões padronizadas), onde o valor medido do nível do líquido pode ser correlacionado com a vazão. Tais remoções são necessárias para: evitar desgastes nos equipamento e tubulações, evitar o assoreamento da unidade que pode comprometer sua vida útil, eliminar ou reduzir a possibilidade de entupimento em tubulações, tanques, orifícios, facilitar o transporte líquido (JUNIOR, 2014).

## b) TRATAMENTO PRIMÁRIO

Apesar de o esgoto apresentar ligeiramente aspecto mais razoável após o pré-tratamento, possui ainda, praticamente inalteradas, as suas características poluidoras. Inicia-se então o tratamento propriamente dito. A primeira fase de tratamento é designada por tratamento primário, onde a matéria poluente pode ser separada da água por sedimentação. Após o tratamento primário, a matéria poluente que permanece na água é de reduzida dimensão, normalmente constituída por coloides (pequenas



partículas), não sendo por isso passível de ser removida por processos exclusivamente físico-químicos.

No tratamento primário, além do tratamento preliminar, pode-se incluir sedimentação simples (decantação primária), digestão de lodos, secagem e disposição no terreno, incineração ou afastamento dos lodos resultantes, ou ainda utilização de filtros-prensa para secagem e tratamento dos lodos. Após passarem pelas grades e caixas de areia, o efluente preliminar pode se dirigir para decantadores ou fossas sépticas enquanto os lodos produzidos são encaminhados aos digestores ou leitos de secagem. O tratamento é dito primário porque remove cerca de 30 a 40% de bactérias patogênicas, de 30 a 40% de DBO e de 60 a 70% de sólidos em suspensão através de decantação, flotação, secagem ou digestão. O principal objetivo deste processo é a remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis, materiais flutuantes e parte da matéria orgânica em suspensão (JUNIOR, 2014).

#### c) TRATAMENTO SECUNDÁRIO

O tratamento secundário de efluentes destina-se primordialmente a degradação biológica de compostos carbonáceos. Por ação dos microrganismos, os processos biológicos oxidam constituintes biodegradáveis particulados e dissolvidos, capturam e incorporam sólidos coloidais não sedimentáveis e suspensos para o interior dos flocos biológicos ou biofilme. Geralmente esse tipo de tratamento consiste de reatores do tipo lagoas de estabilização, lodo ativado, filtro biológico ou variante. Estes reatores são normalmente constituídos por tanques (de formas variadas) com grande quantidade de microrganismos aeróbios ou anaeróbios. O efluente do reator contém ainda matéria orgânica remanescente e grande quantidade de microrganismos, sendo muitas vezes necessário um tratamento terciário (JUNIOR, 2014).

#### d) TRATAMENTO TERCIÁRIO

Normalmente antes do lançamento final no corpo receptor é necessário preceder à desinfecção das águas residuárias tratadas para a remoção dos microrganismos ou,

em casos especiais, a remoção de determinados nutrientes como o nitrogênio e fósforo, que podem potencializar, isoladamente e/ou em conjunto a degradação dos corpos d'água. Essa etapa de remoção de microrganismos e nutrientes do esgoto chama-se tratamento terciário. As etapas de tratamento terciário são: desnitrificação, remoção de fósforo e desinfecção (LIMA, 2014).

- ✓ Desnitrificação: requer condições anóxicas (baixa concentração de oxigênio) para que as comunidades biológicas apropriadas se formem. A desnitrificação é facilitada por um grande número de bactérias. Métodos de filtragem em areia, lagoa de polimento, etc. pode reduzir a quantidade de nitrogênio. O sistema de lodo ativado, se bem projetado, também pode reduzir significativa parte do nitrogênio;
- ✓ Remoção de fósforo: pode ser feita por precipitação química, geralmente com sais de ferro (ex. cloreto férrico) ou alumínio (ex. sulfato de alumínio). O lodo químico resultante é difícil de tratar e o uso dos produtos químicos torna-se caro. Apesar disso, a remoção química de fósforo requer equipamentos muito menores que os usados por remoção biológica;
- ✓ Desinfecção: pode ser através do método de cloração (o de menor custo e de elevado grau de eficiência em relação a outros).

### 3.5. REATOR UASB

A anaerobiose é um dos processos mais antigos usados para o tratamento de matéria orgânica presentes em despejos domésticos, tendo sido inicialmente aplicado para estabilização de lodos e efluentes concentrados, desenvolvimentos tecnológicos permitem a extensão da aplicação de processos anaeróbios para o tratamento de esgotos sanitários. O processo de tratamento por Reator UASB tem sido utilizado com sucesso em países tropicais, havendo, também resultados favoráveis em países subtropicais e regiões com clima temperado (Seghezze et. Al., 1998). A aplicabilidade de processos anaeróbios para tratamento de águas residuárias tem sido amplamente comprovado e, é aplicado em diferentes configurações.



O processo de tratamento de efluente por reator UASB apresenta algumas vantagens e desvantagens. Como vantagens apresenta: simplicidade na construção e operação, ocasionando um baixo investimento e custo operacional, baixo consumo de energia (sem aeração), o reator RALF/UASB pode ser aplicado para qualquer população, o excesso de produção de lodo é baixo, o lodo produzido é bem estabilizado, produz metano que poderá ser utilizado para fins energético, a alimentação do reator pode ser paralisada por meses, sem prejuízo na eficiência do tratamento. Desvantagens: a remoção de DBO é limitada de 70 a 80%, o processo somente se aplica a esgotos com temperaturas maiores que 15 °C, o processo é afetado por um grande número de compostos químicos, as partidas das ETEs levam de 3 a 4 meses, remoção de nutrientes é baixa, remoção de Coliformes e Patógenos é baixa (BAREA, 2006).

### 3.6. LODO ATIVADO

O sistema de lodo ativado é utilizado para o tratamento de efluentes sanitários e industriais principalmente quando o efluente possui alta carga poluidora e se deseja que haja uma elevada qualidade no efluente tratado (VON SPERLING, 1997). O princípio básico do processo de lodo ativado é a depuração da matéria orgânica por microrganismos aeróbicos. Existem muitas variantes no processo de lodos ativados e os sistemas podem ser classificados de acordo com a idade do lodo (lodo ativado convencional ou aeração prolongada); de acordo com o fluxo (fluxo contínuo ou intermitente) ou ainda de acordo com objetivos do tratamento (remoção de carbono ou remoção de carbono e nutrientes) (VON SPERLING, 1997).

### 3.7. DECANTADOR SECUNDÁRIO

No decantador secundário ocorre a sedimentação das partículas sólidas que ainda restaram no sistema e por fim, essa biomassa sedimentada é retornada para o

reator por meio de bombeamento (reciclo de lodo), aumentando a concentração de biomassa no mesmo (VON SPERLING, 1997).

### 3.8. IMPACTO AMBIENTAL

De acordo com Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, impacto ambiental é definido como sendo:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

Os impactos ambientais podem ser positivos quando benéficos ou negativos quando são adversos, e podem ainda proporcionar ônus ou benefícios sociais.

### 3.9. ESTUDOS DE CASO

Abreu e Sá (2014) realizaram um dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto para a escola politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tendo em vista que tais autores utilizaram para o dimensionamento da ETE de tal universidade o Processo Anaeróbico com Reatores UASB seguido pelo processo de lodo ativado como forma de tratamento. O processo com reatores UASB gerou uma eficiência na remoção de DBO de 65% a 75%, não atendendo satisfatoriamente a legislação da cidade do Rio de Janeiro, logo para alcançar a eficiência mínima foi utilizado como pós-tratamento o processo de lodo ativado alcançando uma eficiência de 90% com relação à eliminação da matéria orgânica presente no mesmo.

Queiroz (2014) avaliou a utilização de um reator de algas imobilizadas como pós-tratamento de efluentes secundário oriundo do UASB/FA para a remoção de nutrientes e indicadores microbiológicos da Universidade Estadual da Paraíba. Os resultados indicaram que as algas imobilizadas se apresentam como uma alternativa promissora no pós-tratamento de efluentes produzidos num conjunto de reatores anaeróbios, quanto a remoção de nutrientes e coliformes termotolerantes.



Amorim (2012), em um trabalho realizado na pequena comunidade da cidade de Juazeiro no norte do estado da Bahia tendo em vista que o mesmo fez o uso do sistema de tratamento por lagoas facultativas. Após a realização de tal sistema de tratamento o afluente final foi submetido a análises laboratoriais objetivando avaliar a eficiência de tratamento de tais lagoas facultativas. As análises foram realizadas em um período de aproximadamente 3 meses e os parâmetros em análises foram parâmetros físico-químicos e matéria orgânica presente no afluente final do tratamento. Os parâmetros de qualidade de efluentes das lagoas de estabilização apresentaram valores de pH permitidos pelo Conama 357. As lagoas apresentam eficiência na remoção de coliformes, no entanto esses valores ainda são superiores ao permitido pelo Conama nº 357, onde os limites de lançamento devem estar de acordo com o tipo de classe o qual o rio pertence. Com relação à DBO, o sistema apresentou eficiência na remoção de tal parâmetro, quanto a DQO maior degradação nos dois primeiros meses.

A Universidade Federal do Rio Grande do Norte faz uso do valão de oxidação, decantador, sistema de cloração a gás e leitos de secagem de desidratação do lodo digerido, como forma de tratamento dos efluentes gerados pela população acadêmica. Foram feitas análises em vários pontos de amostragem e os parâmetros pesquisados foram temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO5), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e coliformes fecais (CF). O esgoto tratado apresentou características satisfatórias em termos de remoção de carga orgânica e microbiológica, comportamento normal para condições de reúso, com DBO5 média de 8 mg/l, DQO média de 65 mg/l, nitrogênio amoniacal médio de 6,4 mg/l, nitrato médio de 4,5 mg/l, nitrito médio de 2,5 mg/l e coliformes fecais médio de 1 ufc/100ml. Os valores de pH observados se situaram próximo à faixa neutra. Quanto à liberação de odores, não foi observada sua ocorrência. Tais resultados mostram que o esgoto tratado do sistema em estudo apresentou uma concentração desejável, não havendo restrições quanto a seu uso na irrigação (BEZERRA, 2004).

Segundo Magri (2003), a Universidade Federal de Lavras faz uso do sistema de tratamento de efluentes com reatores Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactor (UASB)

e filtros biológicos submersos (FBS), um dos sistemas mais modernos e eficientes de tratamento de esgoto. Tendo como resultado uma eficiência na remoção de matéria orgânica em um curto período de tempo. A água tratada permitirá o reuso e abastecimento da barragem de alimentação da ETA/ UFLA, podendo ser utilizada em descargas de vasos sanitários e lavagem de ambientes externos, além de irrigação. O lodo proveniente da ETE é útil para a produção agrícola. Já o biogás resultante do tratamento pode ser utilizado no próprio sistema como energia alternativa, produzindo energia elétrica ou para aquecimento do efluente.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

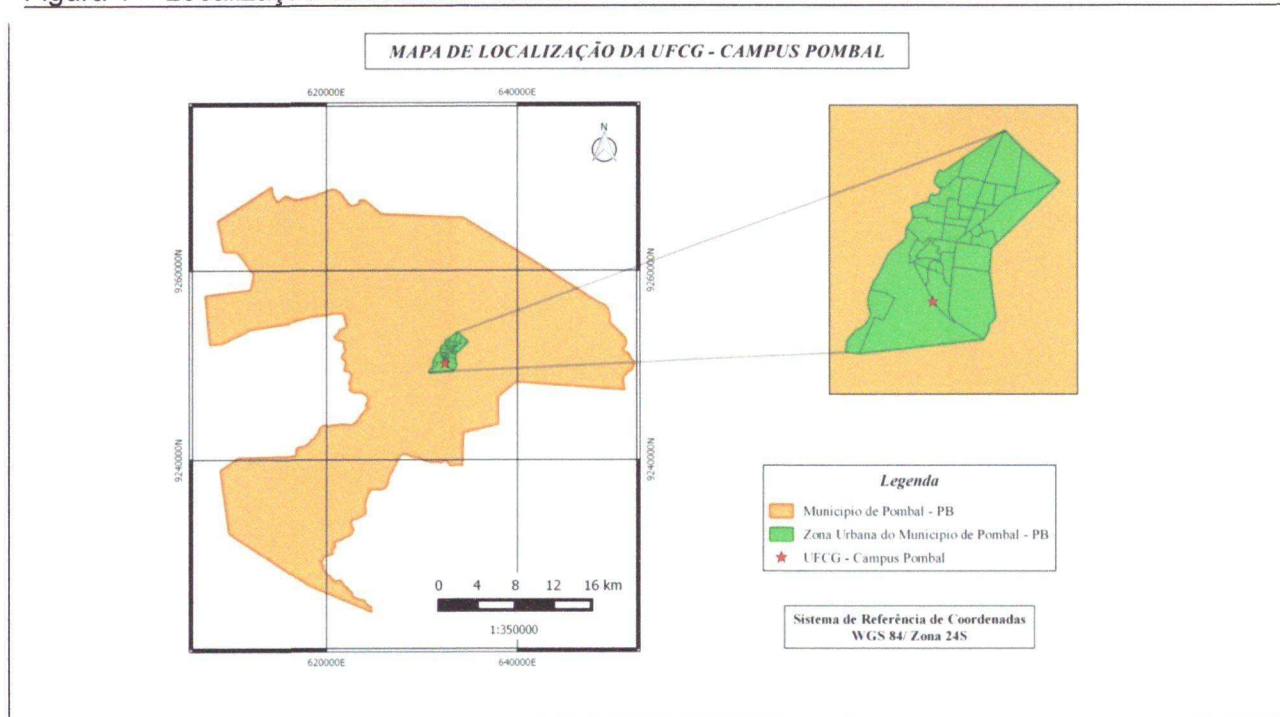
A metodologia utilizada no referido trabalho foi baseada em pesquisas bibliográficas em livros, periódicos e outras fontes científicas relacionadas ao assunto. Fez-se também o uso de entrevistas informais aos alunos e aos funcionários do *Campus* do CCTA, com o intuito de fazer um levantamento prévio das condições de tratamento e disposição final dos esgotos.

##### **4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Este estudo foi desenvolvido no *Campus* de Pombal da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, localizado na cidade de Pombal FIG. 1, que se situa na região oeste do estado da Paraíba e na Mesorregião do Sertão Paraibano. O referido campus tem 15,55 ha de área e compreende um ambiente típico do bioma caatinga (ISMAEL, 2014).



Figura 1 – Localização da Área de Estudo



Fonte: Autoria própria, (2015).

#### 4.2. SITUAÇÃO ATUAL DO ESGOTAMENTO SANITÁRIO DENTRO DO CAMPUS POMBAL

O levantamento da situação atual do esgotamento sanitário do *Campus* do CCTA foi realizado por meio de visitas *in loco*, fotografias, documentação, produções bibliográficas já realizadas sobre o tema e questionários informais aos alunos e funcionários do referido campus, também foram elencadas informações da subprefeitura do referido Campus.

#### 4.3. POSSÍVEIS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO ATUAL SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Feito o levantamento da situação atual do *Campus*, foram diagnosticados os possíveis impactos ambientais decorrentes do atual sistema de esgotamento sanitário

do CCTA. Esse diagnóstico foi realizado por meio de visitas em toda a área de estudos e referências bibliográficas já realizadas na área.

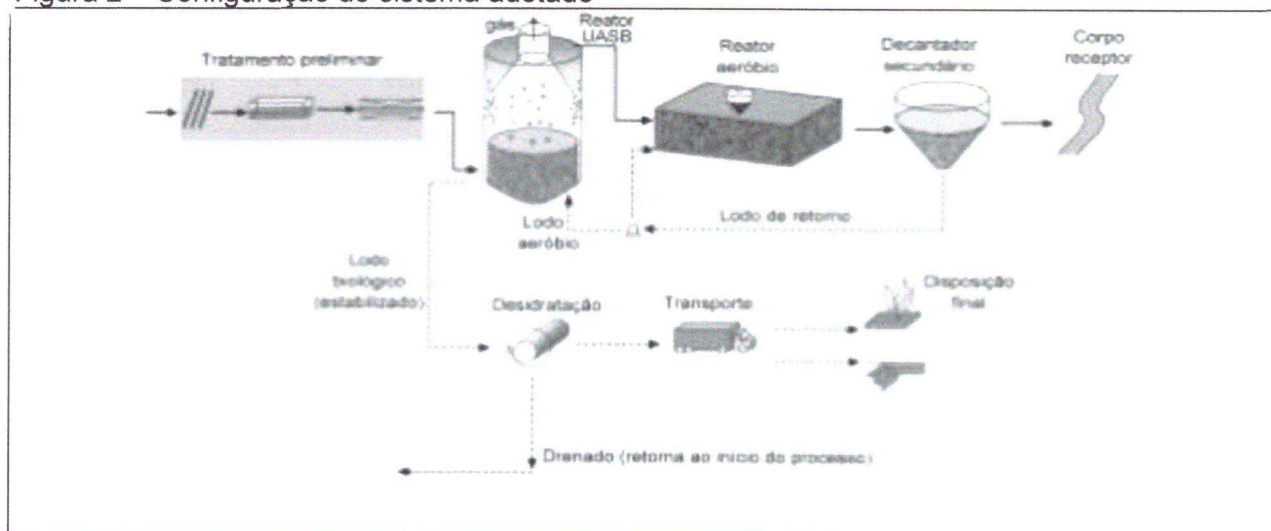
#### 4.4. MEDIDAS MITIGADORAS QUE PROMOVAM A MELHORIA NA QUALIDADE DO SERVIÇO

Medidas mitigadoras são aquelas destinadas a corrigir impactos ambientais negativos ou reduzir sua magnitude, tais medidas foram propostas com o objetivo de melhorar as condições estéticas e sanitárias do *Campus*. As medidas mitigadoras do presente trabalho foram indicadas com o auxílio de consultas a trabalhos técnicos e científicos realizados na área.

#### 4.5. ALTERNATIVA DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA O CAMPUS DO CCTA

O sistema aqui proposto segue o estabelecido na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 12.209/2011 que versa sobre a ELABORAÇÃO DE PROJETOS HIDRÁULICOS – SANITÁRIOS de estações de tratamento de esgotos sanitários e é composto das unidades de tratamento preliminar: grades e desarenadores, reator anaeróbio UASB, lodo ativado e decantador secundário (FIG. 2).

Figura 2 – Configuração do sistema adotado



Fonte: Sperling (2002).

#### 4.6. UNIDADE DE TRATAMENTO ANAERÓBIO – REATOR UASB

O processo de tratamento de esgoto via reator UASB consiste no contato direto dos mesmos com uma camada de biomassa formada no interior do reator. Neste sistema o lodo formado encontra-se suspenso, agregado na forma de floco ou grânulo. O tratamento do esgoto se dá com fluxo ascendente. As bactérias formam uma manta de lodo no interior do reator e o esgoto em contato com a manta difunde-se através de sua superfície, sendo então separados formando produtos sólidos, gases e líquidos.

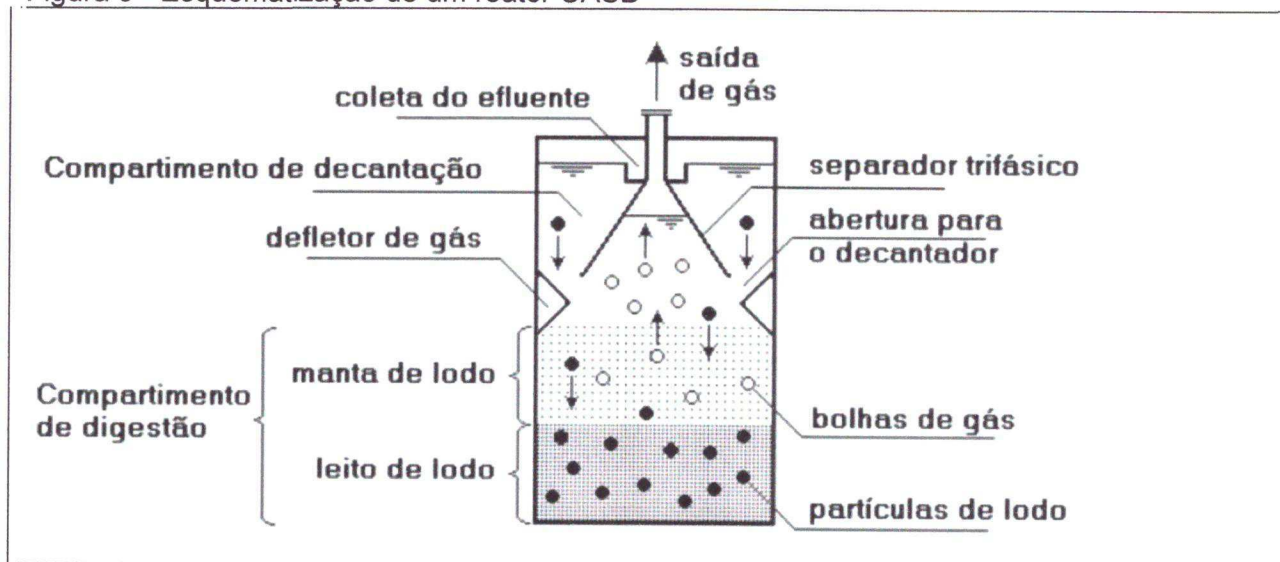
Para que o sistema opere de forma eficiente alguns pontos devem ser levados em consideração: a camada de lodo deve permanecer no interior do reator por um tempo de permanência mais elevado que o tempo de detenção hidráulico. Assim, pode-se destacar para o tratamento: grande acumulação de biomassa no interior do reator, máximo contato entre a biomassa e o substrato, separação adequada entre sólidos, líquido e biogás, através de um separador trifásico (ABREU E SÁ, 2014).

##### 4.6.1. Funcionamento

O reator UASB em sua coluna ascendente consiste de um leito de lodo, uma zona de sedimentação, e um separador de fase (FIG. 3).



Figura 3 - Esquematização de um reator UASB



Fonte: Chernicharo e lemos (2007)

O separador de fases tem a finalidade de dividir a zona de digestão (parte inferior), onde se encontra a manta de lodo responsável pela digestão anaeróbia, e a zona de sedimentação (parte superior). A água residuária, que segue uma trajetória ascendente dentro do reator, desde a sua parte mais baixa, atravessa a zona de digestão escoando a seguir pelas passagens do separador de fases e alcançando a zona de sedimentação. O efluente após entrar no processo e ser distribuído pelo fundo do reator UASB, flui pela zona de digestão, onde se encontra o lodo, ocorrendo a mistura do material orgânico presente na água com o lodo.

Os sólidos orgânicos após passarem por tal procedimento são transformados em compostos mais simples, pois esses compostos foram quebrados, biodegradados e digeridos através da decomposição anaeróbia, tendo como resultado a produção de biogás e o crescimento da massa bacteriana. O biogás e o líquido seguem em trajetória ascendente, após ultrapassarem a camada de lodo e vão em direção ao separador de fases. Um dos principais levantamentos com relação ao reator UASB é que ele faz os dois processos aos quais são pré-requisitos para uma digestão anaeróbia eficiente, (I) através do escoamento ascendente do afluente passando pela camada de lodo, assegura um contato intenso entre o material orgânico e o lodo e (II) o decantador interno garante a retenção de uma grande massa de lodo no reator (van Haandel e

Catunda,1995). Devido ao processo de tratamento ocorrer na forma de fluxo ascendente a estabilização da matéria orgânica ocorre na zona de manta de lodo, não havendo necessidade de dispositivos de mistura (OLIVA, 1997).

#### **4.6.2. Fases do processo anaeróbio**

- Hidrólise: rompimento das cadeias polímeras, em compostos mais simples, em nível de monômeros, cujo tamanho permite a passagem do mesmo através da membrana celular;
- Acidogênese: os monômeros que são os produtos da hidrólise são então reduzidos a ácidos graxos voláteis,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$  mediante um processo intracelular de oxidação redução. Estas reduções são possíveis por ação catalizadora de um grupo de bactérias chamadas de acidogênicas;
- Acetogênese: na continuação outro grupo de bactérias denominadas acetogênicas transformam os compostos anteriores em acetato. De forma similar a etapa anterior neste passo se produz  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$
- Metanogênese: outro grupo de bactérias, as metanogênicas, cumprem a função de transformar o acetato em metano. Além do metano (= 70%) e  $\text{CO}_2$  (= 30%) o biogás contém outros gases como nitrogênio, hidrogênio e ácido sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) com concentrações inferiores a 1%.

#### **4.6.3. Componentes do reator UASB (Abreu e Sá, 2014)**

- I. Câmara de digestão: local onde o esgoto entra no sentido ascendente ocorrendo o acúmulo e a decomposição anaeróbia da matéria orgânica;
- II. Separador de fases: separa as fases sólidas, da líquida e gasosa;

- III. Zona de sedimentação: local do reator em que ocorre a sedimentação das partículas sólidas, o esgoto entra pela parte inferior e alcança os vertedores da superfície.
- IV. Zona de acumulação de gás: na zona de digestão ocorre a produção de gás, que passa pelo separador trifásico e é coletado na zona superior de acumulação.

#### 4.6.4. Critérios para se obter uma boa eficiência no tratamento com reator UASB

Fundamentalmente um dos aspectos mais importantes é o da manutenção dentro dos reatores, assim como manter a biomassa adaptada com uma elevada atividade microbiana e resistência a choques. Um dos aspectos mais importantes nesse tipo de tratamento é sua habilidade em desenvolver e manter o lodo de elevada atividade e boas características de sedimentação.

O tempo de detenção hidráulico (TDH) também é de fundamental importância. Para temperaturas de aproximadamente 20 °C, o TDH pode variar entre 6 a 16 horas (Lettinga & Hulshoff Pol, 1991). Estudos mostram que com reatores operando a uma temperatura de 25 °C e alimentados por esgoto doméstico, tendo alcalinidade relativamente alta, mostram que o TDH da ordem de 4 horas não afeta o desempenho desses reatores. A TAB. 2 pode ser visualizada a relação entre o tempo de detenção hidráulico e a temperatura do esgoto.

Tabela 2 – Relação entre temperatura e TDH

Temperatura do esgoto °C	TDH
16 – 19	7-9
20 – 26	4 - 6
>26	4

Fonte: Lettinga e Hulshoff Pol (1991)

#### 4.6.5. Lodo gerado no UASB



O desenvolvimento do lodo anaeróbio é resultante da transformação da matéria orgânica no sistema. Como o crescimento dessa biomassa é contínuo isto implica em uma necessidade de descarte desse lodo, evitando assim a perda da eficiência na qualidade do efluente, já que se tiver muito lodo acumulado pode correr o risco de arraste de algumas partículas sólidas, não desejados. Em função da baixa taxa do volume gerado no processo anaeróbio, cerca de 0,10 a 0,20 kg SST/ kg DQO<sub>afluente</sub> (CAMPOS, 1999), neste aspecto o sistema anaeróbio se torna mais vantajoso.

O lodo gerado no UASB é formado por microrganismos presentes no sistema sendo estes em alta concentração, tais microrganismos ficam aderidos uns aos outros, formado assim os flocos ou grânulos sedimentáveis, denominados de lodo.

#### **4.6.6. Geração de gás no reator**

A produção de biogás é relativamente pequena, quando o afluente é esgoto sanitário, pois a concentração de material biodegradável é relativamente baixa e parte do biogás permanece dissolvida na parte líquida (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Com relação aos dispositivos utilizados no processo, as câmaras de gás do reator devem ser impermeáveis ao gás, protegidas e resistentes contra corrosão (NBR 12.209/2011). Ainda segundo a norma, quando o biogás coletado não for aproveitado, o mesmo deve ser queimado preferencialmente com queima completa. Em caso que vá ocorrer o aproveitamento do biogás, deve ser previsto, além das unidades próprias do aproveitamento, pelo menos um queimador como unidade de segurança.

#### **4.7. UNIDADE DE TRATAMENTO AERÓBIO – LODO ATIVADO**

O sistema de lodo ativado é muito utilizado principalmente quando se deseja uma elevada qualidade do efluente, em situações em que se tem baixo requisito de área. Também apresenta como vantagem maior eficiência no tratamento, maior índice de mecanização e uma alta flexibilidade operacional, no entanto, o sistema apresenta

algumas desvantagens por apresentar elevada complexidade operacional e alto consumo energético (SPERLING, 1996).

Tal sistema consiste em um processo biológico no qual o esgoto afluente e o lodo ativado são intimamente misturados, agitados e aerados, ocorrendo a decomposição da matéria orgânica pelo metabolismo das bactérias presentes. O lodo ativado é o floco produzido num esgoto bruto ou decantado pelo crescimento de bactérias na presença de oxigênio dissolvido, e é acumulado em concentração suficiente pelo retorno de outros flocos previamente formados. Desta forma o esgoto tratado caracteriza o efluente final enquanto o lodo ativado retorna ao processo. Caso haja excesso de lodo este é retirado e destinado a um tratamento específico ou disposição final. A eficiência do processo gira em torno de 85% a 95% (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

#### 4.8. REATOR UASB SEGUIDO POR LODO ATIVADO

O sistema de reator UASB tem sido utilizado em larga escala principalmente no tratamento de efluentes domésticos, por apresentar baixo consumo de energia, baixo consumo de lodo, é um sistema de baixo custo como também necessita de uma pequena área de operação. Entretanto efluentes gerados no tratamento UASB não atendem de forma satisfatória a alguns padrões estabelecidos pela legislação ambiental brasileira, fazendo-se necessário o uso do lodo ativado como forma de pós-tratamento de afluente, onde a soma dos dois sistemas de tratamento promovem uma eficiência maior em todo o processo girando em torno de 85% a 95% (SPERLING, 2002).

No processo de lodo ativado atuando como forma de complemento do reator UASB, o reator ocupa o lugar do decantador primário minimizando a área que seria ocupada por toda a ETE. Tendo em vista que o reator UASB é precedido de um tratamento preliminar, sendo ele: gradeamento grosso e fino ambos para a retirada de sólidos grosseiros e flutuantes que possam prejudicar o funcionamento do sistema de tratamento, em seguida devem passar por uma caixa de areia, e posteriormente uma Calha Parshall para medição da vazão.

A seguir é apresentada a descrição de cada unidade que compõe o sistema proposto.



## 5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PROPOSTO

No que tange ao método utilizado para dimensionamento do sistema de tratamento proposto no presente trabalho, em primeiro lugar se obteve os dados necessários para realização do sistema, como: dados da população universitária adquiridos na coordenação de cada curso, assim como também na subprefeitura do referido campus. Também foram realizadas pesquisas referentes ao assunto e técnicas de dimensionamento propostas pela ABNT, ambos para obter os demais dados em estudo.

### 5.1. POPULAÇÃO TOTAL

A população universitária (estudantes, professores servidores, técnicos e terceirizados) atual é de 1232 habitantes, conforme disposto na TAB. 3.

Tabela 3 – População acadêmica

	Eng. Ambiental	Eng. De alimentos	Agronomia	Eng. Civil	Residentes	Mestrado	Terceirizados
Alunos	253	219	237	98	91	165	64
Professores	30	22	19	13			
Técnicos	6	5	9	1			

Fonte: Autoria própria (2016)

Segundo informações obtidas junto à direção do centro, existe a possibilidade da criação dos cursos de graduação em Engenharia Química e Arquitetura. Tendo em vista a garantia do sistema a longo prazo, foi considerado para efeito de projeto o dobro da população atual, sendo esta de 2464 habitantes. Divididos entre permanentes (residentes) e temporários (professores, funcionários e estudantes que não residem na residência universitária), respectivamente 182 e 2282. Para o dimensionamento das partes constituintes do sistema de tratamento de esgoto, faz-se necessário determinar os valores de vazões média e instantânea descritos a seguir:

*i. Vazão média ( $Q_m$ )*

$$Q_m = P \cdot q \cdot C$$

Onde:

**P** - População (2464 habitantes);

**q** - Contribuição de esgoto per capita,

130 l/hab.dia para habitantes permanentes e

50 l/hab.dia para os habitantes temporários (NBR 7.229);

**C** - Coeficiente de retorno da água, adotou-se o coeficiente de 1 (NBR 9648).

*ii. Vazão média total ( $Q_{med.total}$ )*

Considerando que o campus universitário apresenta uma população com características diferentes, aqui classificadas como permanente (residentes) e temporária (não residentes), levou-se em consideração dois valores de contribuição de esgoto que foram respectivamente de: 130 l/hab.dia e 50 l/hab.dia conforme a NBR 7.229, para tanto a vazão média total foi igual ao somatório das vazões médias dos permanentes e temporários.

$$Q_{med.total} = Q_{med.perm.} + Q_{med.temp}$$

*iii. Vazão instantânea ( $Q_i$ )*

$$Q_i = Q_m \cdot K_1 \cdot K_2$$

Onde:

**$Q_m$**  - vazão média total;

**$K_1$**  - coeficiente do dia de maior consumo (1,2);

**$K_2$**  - coeficiente da hora de maior consumo (1,5)

## 5.2. UNIDADES DE TRATAMENTO PRELIMINAR

A primeira etapa do tratamento de esgotos consiste na remoção dos sólidos grosseiros e da areia presentes no esgoto bruto, para isso são usados grades e caixa de areia, descritos a seguir:

### a. Gradeamento

Alguns fatores devem ser previamente obedecidos para evitar danos nos equipamentos devido à passagem de material grosseiro, assim como também ter um aumento da eficiência do sistema de tratamento.

- i. Retirar periodicamente o material retido nas barras;
- ii. Depositar o material retirado em local devidamente adequado – caçambas, recipientes tampados, onde tais locais devem ser fora do acesso de insetos, especialmente moscas;
- iii. Executar regularmente a manutenção dos equipamentos, tais como lubrificação de engrenagens e substituição de peças desgastadas;
- iv. Utilizar dispositivos para minimização de impactos pela emissão de odores, tais como aspersão de produtos biológicos que são comercializados ou pelo fechamento do canal de chegada, já que a estação será próxima à população universitária;
- v. Encaminhar o material retido para disposição final adequada

Para o dimensionamento das grades grossas devem ser considerados:

**Vazão máxima ( $Q_i$ ):** corresponde a vazão final do esgoto sanitário encaminhado a ETE. De acordo com a NRB 12.209/2011 a vazão de dimensionamento das grades deve ser a vazão máxima afluente a ETE,  $2,86 \text{ L/s} = 2,86 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ .

**Velocidade máxima ( $V_{m_{ax}}$ ):** de acordo com a NBR 12.209/2011 a velocidade máxima deverá ser de 1,20 m/s. Será adotada a velocidade de 1m/s.



A velocidade em que o afluente passará pelas grades não pode ser muito alta para não arrastar o material previamente retido, assim não pode ser tão baixa, a fim de não permitir o acúmulo de material de sedimentação.

**Inclinação da barra ( $lb$ ):** de acordo com a NBR 12.209/2011 a inclinação deve variar entre  $60^\circ$  e  $90^\circ$ , neste trabalho será adotada a inclinação de  $60^\circ$ .

**Espaçamento entre barras ( $E_b$ ):** o espaçamento entre barras é adequadamente projetado para reter o material que se pretende remover, com baixa perda de carga. De acordo com a NBR 12.209/11, o espaçamento entre barras grossas deverá ser de 40 mm a 100 mm, será adotado um valor de 50 mm.

**Espessura da barra ( $E_{speb}$ ):** segundo JORDÃO E CONSTANTINO (2011) as barras devem ser robustas para suportar o impacto devido a procedimentos operacionais e possíveis acúmulos de materiais retidos. Será adotado um valor de 9,5 mm de espessura, tal valor é típico para barras grossas.

**Altura da grade ( $h$ ):** De acordo com a inclinação e o comprimento da grade é calculada a altura da grade. A altura da grade será de 0,50 m.

**Perda de carga ( $P_c$ ):** de acordo com a NBR 12.209/11, a perda de carga mínima para permitir o fluxo normal dos esgotos a ser considerada no cálculo para grades de limpeza manual é de 0,15 m.

**Eficiência da grade grossa ( $E_{gg}$ ):** a eficiência das grades é função da espessura das barras e do espaçamento entre elas.

$$E = \frac{a}{a + t}$$

Tal que:

a = espaçamento entre barras (50 mm)

t = espessura de barras (9,5mm)

**Área útil (AU):** é a superfície de contato por onde o esgoto passa.

$$Au = \frac{Qi}{vel. max.}$$

De maneira que:

Qi = vazão instantânea (2,86 l/s)

Vel. Max. = velocidade máxima (1m/s)

**Seção transversal do canal (Stc):** corresponde a área de passagem transversal do efluente no canal. Será considerada altura de borda livre de 0,30 m (NBR 12.209/2011) acima da altura da grade, logo a seção transversal é dada pelo quociente entre a área útil e a eficiência da grade.

**Largura do gradeamento grosso (Lgg):** calculada para atender à área transversal necessária, juntamente com a altura do canal. (Seção adotada = 0,10 m<sup>2</sup>).

$$Lgg = \frac{Stc}{h}$$

Sendo:

Stc = seção transversal do canal

h = altura da grade

Para o dimensionamento das grades finas deve-se considerar:

**Espaçamento entre barras (Eb):** o espaçamento entre barras é devidamente projetado para se remover partículas sólidas de menor diâmetro. O espaçamento para a grade fina deve ser de 10 mm a 20 mm (NBR 12.209/2011). Será adotado nesse trabalho um espaçamento de 12 mm.

**Espessura da barra (E<sub>speb</sub>):** serão adotadas barras de 8 mm de espessura, sendo este valor típico para barras finas (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

**Altura da grade (h):** a altura da grade fina será a mesma altura da grade grossa para facilitar a construção. Sendo assim a altura da grade fina será de 0,50 m.

**Perda de carga (Pc):** a perda de carga mínima a ser considerada no cálculo será de 0,15 m para limpeza manual (NBR 12.209/2011).

**Eficiência da grade fina (Egf):** determinada através da qualidade do esgoto a jusante, observando-se a não obstrução das barras, o fluxo normal do esgoto, assim também como a perda de carga mínima. A eficiência da grade fina é de 71,42%.

$$E = \frac{\text{Espaçamento entre barras}}{\text{Espessura da barra} + \text{espaçamento entre barras}}$$

**Área útil (AU):** superfície de contato por onde o esgoto passa, sendo esta de 0,003 m<sup>2</sup>.

**Seção transversal do canal (Stc):** área de passagem transversal do afluente no canal. Seção transversal é: 0,10 m<sup>2</sup>.

**Largura do gradeamento fino (Lgf):** calculada para atender a área transversal necessária. A largura será de 0,2 m



As grades de barras, peneiras e respectivos dispositivos de limpeza e remoção dos sólidos retidos devem ser constituídas de materiais resistentes à corrosão e abrasão, tais como ligas de aço inox 304 ou superior e resinas de plástico (NBR 12.209/2011).

#### b. Caixa de areia (desarenador)

Visa remover areia para evitar abrasão nos equipamentos e tubulações, eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução nas instalações do sistema e facilitar o transporte do líquido.

**Velocidade de sedimentação (Vs):** a velocidade de sedimentação adotada será de acordo com a velocidade crítica, ocorrendo o arraste das partículas que se deseja reter, ou até mesmo, daquelas partículas já sedimentadas, onde tais partículas estão sujeitas a essa velocidade (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011).

Será adotada a velocidade de sedimentação de 0,23 m/s.

**Diâmetro da partícula (Dp):** o diâmetro da partícula, assim como sua densidade serão adotados de acordo com a NBR 12.209/2011, os valores adotados são 0,2 mm e 2,65 mm, respectivamente.

**Comprimento da caixa de areia (Cca):** adotando o valor de 0,5 m para a largura da caixa de areia, encontra-se o comprimento mínimo de 0,04 m. Será adotado o valor de 1,5 m para atender os parâmetros da taxa de aplicação superficial. Para o comprimento mínimo foi utilizada a seguinte fórmula:

$$Cca = 1,5 \frac{Q_i}{L \times V_s}$$

De modo que:

Qi = Vazão instantânea

Vs = velocidade de sedimentação

L = largura adotada

**Área transversal de escoamento (Ate):** a seção transversal deve ser tal que a velocidade de escoamento esteja na faixa de 0,20 m/s a 0,40m/s (NBR 12.209/2011). Adotou-se para a velocidade de escoamento o valor de 0,20 m/s. A área transversal é de 0,014 m<sup>2</sup>.

$$At = \frac{Qi}{Ve}$$

Sendo:

Qi = velocidade instantânea

Ve = velocidade de escoamento

**Lamina D'água mínima na caixa de areia (L<sub>água</sub>):** no fundo e ao longo do canal deve-se ter um espaço para a acumulação do material sedimentado com seção transversal mínima de 0,20 m de profundidade e 0,20 m de largura (NBR 12.209/2011). Para o cálculo da lamina D'água foi-se utilizada à equação abaixo, obtendo o valor de 0,07 m.

$$Hm = \frac{Ate}{L}$$

Tendo em vista que:

Ate = área transversal de escoamento

L = largura do canal

**Velocidade máxima real do escoamento (V<sub>maxReal</sub>):** segundo a NBR 12.209/2011 a velocidade de escoamento deve variar entre 0,25 e 0,40 m/s. Tendo em vista que com esses valores pode-se garantir que a velocidade se mantenha constante. A velocidade máxima real de escoamento encontrada foi de 0,20 m/s.

$$V = \frac{Qi}{L \times L_{\text{água}}}$$

Tal que:

$Q_i$  = vazão instantânea

$L$  = largura do canal

$L_{\text{água}}$  = Lamina D'água mínima na caixa de areia

**Volume diário de sólidos sedimentados ( $V_{dss}$ ):** adotando-se um valor para a taxa de sedimentação de  $0,00007 \text{ m}^3/\text{m}^3$  e tempo de sedimentação de 86.400 s (JORDÃO E CONSTANTINO, 2011), pode-se calcular o volume diário de sólidos sedimentados, sendo este igual a  $0,02 \text{ m}^3$ .

$$V_{dss} = T_{sed} \times Q_i \times T_{sedimentação}$$

Sabendo que:

$T_{sed}$  - taxa de sedimentação

$Q_i$  - vazão instantânea

$T_{Sedimentação}$  - tempo de sedimentação

**Profundidade da câmara de sedimentação ( $PS$ ):** no fundo e ao longo do canal deve ser projetado um espaço para acumulação das partículas sedimentadas e esse espaçamento deve ter profundidade mínima de 0,20 m (NBR 12.209/2011). A profundidade da câmara de sedimentação foi de 0,03 m. Adotou-se o valor de 0,20m.

$$PS = \frac{V_{dss}}{L \times L_{adotado}}$$

$L$  = largura do canal

$L_{adotado}$  = Largura adotada

#### DIMENSÕES DO CANAL

Largura do canal = 0.50 m

Altura do canal = 1,0 m



Foi adotada somente uma célula para o sistema de tratamento, pois conforme recomendado pela NBR 12.209/2011 só deve adotar mais de uma célula quando a vazão for superior a 50L/s.

**Área adotada (Aa):** adotando valores para a largura de 3 m e comprimento de 3 m, ambos foram adotados para facilitar a construção, assim é possível determinar a área a ser adotada: 9 m<sup>2</sup>.

$$Aa = \text{largura} \times \text{comprimento}$$

**Volume adotado (Va):** o volume adotado foi dado de acordo com as medidas calculadas anteriormente, seguindo assim os critérios estabelecidos pela norma, onde o valor adotado para a altura do reator foi de 4 m, sendo assim o volume encontrado foi de 36 m<sup>3</sup>.

$$Va = Aa \times \text{Altura do reator}$$

Dimensões da célula do UASB

Nº de células = 1 unidade

Largura = 3 m

Comprimento = 3 m

Altura útil = 4 m

## EFICIÊNCIA DO UASB

O tratamento de esgoto utilizando reator UASB constitui um método eficiente e relativamente de baixo custo para se removerem matéria orgânica e sólidos em suspensão, diminuindo consideravelmente o potencial poluidor dos esgotos após o tratamento (Bezerra *et al.*, 1998).

**Eficiência de remoção de DBO:** a eficiência na remoção de DBO é na ordem de 70% (JORDÃO E CONTANTINO, 2011).

$$\text{Eficiência de remoção} = 100 \times (1 - (0,70 \times \text{TDH}^{-0,35}))$$

Sabendo que:

TDH = tempo de detenção hidráulico

**Eficiência na remoção de DQO:** a eficiência na remoção de DQO costuma ser de 65% (JORDÃO E CONSTATINO, 2011).

$$\text{Eficiência de remoção} = 100 \times (1 - (0,65 \times \text{TDH}^{-0,35}))$$

#### 5.4. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE LODO ATIVADO

Para o dimensionamento do sistema de tratamento de lodo ativado utilizado neste trabalho, fez-se necessário o uso de alguns parâmetros. Tais parâmetros foram buscados na literatura referente ao assunto, assim como na norma da ABNT, como visto na TAB. 4

A vazão média de recirculação do lodo ( $Q_{mr}$ ), foi realizada levando em consideração a razão de recirculação, sendo esta igual a 1.

$$Q_{mr} = Q_m \times R_L$$

Tendo em vista que:

$Q_m$  - vazão média

$R_L$  - razão de recirculação do lodo

Tabela 4 – Parâmetros utilizados para o dimensionamento do Sistema de Lodo Ativado

PARÂMETROS	DESCRIÇÃO	VALOR ADOTADO
Recirculação do Lodo (RL)	O valor da recirculação do lodo deve ser tal que a concentração máxima de SST do lodo recirculado não exceda o valor de 10.000 mg/L (NBR12.209/2011).	1
DBO efluente	Demanda Bioquímica de Oxigênio, levando em consideração a eficiência encontrada após o tratamento com reator UASB (VON SPERLING, 2009). Considerou-se a eficiência = 90%	7,75mg/L
DQO efluente	Demanda Química de Oxigênio, levando em consideração a eficiência encontrada após o tratamento com reator, ou seja, eficiência de aproximadamente 90%	14 mg/L
Sólidos em Suspensão (SSV)	A concentração de sólidos deve estar variando entre valores de 1500 a 4500 mg/L (NBR 12.209/2011)	1500 mg/L
Efi. Esperada do Lodo Ativado (EELAC)	Foi considerada uma eficiência de 90 %, pois segundo JORDÃO E CONSTANTINO, 2011.	90%
Idade do Lodo (IL)	A idade do lodo deve estar dentro do intervalo de 4 a 15 dias (NBR 12.209/2011)	10 dias
Coe. de Reação (CR)	O coeficiente de reação foi adotado segundo JORDÃO E CONSTANTINO, 2011.	0,022 L/mg.dias
Coe. de Rendimento Celular (CRC)	O coeficiente de rendimento celular foi adotado segundo JORDÃO E CONSTANTINO, 2011.	0,50 gSSV/Gdbo5
Coe. de Decaimento Endógeno (CDE)	O valor para o decaimento endógeno foi adotado segundo o valor proposto por JORDÃO E CONSTANTINO, 2011.	0,06 dias
Relação alimento/microrganismo (A/M)	A relação deve estar na faixa de 0,20 a 0,70 kgDBO5 aplicado/Kg SSVTA.d, tais valores são adotados para sistemas convencionais (NBR 12.209/2011).	0,5
Relação (SSV/SS)	Dotado segundo Von Sperling, 1997. o valor é uma característica de aeração prolongada, quanto menor o valor da relação, mais estabilizado encontra-se o lodo.	0,66
Coefficiente de Produção de Lodo (CPL)	O valor do coeficiente de produção de lodo foi adotado segundo JORDÃO E CONSTANTINO, 2011.	0,55 kgSS/KgDBO
Razão de Recirculação (RR)	Adotado segundo JORDÃO E CONSTANTINO, 2011	1

Fonte: Adaptado de SPERLING (2009), JORDÃO E CONSTANTINO (2011), NBR 12.209/2011.



## 5.5. DIMENSIONAMENTO DO TANQUE DE AERAÇÃO

**Volume do Tanque de Aeração (Vol Eer):** a profundidade mínima para um tanque de aeração deve ser de 3 m, para ar difuso (NBR 12.209/2011). No presente trabalho foi adotada uma profundidade de 3 m. Tendo o volume assumido de 3 m<sup>3</sup>.

$$Vol\ Aer = \frac{IL \times CRC \times Q_m \times (DBO \times EELAC)}{SSVTA \times (1 + CDE \times IL \times \frac{SSV}{SS})}$$

De modo que:

IL = idade do lodo

CRC = coeficiente de rendimento celular

Q<sub>m</sub> = vazão média

DBO = demanda bioquímica de oxigênio

EELAC = eficiência esperada do lodo ativado

SSVTA = sólidos suspensos voláteis no tanque de aeração

CDE = coeficiente de decaimento endógeno

**Área do Tanque de Aeração (Ata):** a largura adotada foi de 3 metros. Sendo assim a área do tanque de aeração deve ter 1 m<sup>2</sup>.

$$Ata = \frac{Vol\ Aer}{Pf}$$

Onde:

Vol. Eer. = volume do tanque de aeração

Pf = profundidade adotada

**Comprimento do Tanque de Aeração (Cta):** sabendo-se o valor da profundidade e área do tanque, no entanto, pode-se calcular o comprimento do mesmo, através da equação abaixo, obtendo o comprimento de 1 m.

$$Cta = \frac{Ata}{lar.}$$

Ata = área do tanque de aeração

Lar. = Largura do tanque de aeração

Dimensões do tanque de aeração

Volume = 3m<sup>3</sup>

Profundidade = 3m

área = 1m<sup>2</sup>

Comprimento = 1m

## 5.6. DECANTADOR SECUNDÁRIO

Etapa em que ocorre o processo de clarificação do efluente e o retorno do lodo ao processo de tratamento. O decantador secundário exerce um papel fundamental no processo de lodo ativado, pois tem por objetivo fazer a separação dos sólidos em suspensão presentes no tanque de aeração, permitindo a saída de um efluente clarificado, e de acordo com a sedimentação dos sólidos em suspensão no fundo do decantador, ira permitir o retorno do lodo em concentrações mais elevadas aumentando assim a eficiência do processo.

Área Mínima do Decantador ( $A_{min}$ ): a área transversal mínima para o decantador foi previamente adotada segundo a NBR 12.209/201, onde tal valor é dado de acordo com a taxa de escoamento e a vazão média, sendo adotada uma taxa mínima de escoamento de 20 m<sup>3</sup>/dia, a área do decantador foi de 6,87 m<sup>2</sup>, foi adotado um diâmetro de 3 metros. De acordo com a NBR 12.209/11, o decantador deve ser dimensionado para uma taxa de escoamento superficial igual ou inferior a 28m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d, quando a idade do lodo é inferior a 18 dias.

$$A_{\min} = \frac{Q_m}{\text{Taxa min de escoamento}}$$

Onde:

$Q_m$  = vazão média

**Tempo de Detenção Hidráulico:** o tempo de detenção hidráulico é relativo à vazão média, devendo ser igual ou superior a 1,5 horas (NBR 12.209/2011). O tempo de detenção hidráulico adotado no referido trabalho foi de 3 horas.

**Volume Total (VT):** foi adotada uma altura de 3,5 m, tal valor foi estabelecido pela NBR 12.209/2011, volume encontrado foi de 24,7 m<sup>3</sup>.

Dimensões do decantador secundário

Diametro = 3m

Altura = 3,5m



## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Conforme citado anteriormente, a área de estudo está localizada no município de Pombal – PB e compreende o campus do CCTA da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, o mesmo apresenta uma área territorial de 15,55 ha.

O campus Pombal faz parte da estrutura multicampi da UFCG, instituição autárquica vinculada ao Ministério da Educação (MEC) que está localizada na rua Jairo Vieira Feitosa, 1770 – Bairro dos Pereiros.

Atualmente são desenvolvidas atividades referentes aos cursos de graduação em Agronomia, Engenharia Ambiental, Engenharia de Alimentos e Engenharia Civil e, dois cursos de pós-graduação em Sistemas Agroindustriais (profissional e acadêmico) e Horticultura Tropical, totalizando 4 cursos de graduação e 3 de pós graduação stricto sensu.

Todos os prédios e demais partes do Campus são abastecidos pelo sistema de distribuição de água da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), que é utilizada para limpeza predial, descargas sanitárias, pias, bebedouros, laboratórios, dentre outros.

Segundo informações obtidas na administração do Campus as atuais instalações contam com 15 edificações. As duas centrais de aulas são compostas por 28 amplas salas, nesses espaços funcionam as aulas teóricas. Já as centrais de laboratórios possuem 38 salas laboratoriais. As duas residências Universitárias dividem-se em 14 quartos em cada prédio e 14 banheiros. A central de professores é composta por 44 salas e 4 banheiros, além de uma copa. A administração e os demais prédios são divididos em ambientes com várias salas dentre eles um auditório e um miniauditório. Ao todo existem 62 banheiros distribuídos por todo o campus. O centro de vivência conta com duas cantinas, espaços para serviços de fotocópia e banheiros.

## 6.2. ATUAL SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO CCTA

A proposta da estação de tratamento de esgoto apresentada neste estudo visa minimizar alguns problemas sócio ambientais decorrentes do atual sistema de tratamento de efluentes do Campus da UFCG da cidade de Pombal- PB. Tal sistema é formado por unidades de fossas sépticas instaladas nas diversas edificações do CCTA. Vale ressaltar que em locais desprovidos de sistema coletivo de esgotamento sanitário, as soluções individuais são alternativas viáveis para atender aos objetivos propostos na legislação, porém devido às características locais o atual sistema apresenta falhas no funcionamento. Outro ponto que deve ser considerado é que o CCTA passa por processo de expansão, há menos de três anos foi contemplado com a residência universitária, bloco para a pós-graduação, centro de convivência, bloco de central de aulas III e restaurante universitário. Assim, o atendimento via sistema individual perde a sua razão de existir, uma vez que o campus passou a ter várias edificações.

Atualmente todos os esgotos sanitários do campus universitário da UFCG localizado na cidade de Pombal são tratados por sistemas individuais de tratamento de efluentes, através de fossas sépticas, levando-se em consideração que o bairro onde o campus está inserido não dispõe de sistema de esgotamento coletivo. Segundo informações obtidas na Secretaria de Infraestrutura da cidade de Pombal – PB, este serviço encontra-se em implantação no município há aproximadamente 4 (quatro) anos e a primeira etapa contemplou apenas o centro da referida cidade, fazendo necessário a adoção de alternativas individuais de tratamento de esgotos como a adotada no campus do CCTA. Vale ressaltar que este campus está completando 10 anos de existência, isto é, ele antecedeu a primeira etapa de implantação do sistema de esgotamento sanitário no município, o que corrobora a adoção da medida.

Com relação às instalações das fossas sépticas para o tratamento de águas negras, o campus do CCTA conta com 13 instalações dispostas nas proximidades das edificações como pode ser observado na FIG. 4, cada uma apresenta um volume de  $8\text{m}^3$ . Tais sistemas não apresentam vala de infiltração devido às características do solo, por ser um solo rochoso, assim sendo, o campus conta com tratamento a nível primário.



Segundo informações obtidas na subprefeitura do campus, o esvaziamento das fossas sépticas é realizado quando se tem alguma empresa disponível para fazer tal procedimento, a última limpeza foi realizada no ano de 2015. Tal procedimento é de extrema importância para evitar extravazão da fossa, prevenindo-se a ocorrência de situações adversas.

Figura 4 – Localização das fossas sépticas



Fonte: Autoria própria (2016).

Além do Campus do CCTA ser servido por sistema de tratamento primário, há registro de falhas no sistema, pois segundo relatos da população universitária (alunos e funcionários), é comum problemas envolvendo o excesso de vazão dos sistemas individuais das edificações, o que afeta a população acadêmica, ocasiona a proliferação de mosquitos e que pode causar outros problemas ambientais.

A FIG. 5 ilustra a fossa séptica localizada em frente à biblioteca, de acordo com relatos de funcionários e alunos a mesma apresenta vazamento em horário de pico (entre 12:00 e 13:00 horas), devido a alta demanda de efluente.



Figura 5 – Fossas sépticas localizadas ao lado da biblioteca



Fonte: Autoria própria (2016).

Situação também registrada nas fossas sépticas que atendem aos laboratórios I e II (FIG. 6), isto se deve provavelmente a subdimensionamento dos sistemas.

Figura 6 – Fossa séptica dos laboratórios



Fonte: Autoria própria (2016).

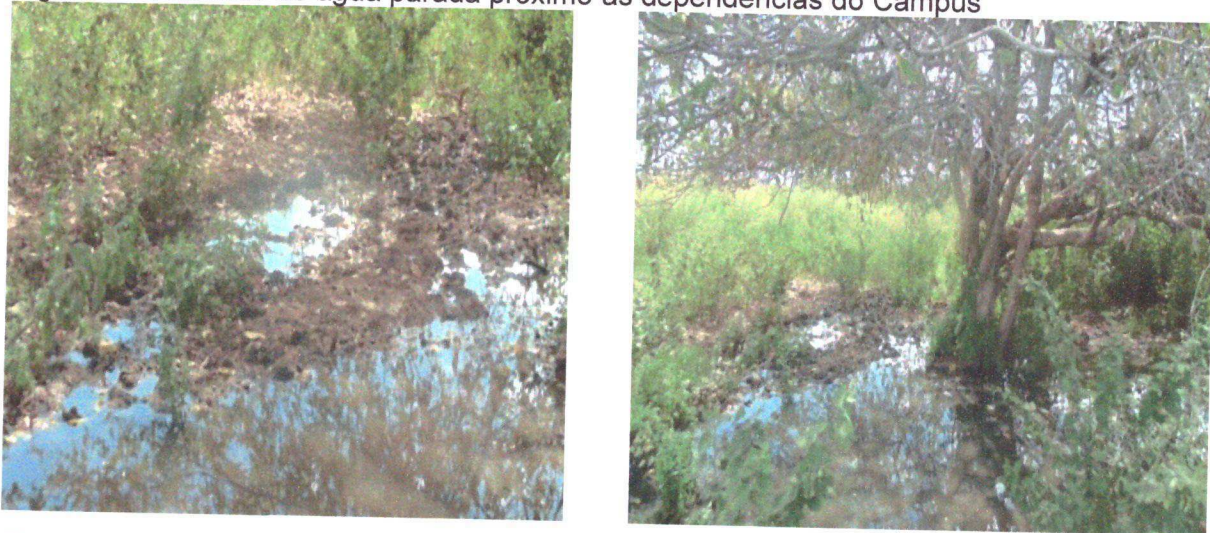
### 6.3. LEVANTAMENTO DOS PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DO ATUAL SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO



A partir de observações feitas no local em estudo, foram elencadas as ações de despejos de esgotos em locais inadequados, com ênfase para os que apresentam um potencial de causar danos ambientais, como, por exemplo, contaminação do solo, proliferação de vetores e conseqüentemente o comprometimento da saúde da população acadêmica, poluição das águas onde tais esgotos são lançados, etc.

. O principal aspecto ambiental identificado foi o acúmulo de esgoto parado e sem o devido tratamento, podendo causar impactos ambientais negativos, conseqüentemente comprometendo a fauna e a flora local, assim como a saúde da população que ali vive, proporciona odor desagradável prejudicando o trabalho dos funcionários e alunos proliferação de mosquitos perto dos locais de estudo, como, por exemplo, biblioteca e residência universitária, entre outros efeitos negativos (FIG. 7). Tais impactos são causadores de prejuízos tanto ao meio físico como ao meio biótico e antrópico.

Figura 7 – Acúmulo de água parada próximo às dependências do Campus



Fonte: Autoria própria (2015).

#### 6.4. PROPOSTA DE MEDIDAS MITIGADORAS

Após a avaliação prévia das condições de esgotamento sanitário dentro do campus do CCTA foram formuladas medidas de controle ambiental, como: melhoria no sistema

de tratamento através de uma expansão das fossas sépticas, apresentando um pós tratamento para as águas negras. Outra medida a ser levada em consideração é a recuperação e recomposição paisagística das áreas já afetadas por tais impactos, medidas de controle decorrentes do armazenamento, transporte e disposição final do lodo, entre outras.

As alternativas para minimizar os impactos negativos decorrentes do atual sistema de tratamento de esgoto foram indicadas de acordo com a necessidade do local de estudado, como já mencionado anteriormente. Com o objetivo de reduzir tais impactos negativos podem ser adotadas medidas de reutilização de águas cinza, isto é, o uso desta água de qualidade inferior, para fins menos nobres, tais como lavagens de piso, rega de jardim, uso nas descargas, entre outros. Tal alternativa poderá reduzir a vazão afluente dos sistemas e conseqüentemente, minimizar os problemas relativos aos transbordamentos dos sistemas, bem como os danos relativos a vazão excedente, assim como também proporcionar a comunidade acadêmica alternativas de uma melhor educação ambiental.

#### 6.5. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Para um bom funcionamento da futura estação de tratamento de esgoto do Campus do CCTA, é importante saber o tipo de efluente gerado. Segundo informações da subprefeitura a maioria do efluente gerado em todo o Campus é de origem doméstica. Porém, existem os efluentes gerados nos laboratórios I e II, tendo em vista que na maioria desses efluentes estão contidas substâncias tóxicas que possam danificar o sistema de tratamento. De acordo com informações obtidas nos laboratórios, as substâncias que são utilizadas para experimentos são devidamente dispostas em locais adequados, não fazendo parte da vazão de efluente que será destinada ao tratamento.

Deve-se ressaltar que neste trabalho não foi dimensionado uma estação elevatória em virtude de não ter sido definido o local de implantação da estação de tratamento de



esgotos, isto é, o sistema pode ser implantado em um local que o efluente siga sua trajetória por gravidade, não fazendo necessária a utilização de elevatória.

Para facilitar a discussão, optou-se pela análise individual de cada componente do sistema de tratamento. Conhecida a atual população universitária e estimada uma população futura, pode-se calcular as vazões do efluente encaminhado a ETE, como mostrado na TAB 5.

Tabela 5 – Parâmetros iniciais de projeto

<b>Dados de Projeto</b>	<b>Resultados</b>
População total	2464
Vazão média total	137.760 l/hab.dia
Vazão instantânea	247.968 l/hab.dia

Fonte: Aatoria própria (2016).

Como já mencionado, o sistema de tratamento proposto neste estudo é composto pela etapa preliminar (gradeamento, caixa de areia e calha parshal), e tem como tratamento o sistema anaeróbio com reator UASB seguido por lodo ativado. A etapa preliminar é dimensionada para a retirada de sólidos grosseiros, com o objetivo de evitar danos nos equipamentos de tratamento. Abaixo são mostrados os valores para o dimensionamento do tratamento preliminar. O gradeamento é composto por grades grossas e finas (TAB. 6).

Tabela 6 – Dimensões do gradeamento

<b>Gradeamento grosso</b>	<b>Dimensões</b>
Largura do canal	0,20 m
Altura do canal	0,80 m
Comprimento do canal	2,50 m
Eficiência	84%
<b>Gradeamento fino</b>	<b>Dimensões</b>
Largura do canal	0,20 m
Altura do canal	0,8 m
Comprimento do canal	2,50 m
Eficiência	71%

Fonte: Autoria própria (2016).

A caixa de areia foi dimensionada de acordo com os valores de vazões calculados anteriormente, tal dimensionamento foi feito com o intuito de remover a areia presente no efluente. Os valores obtidos para a caixa de areia mostram que a mesma está dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 12.209/2011 que rege as normas para projetos de tratamento de esgoto sanitário. Também foi observado que a caixa de areia não ocupava espaços muito extensos (TAB. 7), tendo em vista que o sistema de tratamento é um sistema compacto, podendo ser dimensionado para locais onde o espaçamento seja um fator que deva ser levado em consideração.

Tabela 7 – Valores estabelecidos para a caixa de areia

<b>Parâmetros</b>	<b>Resultados</b>
Altura	1,0 m
Largura	0,5 m
Comprimento mínimo	1,5 m
Velocidade máxima real	0,20 m/s.
Profundidade da câmara de sedimentação	0,20 m.

Fonte: autoria própria (2016).

Apresentam-se na TAB. 8 os valores obtidos para o dimensionamento do sistema de tratamento com reator UASB. Como se pode observar os valores do DBO e DQO ambos apresentaram uma alta concentração de carga orgânica e inorgânica no momento de entrada do esgoto bruto no reator. Operando-se com uma eficiência de 63% na remoção de DBO e 66% na remoção de DQO, pode-se notar um decaimento significativo nos dois valores (DBO e DQO), após passar pelo tratamento primário.

Um dos principais fatores que influenciam na redução de DBO e DQO é o tempo de detenção hidráulico (TDH) em que o mesmo opera, atuando de acordo com as condições climáticas de cada região. O tipo de sistema proposto nesse trabalho é bastante utilizado em regiões de clima quente, como o sistema foi dimensionado para o campus do CCTA, localizado no município de Pombal, pode-se levar em consideração altas temperaturas, tornando-se um fator favorável para o tratamento pois a temperatura propicia um ambiente adequado para que os microrganismos se desenvolvam. Como observa-se foi considerado temperaturas acima de 26°C, como a temperatura mostra-se elevada, logo o TDH para essas condições é de aproximadamente 6 horas, como recomendado pela NBR 12.209/201.

O sistema de tratamento através do reator UASB, apresentou uma boa eficiência, como se pode observar na TAB. 8, operando de forma satisfatória. Contudo faz-se necessário o pós-tratamento, para que o efluente final atenda aos padrões de lançamento estabelecidos pela legislação e ainda que este efluente apresente qualidade compatível com o reuso para fins menos nobres, para tanto, fez-se uso do sistema de Lodo Ativado como unidade de pós-tratamento do efluente do UASB.



Tabela 8 – Parâmetros calculados para o reator UASB

<b>Parâmetros do Reator UASB</b>	<b>Resultados</b>
DBO <sub>efluente</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio)	207,5 mg/L.
DQO <sub>efluente</sub> (Demanda química de Oxigênio)	415 mg/L
TDH (Tempo de Detenção Hidráulico)	6 horas
Temperatura	> 26 °C
Volume	36 m <sup>3</sup>
Altura útil	4 m
Área adotada	9 m <sup>2</sup>
Largura	3 m
Comprimento	3m
Eficiência na remoção de DBO	63%
Eficiência na remoção de DQO	66%
DBO após o pré-tratamento	77 mg/L
DQO após o pré-tratamento	141,1 mg/L

Fonte: autoria própria (2016).

Os resultados mostrados na TAB. 9 visam mostrar à eficiência do tratamento proposto e o atendimento a resolução CONAMA 357/2005. Considerando que o sistema de lodo ativado opera com uma eficiência de 90%, a DBO final atingida apresentou valores em torno de 7,7mg/L, enquanto que o limite exigido pelo órgão ambiental competente é de 50 mg/L, já a DQO final atingida apresentou um valor de aproximadamente 14 mg/L , enquanto que o limite exigido pelo órgão ambiental é de 125 mg/L. Esses resultados deixam claro que o tratamento por lodo ativado atuando como pós tratamento se torna viável para ser implantado para o tratamento de esgoto do campus do CCTA.

Tabela 9 – Parâmetros encontrados para o Lodo Ativado

<b>Parâmetros avaliados</b>	<b>Resultados</b>
Eficiência esperada	90%
Idade do lodo	10 dias
Vasão de recirculação	1,59 L/s
DBO final	7,75 mg/L
DQO final	14 mg/L

Fonte: autoria própria (2016)

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Campus do CCTA está localizado no município de Pombal – PB, fazendo parte da estrutura de multicampi da Universidade Federal de Campina Grande. Tendo em vista que nos dias atuais o Campus do CCTA faz uso de um sistema de tratamento através de fossas sépticas que são distribuídas nas proximidades das edificações da cidade universitária, vale ressaltar que o atual sistema de tratamento do Campus apresenta falhas, podendo causar reações adversas tanto ao meio ambiente como a população acadêmica.

É importante destacar que diante de tais situações torna-se necessário o uso de alternativa de sistema de tratamento de esgoto que melhor se adeque as condições do local, para evitar problemas presentes e futuros, já que a população acadêmica só tende a crescer.

Diante do exposto pode-se destacar que o processo biológico por reator UASB apresenta-se como alternativa viável de acordo com as características do local a ser implantado, apresentando uma significativa remoção de DBO/DQO, apresentando baixos requisitos de área e baixo tempo de detenção hidráulica. Seu desempenho justifica-se pelo fato de que parte da matéria orgânica é mineralizada para gás e água e, outra parte ser convertida em biomassa bacteriana, que pode ser reutilizada no próprio sistema, o que representa uma grande economia.

Como o reator UASB não apresenta uma eficiência satisfatória quando se leva em consideração os valores estabelecidos pela legislação ambiental, necessário se faz o uso de um sistema de pós-tratamento, como forma de complemento para que o efluente final esteja dentro dos padrões estabelecidos. O sistema de Lodo Ativado aqui proposto como pós-tratamento também se mostra um sistema bastante eficiente e de baixo custo, além de ser um sistema que é utilizado em larga escala como tratamento de efluentes sanitários.

Diante do exposto, foi possível constatar que o Sistema de tratamento de esgoto com reator UASB seguido por Lodo Ativado é um sistema compacto, eficiente e de baixo custo, podendo também ser implantado em pequenas comunidades.



## 8. REFERÊNCIAS

- ABREU, G. C. R.; SÁ, P.T.S. **Dimensionamento de uma Estação de Tratamento de Esgotos para a Cidade Universitária da UFRJ de acordo com o Plano Diretor de 2020**. Rio de Janeiro, 2014.
- AMORIM, M.C.C **Matéria orgânica e coliformes fecais: Estudo de caso em estação de tratamento de esgoto na cidade de Juazeiro-BA**, 2012.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.209/2011: NBR 12.209/2011, **Elaboração de Projetos Hidráulico-Sanitários de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários**, 2º edição, ABNT.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229/1993: NBR 7.229:1997, **Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos**, 2º edição, ABNT.
- BAREA, L.C. **RALF, Reator Anaeróbio de Manto de Lodo e Fluxo Ascendente reduzindo custos e economizando energia no Tratamento de Esgotos**. Curitiba, 2006
- BEZERRA, A. H. B. – Natal, RN, 2004. 78 p. **Caracterização do sistema operacional da Estação de Tratamento de Esgotos da UFRN**. – Natal, RN, 2004.
- BRAGA, et al. **Introdução à Engenharia Ambiental - O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo. Pearson, Prentice Hall, 2005, 318p.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, **Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico**. Brasília, 2012. Disponível em:  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato20072010/2007/lei/l11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato20072010/2007/lei/l11445.htm)>. Acesso em: 04 de fev. 2016.
- CAMPOS, J. R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. PROSAB, Abes, Rio de Janeiro, 1999.
- CHERNICHARO, CARLOS AUGUSTO DE LEMOS (2007), **Reatores Anaeróbios**. 2º.ed.- Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.

DEZOTTI, M. **Processos e Técnicas Para o Controle Ambiental de Efluentes Líquidos**. Escola Piloto em Engenharia Química COPPE/UFRJ.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de Impactos Ambientais - Aplicação aos sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

IMHOFF, K. R.; IMHOFF, K. **Manual de tratamento de águas residuárias**. Editora Edgard Blucher. São Paulo, 1996.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **À falta que o saneamento faz**. Rio de Janeiro: FGV/IBRE, 2009<sup>a</sup>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Estudo Trata Brasil “Ranking do Saneamento”**. Rio de Janeiro: 2015

LIMA, S.F.V.L. **Tratamento de esgotos**. Rio Grande do Norte, 2014.

ISMAEL, F.C.M., **Avaliação de processos erosivos e seus impactos ambientais na área do campus da UFCG em Pombal – PB**. Pombal, 2014.

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

JUNIOR, M. A.F.C. **Tratamento de esgotos**. Rio Grande do Norte, 2014.

LETTINGA, G., HULSHOFF L. M. (1991). **Uasb-process design for various types of wastewaters**, Water Science Tech., 24, 87-107.

NUVOLARI, A. (Coord.). et al. **Esgoto Sanitário – Coleta, Transporte, Tratamento e Reúso Agrícola**. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE/UNICEF apud **Progress on Sanitation and Drinking-Water**, 2014.

PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T. F. **Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental**. In: PHILIPPI JR., A. Saneamento, saúde e ambiente. Barueri: Manole, 20., 2005. p. 181 – 219.

QUEIROZ, R. H. B. **Pós-tratamento de efluentes anaeróbicos em reator de microalgas imobilizadas**. 2014. 41f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

SANCHEZ, L. E., **Avaliação de Impacto Ambiental: conceito e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 495p.

SOARES, S. C.; MENESES. T. A. **Saneamento Básico e a Saúde da Criança: Evidencias para o Nordeste Brasileiro**. Recife – PE, 2011, 20p.

SPERLING, M.V., **Introdução a qualidade da água e ao tratamento de esgoto**. UFMG, 1996.

SANTOS, A.L.C. **Estação de Tratamento de Esgoto**. Centro Educacional Santa Edwiges. Araxá – MG, 2013.

VAN HAANDEL, A. C., Cavalcanti, P. F. F. (1995). **Melhoramento do desempenho e aumento da aplicabilidade de lagoas de estabilização através de pré-tratamento anaeróbio em um DAFA**, Dept. of Civil Engineering - UFPB, Campina Grande - Brazil.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª. edição. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. (1997). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 4. Lodos ativados. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. 416 p.

VON SPERLING, MARCOS (2002), *Lodos Ativados*. 2ªed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.



VON SPERLING, MARCOS (2002), **Lodos Ativados**. 2ªed. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG.