

## **DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTOS PARA O DISTRITO DE TINGUÁ LOCALIZADO EM NOVA IGUAÇU-RJ**

João Carlos Pinto de Lima<sup>1</sup>

Diego Macedo Veneu<sup>2</sup>

### **Resumo**

A universalização do saneamento é um dos aspectos essenciais para o desenvolvimento sustentável. Este artigo apresenta os resultados do dimensionamento de um reator UASB (No inglês: *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors*), seguido de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente para uma estação de tratamento anaeróbio de esgoto sanitário para o bairro de Tinguá, Nova Iguaçu/RJ. Inicialmente foi realizada uma projeção populacional do distrito para um período de projeto de 25 anos, seguida do cálculo das vazões de efluentes domésticos do projeto.

**Palavras-chave:** Saneamento. Tratamento Anaeróbio. Reator UASB. Filtro Anaeróbio.

## **SIZING OF A SEWAGE TREATMENT SYSTEM FOR THE DISTRICT OF TINGUÁ LOCATED IN NOVA IGUAÇU-RJ**

### **Abstract**

The universalization of sanitation is one of the essential aspects for sustainable development. This article presents the results of the design of a UASB reactor (In English: *Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors*), followed by an anaerobic upflow filter for an anaerobic sewage treatment plant for the neighborhood of Tinguá, Nova Iguaçu / RJ. Initially, a population projection of the district was carried out for a 25-year project period, followed by the calculation of the project's domestic effluent flows.

**Keywords:** Sanitation. Anaerobic Treatment. UASB Reactor. Anaerobic Filter.

---

<sup>1</sup>Bacharel em Engenharia Civil pelo UGB/FERP.

<sup>2</sup>Doutorado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos pela Universidade Federal do Rio de Janeiro.

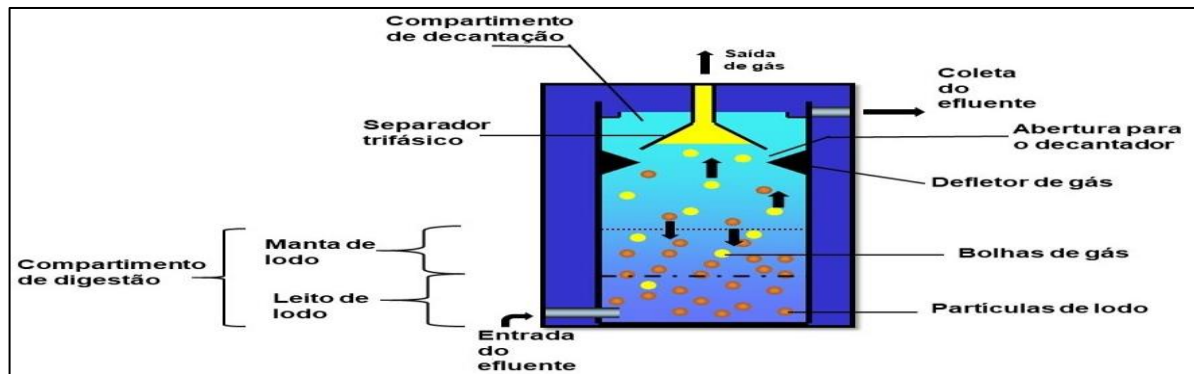
## **Introdução**

É notório a crise que vivencia o setor de saneamento no Brasil, ainda que se deva admitir a melhoria, nos últimos anos, de alguns índices de cobertura da população, por redes coletoras e por sistemas de tratamento de esgotos. Sobre o tratamento de esgotos, a análise do Mapa de Indicadores de esgoto do SNIS (2019) aponta resultados alarmantes, com uma média nacional de 53,2% dos esgotos produzidos passando por alguma forma de tratamento. Na região Sudeste, o índice é de 50,1% para os esgotos gerados e de 67,5% para os esgotos coletados. Segundo o último relatório SNIRH (2013), no município do Rio de Janeiro, o índice de esgotos coletados e tratados é de 66,21%. Já no município de Nova Iguaçu-RJ, onde a CEDAE é responsável pela operação do esgotamento sanitário, de acordo com os dados do SNIS, para o ano de 2017, o índice de coleta de esgoto era de 36,44% e de tratamento era de 0,41% em relação ao esgoto coletado (SNIS, 2018).

No bairro de Tinguá, localizado no município de Nova Iguaçu-RJ, local do estudo deste artigo, não é diferente. Apesar de, em 1997 a reserva ter sido declarada Patrimônio da Humanidade pela Unesco, estar incluída na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, e também “a unidade ser de vital importância para a conservação dos mananciais responsáveis pelo abastecimento de parte do estado, em especial de quase 80% da Baixada Fluminense” (ICMBIO, 2015), a localidade não recebe tratamento adequado de esgotos.

O Brasil é um país de clima quente e isso contribui para o emprego de sistemas simples, que resolvem bem o problema, principalmente em aglomerações de portes médio e pequeno (AISSE, 2000). O processo anaeróbico por meio de reatores de manta de lodo (reator UASB) e de filtros anaeróbios de fluxo ascendente evidencia muitas vantagens em relação aos processos aeróbios convencionais, principalmente quando empregado em locais de clima quente, como é o caso dessa região. O projeto de reator UASB mais filtro anaeróbico é bem simples e não requer uso de qualquer equipamento sofisticado. É muito vantajoso, principalmente no diz respeito a requisitos de área, implantação operação e manutenção (CHERNICHARO, 2016).

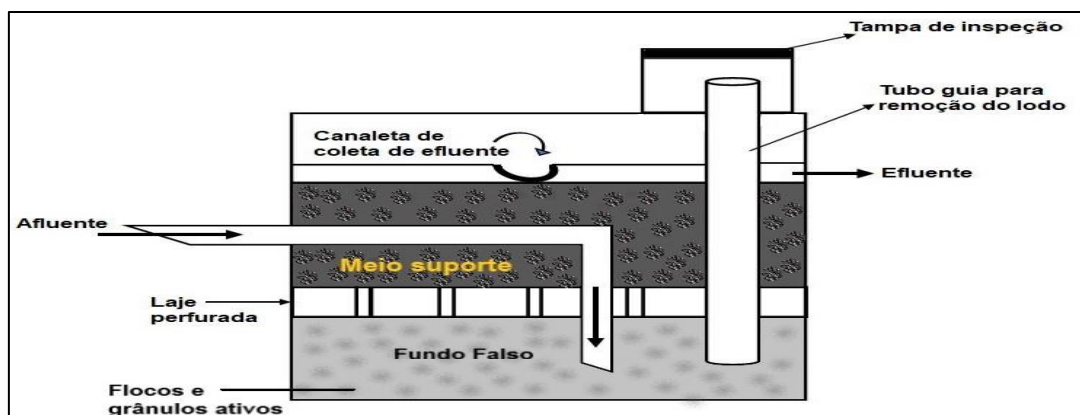
Figura 1. Desenho esquemático de um reator UASB.



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo Autor

Já o filtro anaeróbico de fluxo ascendente, basicamente, é um compartimento de contato, onde o leito é necessariamente submerso (afogado). O esgoto é aplicado no fundo do reator e recolhido no topo, mantendo-se o meio suporte imerso” (AISSE, 2000).

Figura 2. Desenho esquemático de filtro anaeróbico de fluxo ascendente



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo próprio Autor.

Dessa forma, à face do exposto, o presente trabalho tem por objetivo dimensionar um sistema de tratamento biológico de esgoto que contempla um reator UASB seguido de um filtro anaeróbico de fluxo ascendente para o bairro de Tinguá, localizado no município de Nova Iguaçu-RJ.

## Metodologia

### Área de estudo

O distrito de Tinguá fica no limite sul da Reserva biológica do Tinguá, delimitado pelas coordenadas 22°36'51.5"S 43°24'39.9"W, 22°34'40.7"S 43°23'50.4"W, 22°35'13.3"S 43°25'04.0"W, 22°35'30.5"S 43°25'58.4"W, 22°35'58.9"S 43°25'23.9"W, 22°35'30.5"S 43°24'57.6"W, aos 29,74 metros *acima* do *nível* do *mar*. A área mapeada, segundo as coordenadas supracitadas, é de 7.596,00 metros (GOOGLE MAPS, 2020).

Figura 3. Mapa do Distrito de Tinguá evidenciando a área estruturada para o dimensionamento da ETE.



Fonte: Google Earth (2020)

Segundo um estudo do IBGE, as ocupações na área, em sua maioria não legalizadas, são de baixa renda e carentes de saneamento básico. As principais ações impactantes verificadas ao longo do curso do rio que corta o bairro Tinguá (o Rio Tinguá), na zona de amortecimento da Reserva Biológica do Tinguá, referem-se à presença de construções nas margens do rio que têm efeito sobre a quantidade e/ou qualidade das águas fluviais devido ao lançamento de esgoto e lixo diretamente no canal (IBGE, 2015).

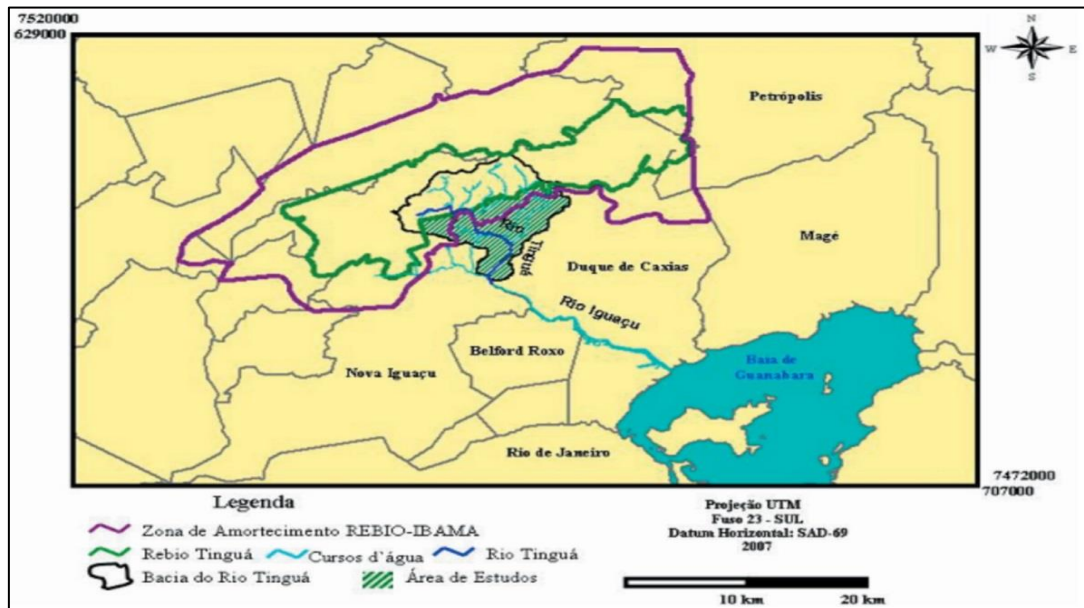
Figura 4. Construções nas margens do rio que impactam a qualidade da água devido ao lançamento de lixo e esgotos



Fonte: Silva, 2008 *apud* IBGE (2015)

O IBGE, ou outras fontes oficiais, ainda não realizaram uma caracterização populacional específica para o bairro de Tinguá. O que se tem de oficial é uma caracterização sociodemográfica que foi compilada no estudo do “Plano de Manejo Rebio do Tinguá” que são relações correspondentes com a dinâmica populacional dos seis municípios limítrofes à Rebio com o desenvolvimento populacional regional, baseado nos dados dos Censos demográficos do IBGE de 1991 e 2000. A conclusão dessa caracterização é que há o predomínio de população de renda baixa, apesar das casas de campo de moradores de classe média para alta estarem presentes na formação sócio-espacial local por causa da tranquilidade e dos atributos paisagísticos, e que a formação da estrutura etária está na faixa entre 20 e 39 e que as mulheres são maioria (MMA/IBAMA, 2006).

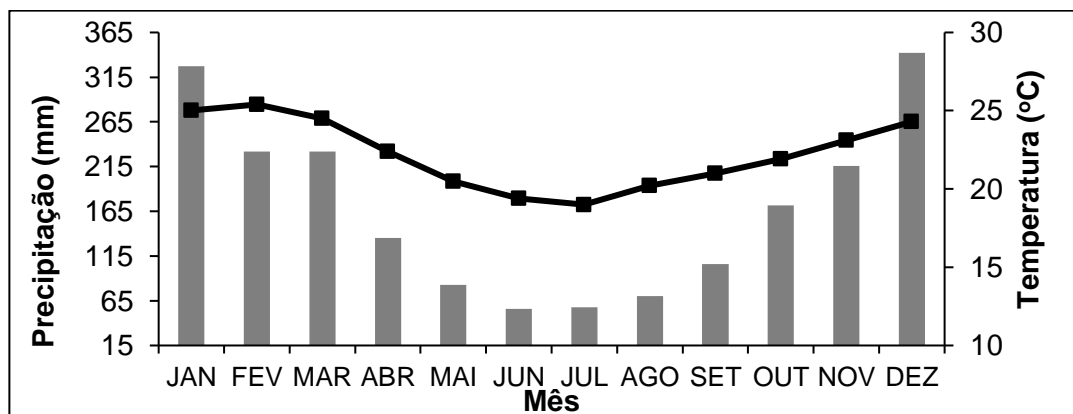
Figura 5. Rio Tinguá seu percurso e sua influência na vazão final da Baía de Guanabara



Fonte: Souza, 2008 *apud* IBGE (2015)

Na Figura 6 pode-se observar a normal climatológica referente a Estação Meteorológica de Tinguá. Essa região possui um clima tropical semi-úmido com inverno seco e verão chuvoso, com as precipitações mínimas localizadas nos meses de junho e julho, correspondendo aos valores de 56 e 58 mm, respectivamente.

Figura 6. Normal climatológica do distrito de Tinguá-RJ



Fonte: CLIMATEMPO - Climatologia (2020)

### *Projeção Populacional*

De acordo com Von Sperling (2005) os estudos de projeção populacional são normalmente bastante complexos, devendo assim, ser analisadas o máximo possível das variáveis que possam interagir na localidade específica em análise. Isto ressalta a necessidade do estabelecimento de um valor realístico para o horizonte de projeto, assim como de uma possível implantação da estação de tratamento de esgoto (ETE) em etapas.

Para projeto de ETE, é necessário o conhecimento da população de final de plano, bem como da sua evolução ao longo do tempo. Existem diversos métodos utilizados para projeções populacionais, os mais utilizados são os que descrevem um crescimento aritmético ou geométrico. Na projeção aritmética o crescimento populacional segue uma taxa constante, já a projeção geométrica segue uma taxa de crescimento exponencial, dada em cada instante.

### *Vazões de Esgotos*

De maneira geral, a produção de esgotos corresponde aproximadamente ao consumo de água, uma vez que a maior parte da água consumida nas residências acaba retornando como esgoto. Porém, uma fração pode ser incorporada à rede de água pluvial (Von Sperling, 2005).

### *Padrões de Qualidade para Lançamento de Esgotos*

No município de Nova Iguaçu não é feito o acompanhamento da qualidade da água nos pontos de lançamento de esgotos tratados e não tratados (APÊNDICE 11, 2018). Para atender a legislação vigente, portanto, deve-se considerar a Resolução Conama nº 430 (Tabela 1) que determina as diretrizes e dispõe sobre as condições e padrões de lançamentos de efluentes em corpos de água em âmbito federal, e/ou a

DZ-215 (Tabela 2), que orienta sobre o controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem não industrial, ou seja, esgotos na esfera estadual.

Tabela 1. Parâmetros e seus respectivos valores de referência para lançamento de efluente em corpos hídricos

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor referencial</i>
pH	5,0 a 9,0
Temperatura	< 40° C
Materiais sedimentáveis	1,0 mL/L
Materiais flutuantes	Ausentes
SST	100 mg/L
DBO	70% (C.O. < 100 Kg/dia)
DBO	90% (C.O. > 100 Kg/dia)
Óleos minerais	20 mg/L
Óleos vegetais e gorduras animais	30 mg/L

Fonte: Brasil (2011)

Tabela 2. Relação de carga orgânica bruta e eficiência mínima de remoção

<i>CARGA ORGÂNICA BRUTA (CO<sub>DBO</sub>) (Kg DBO/dia)</i>	<i>EFICIÊNCIA MÍNIMA DE REMOÇÃO CO<sub>DBO</sub> (%)</i>	<i>CONCENTRAÇÕES MÁXIMAS PERMITIDAS (mg/L)</i>	
		<i>DBO</i>	<i>RESÍDUO NÃO FILTRÁVEL TOTAL (RNFT)</i>
C ≤ 5	30	180	180
5 < C ≤ 25	60	100	100
25 < C ≤ 80	80	60	60
C > 80	85	40	40

Fonte: Inea (2007)



### *Pré-Tratamento de Esgotos*

O tratamento preliminar destina-se principalmente à remoção de materiais de maiores dimensões, partículas discretas (como a areia), óleos e outras gorduras, preparando assim o esgoto para as próximas etapas do tratamento. Nessa fase predominam as operações físicas unitárias (JORDÃO & PESSÔA, 2009). Além de apresentar resultados satisfatórios na remoção de impurezas, o custo dessa etapa é bastante reduzido, por se tratar de um processo simples (OLIVEIRA, 2006). Uma composição para o tratamento preliminar é o gradeamento seguido por um desarenador, incluindo também uma unidade de medição da vazão.

### *Tratamento Secundário*

No tratamento secundário é removido todos os poluentes (matéria orgânica) ainda existentes no efluente, através dos processos bioquímicos. A remoção dessa matéria orgânica dá-se por meio da reação com microrganismos. A eficiência no tratamento total do esgoto atingida no tratamento secundário pode chegar a 95%, onde o nível de poluição é reduzido o suficiente ao ponto de já estar com as condições mínimas necessárias para já ser despejado no corpo hídrico receptor (OLIVEIRA, 2006).

### *Reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)*

O reator UASB, também conhecido no Brasil como Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) é baseado no processo anaeróbio de tratamento secundário, que tem se destacado e apresentado um grande potencial para o tratamento de esgotos domésticos, principalmente em países com clima mais quentes (CHERNICHARO, 2016). O baixo custo, bem como a necessidade de uma área reduzida para a sua instalação, são destaques no processo da utilização dos reatores UASB. Além disso,

também pode alcançar uma eficiência de até 90% na remoção de DBO e consome pouca energia (CHERNICHARO, 2016).

#### *Cálculo das concentrações médias de DBO e DQO afluentes ao reator UASB*

Os esgotos domésticos possuem uma  $DBO_5$  da ordem de 350 mg/L (CHERNICHARO, 2016). Vários autores adotam, de maneira geral, uma relação  $DBO_u/DBO_5$  de 1,46. Para esgotos domésticos brutos, a relação  $DQO/DBO_5$  varia em torno de 1,7 a 2,4 (Von Sperling, 2006). Sendo assim, podemos calcular a concentração inicial de  $DBO_u$  e  $DQO$  de acordo com as equações  $S_{0-UASB-DBO_u} = DBO_5 \cdot 1,46$  e  $S_{0-UASB-DQO} = DBO_5 \cdot 2,1$ ; *Cálculo da carga afluente média de DQO* ( $L_{0-UASB-DQO} = S_{0-UASB-DQO} \cdot Q_{méd.}$ ).

#### *Tempo de detenção hidráulica*

Na Tabela 4 são apresentadas algumas diretrizes para estabelecimento dos tempos de detenção hidráulica em projetos de reatores UASB, tratando esgotos domésticos.

Tabela 4. Tempos de detenção hidráulica para projeto de reatores UASB.

Temperatura do esgoto (°C)	Tempo de detenção hidráulica (h)	
	Para $Q_{méd.}$	Para $Q_{máx.}$
15 a 18	≥ 10,0	≥ 7,0
18 a 22	≥ 8,0	≥ 5,5
22 a 25	≥ 7,0	≥ 4,5
> 25	≥ 6,0	≥ 4,0

Fonte: CHERNICHARO (2016)

### *Determinação do volume total de reatores*

De acordo com Chernicharo (2016) embora não exista limitação quanto ao volume do reator ( $V_r$ ), por facilidades construtivas e operacionais tem-se recomendado no caso de pequenos sistemas, para tratamento de esgotos domésticos, reatores modulados com volumes na faixa de 400 a 500 m<sup>3</sup>. Sendo assim, a partir da adoção do tempo de detenção hidráulica ( $t$ ), pode-se calcular o volume total ( $V$ ) e a partir deste definir a quantidade de reatores ( $N_r$ ) e seus respectivos volumes reais.  $V = Q_{\text{méd}} \cdot t$  e  $V_r = V/N_r$ .

### *Altura dos reatores*

A altura de reatores UASB é função precípua do tipo de lodo, das cargas orgânicas aplicadas e/ou cargas hidráulicas volumétricas, que definem as velocidades ascendentes impostas ao sistema. Em reatores UASB, as velocidades ascensionais impostas ao sistema conduzem a reatores com alturas úteis entre 4,0 a 5,0 m (Chernicharo, 2007).

### *Determinação da área de cada reator*

Para obtenção da área de cada reator UASB ( $A_r$ ), pode-se relacionar o volume de cada reator ( $V_r$ ) com a altura ( $H$ ) adotada, de acordo com a equação  $A_r = V_r/H$ .

### *Carga hidráulica volumétrica*

A carga hidráulica volumétrica (CHV) é a quantidade de esgoto aplicados diariamente, ou seja, a vazão (m<sup>3</sup>/d) ao reator, por unidade de volume ( $V$ ) do mesmo.

Estudos experimentais demonstram que a carga hidráulica volumétrica não deve ultrapassar  $5 \text{ m}^3/\text{m}^3.\text{d}$ . ( $\text{CHV} = Q_{\text{méd}}/V$ ).

### *Carga orgânica volumétrica*

Define-se carga orgânica volumétrica ( $C_v$ ) como a quantidade (massa) de matéria orgânica aplicada diariamente ao reator ( $\text{kgDQO}/\text{d}$ ), por unidade de volume ( $V$ ) do mesmo. Tratando-se de esgotos domésticos, cuja concentração de matéria orgânica é relativamente baixa, a carga orgânica volumétrica aplicada ao reator é bem inferior, situando-se na faixa de  $2,5$  a  $3,5 \text{ kgDQO}/\text{m}^3.\text{d}$ . O valor da carga orgânica volumétrica pode ser obtido através da equação  $C_v = Q_{\text{méd}} \cdot S_{0\text{-UASB-DQO}}/V$ .

*Verificação das velocidades superficiais:* A velocidade superficial do fluxo ( $v$ ) é calculada a partir da relação entre a vazão afluyente ( $Q$ ) e a seção transversal do reator ( $A$ ). Na Tabela 5 são descritos os valores sugeridos para as respectivas vazões de projeto. As velocidades superficiais podem ser calculadas de acordo com as equações  $Q_{\text{méd}}: v = Q_{\text{méd}}/A$ ,  $Q_{\text{máx-d}}: v = Q_{\text{máx-d}}/A_t$  e  $Q_{\text{máx-h}}: v = Q_{\text{máx-h}}/A$ .

Tabela 5. Velocidades superficiais recomendadas para reatores UASB.

Vazão afluyente	Velocidade superficial (m/h)
Vazão média	0,5 a 0,7
Vazão máxima	$\leq 1,1$
Picos temporários*	$< 1,5$

(\*) picos de vazão com duração entre 2 e 4 horas  
Fonte: Adaptado de Lettinga & Hulshoff Pol (1995)

Fonte: CHERNICHARO (2016)

### *Sistema de distribuição do esgoto afluyente*

Nos reatores UASB, a distribuição equitativa do afluyente é muito importante, a fim de garantir um melhor regime de mistura e a diminuição da ocorrência de zonas mortas no leito de lodo. O número de distribuidores ( $N_d$ ) é determinado em função da

área da seção transversal do reator ( $A$ ) e da área de influência adotada para cada distribuidor ( $A_d$ ) que em geral varia de 1,5 a 3,0 m<sup>2</sup> (CHERNICHARO, 2016). Sendo calculado pela equação  $N_d = A/A_d$ .

#### *Estimativa da eficiência de remoção de DQO e DBO do sistema*

De acordo com Chernicharo (2016) a estimativa da eficiência de reatores UASB ainda vem sendo feita por meio de relações empíricas, obtidas a partir de resultados experimentais de reatores em operação. A partir do ajuste dos resultados operacionais de alguns reatores UASB, foram obtidas as seguintes equações aplicadas para cálculo das estimativas de remoção de DQO e DBO:  $E_{DQO} = 100 \cdot (1 - 0,68 \cdot t^{-0,35})$  e  $E_{DBO} = 100 \cdot (1 - 0,70 \cdot t^{-0,5})$ . Onde:  $E_{DQO}$  é eficiência do reator UASB, em termos de remoção de DQO (%);  $E_{DBO}$  é eficiência do reator UASB, em termos de remoção de DQO (%);  $t$  é o tempo de detenção hidráulica (h).

#### *Estimativa das concentrações de DQO e DBO no efluente final*

A partir da eficiência esperada para o sistema, pode-se estimar a concentração de DQO e DBO no efluente final, de acordo com a equação  $S = S_0 - (E \times S_0 / 100)$ . Onde:  $S$  é a concentração de DQO ou de DBO efluente (mg/L);  $S_0$  é a concentração de DQO ou de DBO efluente (mg/L);  $E$  é a eficiência de remoção de DQO ou de DBO (%).

#### *Dimensionamento dos decantador dos reatores*

A principal função dos decantadores é a remoção dos sólidos suspensos totais e os sólidos sedimentáveis dos esgotos. O dimensionamento do decantador requer a adoção dos seguintes parâmetros, conforme Tabela 6.

Tabela 6. Principais critérios e parâmetros hidráulicos para reatores UASB.

Critério/parâmetro	Valores, em função da vazão		
	para $Q_{méd}$	para $Q_{máx}$	para $Q_{pico}^{(*)}$
Velocidade nas aberturas do decantador (m/h)	≤ 2,5	≤ 4,0	≤ 5,5
Taxa de aplicação superficial no decantador (m/h)	≤ 0,8	≤ 1,2	≤ 1,5
Tempo de detenção hidráulica no decantador (h)	≥ 1,5	≥ 1,0	≥ 0,6

Fonte: CHERNICHARO (2016)

(\*) picos de vazão com duração entre 2 a 4 horas.

#### *Dimensionar as aberturas para o decantador*

Número de aberturas simples ao longo do comprimento do reator  $N_{ab-s-c} = n^{\circ}$  reatores x  $n^{\circ}$  separadores/reator x 2 aberturas/separador); Número de aberturas simples ao longo da largura do reator  $N_{ab-s-L} = (n^{\circ}$  reatores x  $n^{\circ}$  separadores/reator x 1 abertura/separador); Largura de cada abertura simples (adotar  $a = 0,25$  m); Comprimento de aberturas simples ao longo da largura do reator  $C_{ab-s-L} =$  largura do reator UASB – (2 x a); Comprimento equivalente de aberturas simples ao longo da largura do reator  $C_{eqab-s-L} = N_{ab-s-c} \times C_{ab-s-L}$ ; Comprimento equivalente de aberturas simples ao longo do comprimento do reator  $C_{eqab-s-c} = n^{\circ}$  reatores x comprimento do reator x 2 aberturas/reator; Área total das aberturas  $A_{ab} = (C_{eqab-s-L} + C_{eqab-s-c}) \times a$ .

#### *Verificação das velocidades através das aberturas*

As velocidades superficiais nas aberturas ( $V_{ab}$ ) podem ser calculadas a partir da relação entre a vazão (Q) e a área de abertura dos decantadores ( $A_{ab}$ ). Na Tabela 7 pode-se observar os valores sugeridos das velocidades em função das suas respectivas vazões. As velocidades superficiais das aberturas podem ser calculadas

de acordo com as equações  $Q_{\text{máxd}} : V_{\text{ab}} = Q_{\text{méd}}/A_{\text{ab}}$ ,  $Q_{\text{máxd}} : V_{\text{ab}} = Q_{\text{máxd}}/A_{\text{ab}}$  e  $Q_{\text{máxd}} : V_{\text{ab}} = Q_{\text{máxh}}/A_{\text{ab}}$ .

Tabela 7. Velocidades através das aberturas de passagem para o decantador.

Vazão afluyente	Velocidade (m/h)
Vazão média	$\leq 2,5$
Vazão máxima	$\leq 4,0$
Picos temporários*	$< 5,5$

(\*) picos de vazão com duração máxima de 2 horas

Fonte: CHERNICHARO (2016)

### *Determinação da área superficial do compartimento de decantação*

Comprimento total de decantadores  $C_{\text{tdec}} = n^{\circ} \text{ decantadores} \times \text{Largura}$ ; Largura de cada coletor de gás junto a interface líquido-gás ( $L_i = 0,25 \text{ m}$  adotado); Largura externa de cada coletor de gás ( $e = 0,005 \text{ m}$  adotado – fibra de vidro)  $L_g = L_i + (2 \cdot e)$ ; Largura útil de cada compartimento de decantação  $L_{\text{dec}} = (\text{comprimento} - (n^{\circ} \text{ de coletores de gás} \times L_g/\text{coletor})) / n^{\circ} \text{ decantadores}$ ; Área total de decantadores  $A_{\text{tdec}} = C_{\text{tdec}} \cdot L_{\text{dec}}$ .

### *Verificação das taxas de aplicação superficiais nos decantadores*

As taxas de aplicação superficiais nos decantadores ( $q_{\text{s-dec}}$ ) podem ser calculadas através da relação da vazão ( $Q$ ) e a área total de decantação ( $A_{\text{tdec}}$ ), de acordo com as equações  $Q_{\text{méd}} : q_{\text{s-dec}} = Q_{\text{méd}}/A_{\text{tdec}}$ ,  $Q_{\text{máxd}} : q_{\text{s-dec}} = Q_{\text{máxd}}/A_{\text{tdec}}$  e  $Q_{\text{máxh}} : q_{\text{s-dec}} = Q_{\text{máxh}}/A_{\text{tdec}}$ .

### *Verificação do tempo de detenção hidráulica nos decantadores*

Para cálculo do tempo de detenção hidráulica nos decantadores ( $t_{\text{dec}}$ ), usualmente utiliza-se a relação entre o volume dos decantadores ( $V_{\text{dec}}$ ) e a vazão

(Q), de acordo com as equações  $Q_{méd} : t_{dec} = V_{dec}/Q_{méd}$ ,  $Q_{máxd} : t_{dec} = V_{dec}/Q_{máxd}$  e  $Q_{máxh} : t_{dec} = V_{dec}/Q_{máxh}$ . Na Tabela 8 são apresentados os valores sugeridos para as taxas de aplicação superficial e tempos de detenção hidráulica no compartimento de decantação.

Tabela 8. Taxas de aplicação superficial e tempos de detenção hidráulica no compartimento de decantação

Vazão afluyente	Taxa de aplicação superficial (m/h)	Tempo de detenção hidráulica (h)
Vazão média	≤ 0,8	≥ 1,5
Vazão máxima	≤ 1,2	≥ 1,0
Picos temporários*	< 1,5	> 0,6

(\*) picos de vazão com duração máxima de 2 horas

Fonte: CHERNICHARO (2016)

#### *Determinação do volume do compartimento de decantação*

Altura da aba inclinada do compartimento de decantação ( $h_1 = 1,5$  m adotada).  
Largura da aba inclinada do compartimento de decantação  $L_{aba} = (L_{dec}/2) - a$ ; Altura da aba vertical do compartimento de decantação ( $h_2 = 0,4$  m adotada), Área triangular compreendida entre as paredes inclinadas do decantador  $A_{dec1} = (L_{aba} \times h_1) / 2$ , Área retangular compreendida entre as paredes verticais do decantador  $A_{dec2} = h_1 \times (2 \times a)$ . Área retangular compreendida entre as paredes verticais do decantador  $A_{dec3} = h_2 \times L_{dec}$ , Área total ao longo da profundidade do decantador  $A_{dec} = (A_{dec1} \times 2) + A_{dec2} + A_{dec3}$ , Volume total de decantadores  $V_{dec} = N_{dec} \times C_{dec} \times A_{dec}$ , Inclinação da aba do compartimento de decantação em relação a horizontal  $\alpha = \text{tang}^{-1} \times (h_1 / L_{aba})$ .

#### *Dimensionamento dos coletores de gás*

Comprimento total dos coletores de gases  $C_{tg} = n^{\circ}$  coletores x dimensão de cada coletor (m), Largura de cada coletor junto a interface líquido-gás ( $L_i = 0,25$  m adotada), Área total de coletores de gases junto à interface líquido-gás  $A_i = C_{tg} \cdot L_i$ .



### *Verificação de taxa de liberação de biogás nos coletores*

De acordo com Souza (1986) é recomendada taxas de liberação de biogás ( $K_{\text{biogás}}$ ) de 1,0 a 5,0  $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ . A determinação da taxa de liberação de biogás é obtida pela equação  $K_{\text{biogás}} = Q_{\text{biogás}} / A_i$ , onde:  $K_{\text{biogás}}$  é a taxa de liberação de biogás ( $\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$ );  $Q_{\text{biogás}}$  é a produção volumétrica de biogás ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  $A_i$  é a área da interface líquido gás ( $\text{m}^2$ ).

### *Produção de Lodo*

Após alguns meses de operação, nos reatores anaeróbios, ocorre a acumulação de sólidos biológicos. Através da equação a seguir, é possível determinar a produção de sólidos no sistema ( $P_{\text{lodo}}$ ) e a produção volumétrica ( $V_{\text{lodo}}$ ) nos reatores UASB. De acordo com Chernicharo (2016), o coeficiente de sólidos no sistema ( $Y$ ) é de 0,10 a 0,20  $\text{KgSST}/\text{KgDQO}_{\text{apl}}$ ; a massa específica do lodo ( $d_{\text{lodo}}$ ) de 1020 a 1040  $\text{KgSST}/\text{m}^3$ ; e a concentração do lodo ( $C_{\text{lodo}}$ ) de 2 a 5%. O cálculo da produção de lodo e do volume de lodo pode ser obtida pelas equações  $P_{\text{lodo}} = Y \cdot L_{\text{o-UASB-DQO}}$  e  $V_{\text{lodo}} = P_{\text{lodo}} / (d_{\text{lodo}} \cdot C_{\text{lodo}})$ .

### *Dimensionamento dos leitos de secagem*

Para estações de pequeno porte, a tecnologia mais empregada para desidratação de lodos provenientes de reatores UASB tratando esgotos, tem sido a de leitos de secagem. Isso se deve às condições favoráveis do clima e aos pequenos volumes de lodo que são descartados do sistema, em função da baixa produtividade e da elevada concentração do lodo nos reatores (CHERNICHARO, 2016).

### *Ciclo de operação dos leitos de secagem*

De acordo com Gonçalves et al. (2001) o ciclo de operação do leito de secagem ( $t_c$ ) usualmente encontra-se entre 15 a 20 d.

### *Massa de lodo retirada dos reatores por ciclo de operação dos leitos*

Para o cálculo da massa de lodo ( $M_c$ ) que deve ser descartada do reator, utilizou-se a equação  $M_c = P_{\text{lodo}} \cdot t_c$ . *Volume de lodo retirado dos reatores por ciclo de operação dos leitos:* Para o cálculo do volume de lodo ( $V_c$ ) que deve ser descartada do reator, utilizou-se a equação  $V_c = V_{\text{lodo}} \cdot t_c$ . *Taxa de aplicação dos sólidos nos leitos:* De acordo com Gonçalves et al. (2001) a taxa nominal de aplicação de sólidos ( $T_{\text{leito}}$ ) no leito usualmente encontra-se na faixa de 10 a 15 KgSST/m<sup>2</sup>.

### *Área necessária para os leitos de secagem*

Para cálculo da área total destinada aos leitos de secagem deve-se fazer uma relação entre a massa de lodo ( $M_c$ ) e a taxa nominal de aplicação de sólidos ( $T_{\text{leito}}$ ),  $A_{\text{leito}} = M_c / T_{\text{leito}}$ . *Altura da lâmina de lodo após a carga nos leitos:* Para estimar a altura da lâmina de lodo nos leitos de secagem, calcula-se a relação entre o volume de lodo ( $V_c$ ) e a área dos leitos ( $A_{\text{leito}}$ ), através da equação  $H_{\text{lodo}} = V_c / A_{\text{leito}}$ . *Filtros Anaeróbios de Fluxo Ascendente:* No filtro anaeróbio de fluxo ascendente, o efluente entra na parte inferior do tanque, saindo na parte superior.

É basicamente um processo de contato, no qual os efluentes passam através de uma massa de sólidos biológicos que está agregada a um meio suporte dentro do tanque. O meio suporte pode ser de pedra britada, blocos cerâmicos, anéis plásticos, etc., no qual a biomassa permanece aderida. O fluxo através do meio filtrante e do lodo ativo é que confere alta eficiência aos filtros anaeróbios (CHERNICHARO, 2016).

Filtros anaeróbios são utilizados como pós-tratamento de outras unidades anaeróbias porque, além de complementar o tratamento, possui uma capacidade de reter os sólidos e de recuperar-se de sobrecargas, conferindo assim, uma elevada segurança operacional ao sistema e maior estabilidade ao efluente, mantendo as vantagens do tratamento anaeróbio como baixa produção de lodo, consumo de energia e custo de implantação (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2008). A Tabela 9 mostra uma síntese dos principais critérios e parâmetros que norteiam o projeto de filtros anaeróbios.

Tabela 9. Taxas de aplicação recomendadas para o projeto de filtros anaeróbios, aplicados ao pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios

Critério/parâmetro de projeto	Faixa de valores, em função da vazão		
	Para $Q_{méd}$	Para $Q_{máx}$ diária	Para $Q_{máx}$ horária
Tipo de meio suporte	Pedra	Pedra	Pedra
Profundidade do meio suporte (m)	0,8 a 3,0	0,8 a 3,0	0,8 a 3,0
Tempo de detenção hidráulica (h)	5 a 10	4 a 8	3 a 6
Taxa de aplicação superficial ( $m^3/m^2.d$ )	6 a 10	8 a 12	10 a 15
Carga orgânica ( $kgDBO/m^3.d$ )	0,15 a 0,50	0,15 a 0,50	0,15 a 0,50
Carga orgânica no meio suporte ( $kgDBO/m^3.d$ )	0,25 a 0,75	0,25 a 0,75	0,25 a 0,75

Fonte: CHERNICHARO (2016)

### *Volume do filtro anaeróbio*

De acordo com a Tabela 9, os filtros anaeróbios devem ter um tempo de detenção de 5 a 10 h. Uma vez que o tempo de detenção foi adotado, pode-se obter o volume (V), através da equação  $V = Q_{méd} \cdot t$ ; *Altura do filtro anaeróbio*: Para determinação da profundidade do filtro anaeróbio deve-se elevar em consideração a altura  $h_1$  referente ao meio suporte (entre 0,8 a 3,0 m), altura  $h_2$  correspondente ao fundo falso (0,6 m) e altura  $h_3$  referente a lâmina livre até a canaleta de coleta do efluente (0,1 a 0,2 m).

Sendo assim, a altura total do filtro anaeróbio (H) é dada pela equação  $H = h_1 + h_2 + h_3$ ; *Área do filtro anaeróbio*: A área do filtro anaeróbio pode ser calculada a partir da relação entre o volume (V) e a altura (H), através da equação  $A = V/H$ ; *Volume da*

*camada do meio suporte:* O volume da camada suporte de brita ( $V_{\text{suporte}}$ ) pode ser obtida através do produto da área ( $A$ ) pela altura da referida camada ( $h_1$ ) como pode ser visto na equação  $V_{\text{suporte}} = A \times h_1$ ;

#### *Verificação da taxa de aplicação hidráulica superficial*

A taxa de aplicação hidráulica superficial pode ser obtida através da relação da vazão ( $Q$ ) pela área do filtro anaeróbio. Através da Tabela 9 pode-se comparar os valores sugeridos com os obtidos através das equações  $Q_{\text{méd-apl-s}} = Q_{\text{méd}} / A$ ,  $Q_{\text{máx-d-apl-s}} = Q_{\text{máx-d}} / A$  e  $Q_{\text{máx-h-apl-s}} = Q_{\text{máx-h}} / A$ ; *Verificação da carga orgânica volumétrica aplicada ao filtro anaeróbio:* A carga orgânica volumétrica aplicada ao filtro anaeróbio pode ser calculada através da equação  $C_{v1} = (Q_{\text{méd}} \times S_0) / V$ ; *Verificação da carga orgânica volumétrica aplicada a camada de meio suporte:* A carga orgânica volumétrica aplicada a camada de meio suporte pode ser calculada através da equação  $C_{v2} = (Q_{\text{méd}} \times S_0) / V_{\text{suporte}}$ ; *Estimativa da eficiência do filtro anaeróbio:* de acordo com van Haandel e Lettinga (1994) as eficiências de remoção para filtros anaeróbios podem ser estimadas a partir da equação  $E = 100 (1 - 0,87 \times t^{(-0,50)})$ ; *Estimativa da concentração de DQO e/ou DBO efluente final:* A partir da eficiência esperada para o sistema, pode-se estimar a concentração de DQO e/ou DBO no efluente final através da equação  $S = (S_0 - (E \times S_0)) / 100$ .

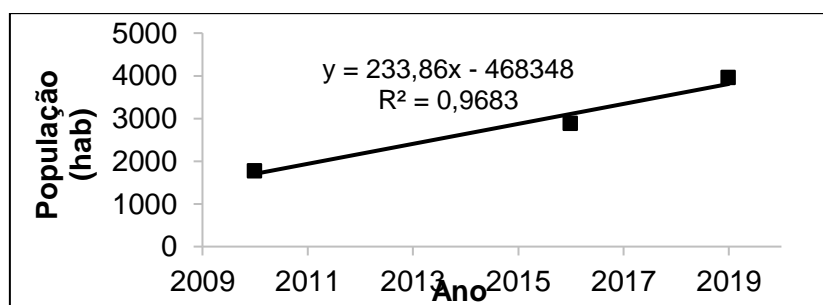
## **Resultados e discussão**

### *Projeção Populacional*

Tendo em vista as questões socioeconômicas, é de extrema importância realizar a projeção populacional, visando uma estimativa adequada do crescimento populacional do distrito de Tinguá e, conseqüentemente, a vazão de esgotos para o horizonte de projeto. O bairro de Tinguá encontra-se em uma fase de crescimento econômico lento o que tem influência direta no crescimento da população. Através

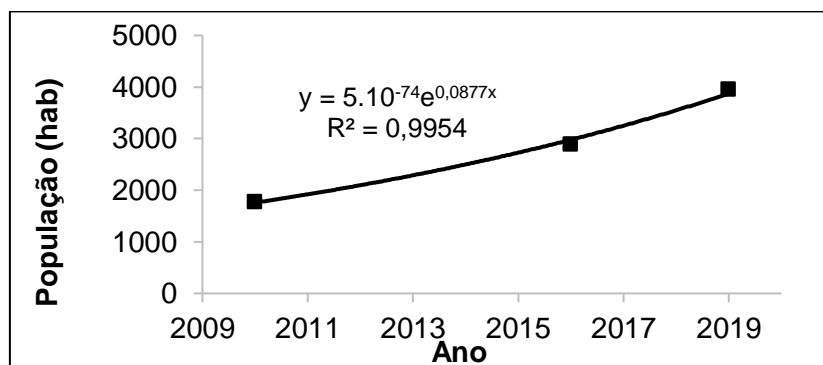
dos censos demográficos realizados pela Secretaria de Saúde de Nova Iguaçu (SEMUS) no ano de 2010, 2016 e 2019, foram obtidas as taxas de crescimento populacional para as projeções aritméticas e geométricas através do método de regressão linear. Nas Figuras 7 e 8 pode-se observar as equações matemáticas geradas e seus respectivos coeficientes de correlação ( $R^2$ ).

Figura 7. Projeção aritmética para o distrito de Tinguá



Fonte: Pesquisa do Autor

Figura 8. Projeção geométrica para o distrito de Tinguá



Fonte: Pesquisa do Autor

Pela equação do gráfico, foi possível obter a população em cada instante “t” o que permite o monitoramento e possíveis ajustes no escalonamento da ETE. A Tabela 10 mostra esta evolução populacional levando em consideração os dois modelos de projeção para período futuro de 25 anos. Como visto na Tabela 10, pode-se perceber que a projeção aritmética apresenta uma evolução mais condizente com as características locais do distrito de Tinguá apresentando uma população para o ano de 2045 de 9896 hab.

Tabela 10. Evolução populacional para o distrito de Tinguá

Ano	População		
	Censo	Projeção	
		Aritmética	Geométrica
2010	1778	1778	1778
2016	2888	2888	2888
2019	3956	3956	3956
2025		5219	6705
2030		6388	10396
2035		7557	16117
2040		8726	24988
2045		9896	38741

Fonte: Pesquisa do Autor

### Pré-Tratamento

Na Tabela 11 são apresentados os principais parâmetros da unidade de gradeamento. Após verificação dos cálculos apresentados na Tabela 11, será adotada uma grade com 30 barras com espessura de 5 mm, espaçamento entre as barras de 15 mm, largura de 4,8 cm, comprimento de 1,92 m e ângulo de inclinação de 45°.

Tabela 11. Parâmetros do sistema de gradeamento.

Grade		
Parâmetros	Resultados	Indicadores
Espessura da barra (m)	0,005	
Espaçamento entre barras (m)	0,015	
Vazão de efluente (m <sup>3</sup> /s)	0,39	
Velocidade máxima na grade (m/s)	0,8	(adotar $v_{max}$ entre 0,4 e 1,2)
Espaçamento entre as peças horizontais (m)	0,5	(adotar 1%)
Eficiência da grade (%)	0,75	≥ 75
Área útil da grade (m <sup>2</sup> )	0,61	

Fração de obstrução na grade (%)	0,2	(adotar entre 0,1 e 0,25)
Área molhada do canal (m <sup>2</sup> )	0,82	
Largura calculada do canal (m)	0,48	(adotar 0,6m quando menor)
Largura adotada do canal (m)	0,6	(seção quadrada L=C)
Tempo de escoamento na grade (s)	1	
Altura molhada do canal (m)	1,36	
Número de barras calculado	29,25	
Número de barras adotado	30	
Comprimento da barra adotado (m)	1,93	
Largura da barra (m)	0,048	(adotar 25% do comprimento)
Ângulo $\alpha$ de inclinação (°)	45	(mecanizada - 75 a 90° e manual - 30 a 60°)
Veloc. máxima na grade com obst. (m/s)	0,80	
Velocidade máxima no canal (m/s)	0,48	
Perda de carga máxima na grade (m)	0,030	

Fonte: Pesquisa do Autor

Na Tabela 12 são apresentados os principais parâmetros da unidade de desarenação. De acordo com o dimensionamento e os indicadores, serão adotadas caixas de areia com dimensões 2,5 x 9,7 m, totalizando uma área de 22,93 m<sup>2</sup> com um volume de areia sedimentada de 2,38 m<sup>3</sup>/d.

Tabela 12. Parâmetros do sistema de desarenação

<i>Caixa de Areia</i>		
<i>Parâmetros</i>	<i>Resultados</i>	<i>Indicadores</i>
Diâmetro das partículas de areia (m)	0,0002	0,1 mm <math>\varnothing</math> < 1,0 mm
Temperatura (°C)	19,5	
Velocidade de sedimentação (m/s)	0,026	
Q (m <sup>3</sup> /s)	0,39	
Área Superficial do Desarenador (m <sup>2</sup> )	22,93	
Largura adotada (m)	2,5	B > 0,6 m
Comprimento do Desarenador (m)	9,17	
V <sub>máx</sub> de escoamento adotado (m/s)	0,4	0,15 à 0,40 m/s
Altura Mínima do Desarenador (m)	0,39	
V <sub>máx</sub> de escoamento real (m/s)	0,4	
Taxa de sólidos (m <sup>3</sup> areia/m <sup>3</sup> água)	0,00007	
Vol. diário de sólidos sed. (m <sup>3</sup> /d)	2,38	
Prof. da Câmara de Sedimentação (m)	0,10	

Fonte: Pesquisa do Autor

Na Tabela 13 são apresentados os principais parâmetros da unidade de medição de vazão. Pode-se perceber que a calha Parshall apresenta uma largura W da garganta de 0,305 m, culminando em uma altura H na seção de medição de 0,69 m.

Tabela 13. Parâmetros do sistema de medição de vazão

<i>Medidor Parshall</i>	
Temperatura da Água (°C)	19,5
Vazão de Água (m <sup>3</sup> /s)	0,393
W (m)	0,305
k	1,276
n	0,657



D (m)	0,845
N (m)	0,229
g (m/s <sup>2</sup> )	9,81
K (m)	0,076
C (m)	0,762
G (m)	0,915
γ (N/m <sup>3</sup> )	997,13
μ (N.s/m <sup>2</sup> )	0,0000914
Altura da Água na Seção de Medição - H <sub>0</sub> (m)	0,69

Fonte: Pesquisa do Autor

### Reator UASB

Tendo uma temperatura média anual de Tinguá (19,75°C), foi estimado um tempo de retenção hidráulico de 10 horas. Com esse valor obtido juntamente com o da vazão média de projeto, foi possível calcular o volume total de reatores, ou seja, 790 m<sup>3</sup> (2 reatores). Para o dimensionamento de cada reator UASB, foi determinada uma área de seção transversal retangular com comprimento de 13 m e largura de 7,6 m, o que resultou em uma área real da seção transversal de 197,6 m<sup>2</sup>. A Tabela 14 mostra os valores de entrada para dimensionamento do reator UASB e os principais parâmetros obtidos.

Tabela 14. Resultados do dimensionamento do reator UASB

<i>Reator UASB</i>		
<i>Parâmetros</i>	<i>Resultados</i>	<i>Indicadores</i>
População (hab)	9896	
Q <sub>méd</sub> (m <sup>3</sup> /d)	1886,18	
DBO afluente (mg/L)	350	
Temperatura (°C)	19,5	
CO <sub>DBO</sub> (kg/d)	660,16	
DBO <sub>w</sub> /DBO <sub>5</sub>	1,46	

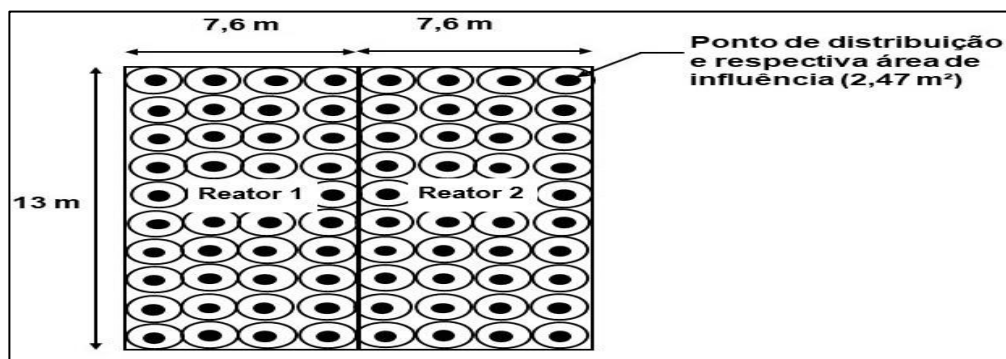
DQO/DBO <sub>5</sub>	2,4	1,7 a 2,4
S <sub>0</sub> -UASB-DBO <sub>u</sub> (mg/L)	511	
S <sub>0</sub> -UASB-DQO (mg/L)	840	
L <sub>0</sub> -UASB-DQO (kg/d)	1584,39	
Tempo de detenção hidráulica (h)	10	≥ 8 h
Volume total requerido (m <sup>3</sup> )	785,91	
Número de reatores	2	
Volume de cada reator (m <sup>3</sup> )	392,95	400 a 500
Altura do reator (m)	4	4 a 5
Área de cada reator (m <sup>2</sup> )	98,24	
Comprimento de cada reator (m)	13	
Largura de cada reator (m)	7,6	
Área real de cada reator (m <sup>2</sup> )	98,8	
Área real total dos reatores (m <sup>2</sup> )	197,6	
Volume real total requerido (m <sup>3</sup> )	790,4	
Tempo de detenção hidráulica real (h)	10,06	
Carga hidráulica volumétrica (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> .d)	2,38	≤ 5
Carga orgânica volumétrica (kgDQO/m <sup>3</sup> .d)	2,00	2,5 a 3,5
<i>Verificação das velocidades superficiais</i>		
Q <sub>méd:</sub> v (m/h)	0,39	0,5 a 0,7
Q <sub>máx-d:</sub> v (m/h)	0,48	≤ 1,1
Q <sub>máx-h:</sub> v (m/h)	0,72	≤ 1,5
Área de influência de distribuidores (m <sup>2</sup> )	2,47	1,5 a 3,0
Número de distribuidores	80,0	
Número de distribuidores por reator	40	

Fonte: Pesquisa do Autor

Através da relação da área real total dos reatores (m<sup>2</sup>) pela área da influência de distribuidores (m<sup>2</sup>), obteve-se o número dos tubos de distribuição, que totalizam 80

tubos. Ao longo do comprimento de cada reator (13 m) terão 10 tubos, e ao longo da largura de cada reator (7,6 m) terão 4 tubos. Assim, cada reator terá 40 (10 x 4) tubos de distribuição, e, por meio da relação da área real total dos reatores (m<sup>2</sup>) pelo número total de tubos, cada um com uma área de influência equivalente a 2,47 m<sup>2</sup> (Figura 9).

Figura 9. Esquema das áreas de influência de cada tudo de distribuição (Fundo do reator).



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo Autor

Na Tabela 15 pode-se observar as estimativas de eficiência de remoção de DQO e DBO para o esgoto a ser tratado no distrito de Tinguá, assim como a produção de biogás e metano no reator UASB.

Tabela 15. Estimativas de remoção de DQO e DBO e de produção de biogás e metano no reator UASB

<i>Estimativa da eficiência de remoção (%)</i>		
$E_{DQO}$	69,69	
$E_{DBO}$	77,93	
<i>Estimativa das concentrações de DQO e DBO (mg/L)</i>		
$S_{UASB-DQO}$	254,64	
$S_{UASB-DBO}$	112,79	
<i>Produção de biogás</i>		
$Y_{obs}$ (kgDQO <sub>lodo</sub> /kgDQO <sub>apl</sub> )	0,23	0,11 a 0,23
DQO <sub>CH<sub>4</sub></sub> (kgDQO/d)	739,69	

$F_{(T)}$ (kgDQO/m <sup>3</sup> )	2,67	
$Q_{CH_4}$ (m <sup>3</sup> /d)	277,41	
$C_{CH_4}$	0,75	0,7 a 0,8
$Q_{biogás}$ (m <sup>3</sup> /d)	369,88	

Fonte: Pesquisa do Autor

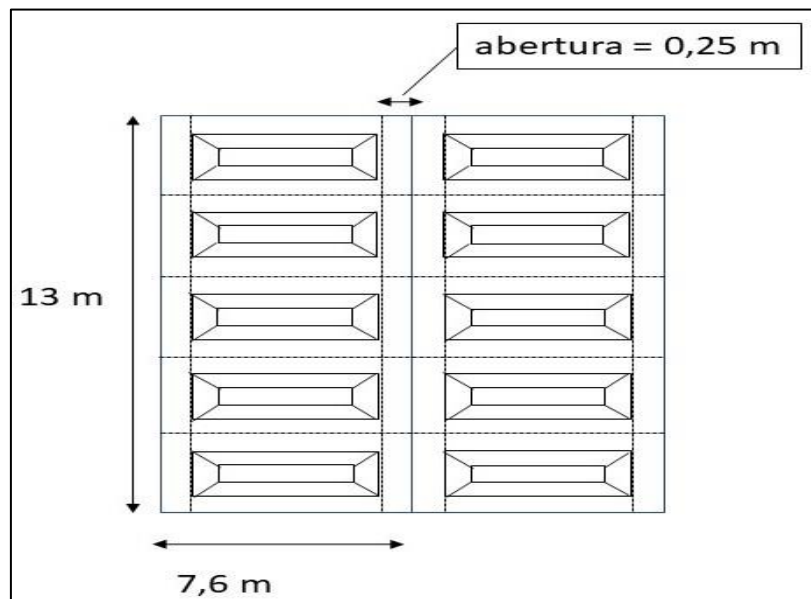
Na Tabela 16 são mostrados os parâmetros referentes aos componentes que fazem parte da área dos decantadores nos reatores UASB, como o número de separadores e aberturas, largura e comprimento das aberturas e área. A Figura 10 mostra uma planta superior dos separadores trifásicos dos reatores UASB.

Tabela 16. Parâmetros das aberturas para o decantador no Reator UASB

<i>Dimensionamento das aberturas para o decantador</i>		
Número de separados ao longo do comp. do reator	5	
Número aberturas simples ao longo do comp.do reator	20	
Número de separados ao longo da larg. do reator	1	
Número aberturas simples ao longo da larg. do reator	4	
Largura de cada abertura simples (m)	0,25	
Comp. aberturas simples ao longo da larg. do reator (m)	7,1	
Comp. equiv. aberturas simples ao longo da larg. do reator (m)	142	
Comp. equiv. aberturas simples ao longo do comp. do reator (m)	52	
Área total das aberturas (m <sup>2</sup> )	48,	5

Fonte: Pesquisa do Autor

Figura 10. Representação esquemática dos separadores trifásicos  
 (Planta Superior)



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo Autor

A Tabela 17 são mostrados os resultados das verificações das velocidades, área, taxa de aplicação superficial, volume, tempo de detenção e dimensões dos coletores de gás no compartimento de decantação dos reatores UASB. As Figura 11 e 12 mostram um corte transversal e longitudinal dos separadores trifásicos, respectivamente.

Tabela 17. Parâmetros de verificação das velocidades, área, taxa de aplicação superficial, volume, tempo de detenção e dimensões dos coletores de gás dos reatores UASB.

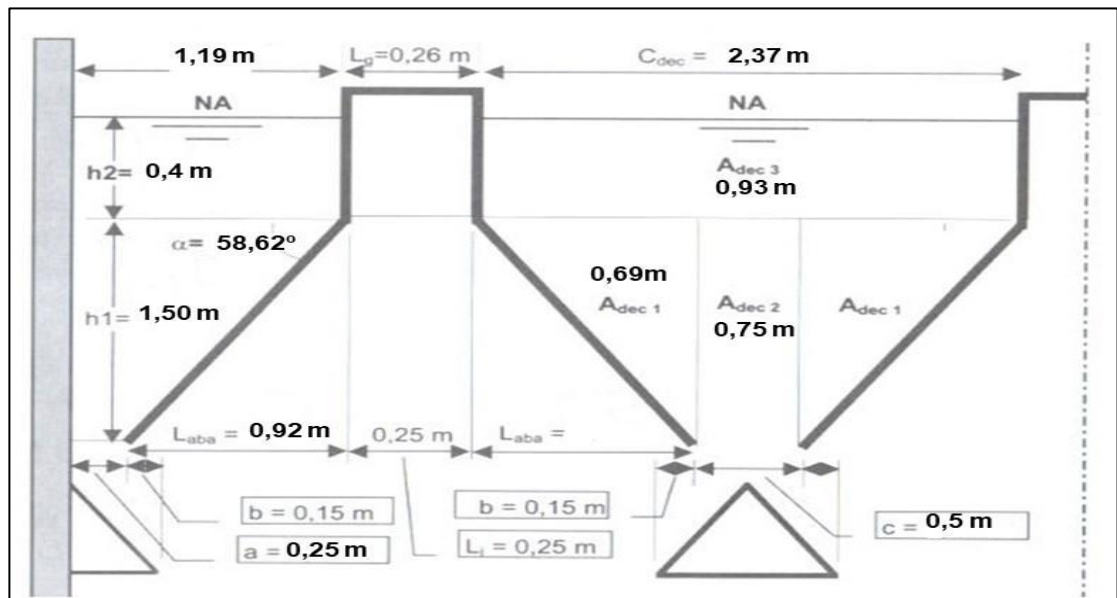
<i>Verificação das velocidades através das aberturas</i>		
<i>Parâmetros</i>	<i>Resultados</i>	<i>Indicadores</i>
$Q_{\text{méd}}/A_{\text{ab}}$ (m/h)	1,62	$\leq 2,5$
$Q_{\text{máx.d}}/A_{\text{ab}}$ (m/h)	1,94	$\leq 4,0$
$Q_{\text{máx.h}}/A_{\text{ab}}$ (m/h)	2,92	$\leq 5,5$
<i>Determinação da área superficial do compartimento de decantação</i>		
Número de decantadores	10	
Comprimento total de decantadores (m)	76	

Largura de cada coletor de gás junto a interface líquido-gás (m)	0,25	$\geq 0,25$
Espessura da parede do coletor (m)	0,01	
Largura externa de cada coletor de gás (m)	0,27	
Largura útil de cada compartimento de decantação (m)	2,33	
Área total de decantadores (m)	177,08	
<i>Verificação das taxas de aplicação superficial nos decantadores</i>		
$Q_{\text{méd}}/A_{\text{tdec}}$ (m/h)	0,44	$\leq 0,8$
$Q_{\text{máxd}}/A_{\text{tdec}}$ (m/h)	0,53	$\leq 1,2$
$Q_{\text{máxh}}/A_{\text{tdec}}$ (m/h)	0,80	$\leq 1,5$
<i>Determinação do volume do compartimento de decantação</i>		
Altura da aba inclinada do compartimento de decantação (m)	1,5	$\geq 1,5$
Largura da aba inclinada do compartimento de decantação (m)	0,92	
Altura da aba vertical do compartimento de decantação (m)	0,4	$\geq 0,3$
Área triangular entre as paredes inclinadas do decantador (m <sup>2</sup> )	0,69	
Área retangular entre as paredes verticais do decantador (m <sup>2</sup> )	0,75	
Área retangular entre as paredes verticais do decantador (m <sup>2</sup> )	0,93	
Área total ao longo da profundidade do decantador (m <sup>2</sup> )	3,05	
Volume total de decantadores (m <sup>3</sup> )	232,14	
Inclinação da aba de decantador em relação a horizontal (°)	58,62	
<i>Verificação tempo de retenção hidráulica nos decantadores</i>		
$V_{\text{dec}}/Q_{\text{méd}}$ (h)	2,95	$\geq 1,5$
$V_{\text{dec}}/Q_{\text{máxd}}$ (h)	2,46	$\geq 1,0$

$V_{dec}/Q_{máxh}$ (h)	1,64	> 0,6
<i>Dimensionamento dos coletores de gás</i>		
Número de coletores de gases	10	
Comprimento do coletor de gases (m)	5,27	
Comprimento total dos coletores de gases (m)	52,7	
Área total de coletores junto a interface líquido-gás (m <sup>2</sup> )	13,18	
Verificação da taxa de liberação de biogás nos coletores (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h)	1,17	1,0 a 5,0

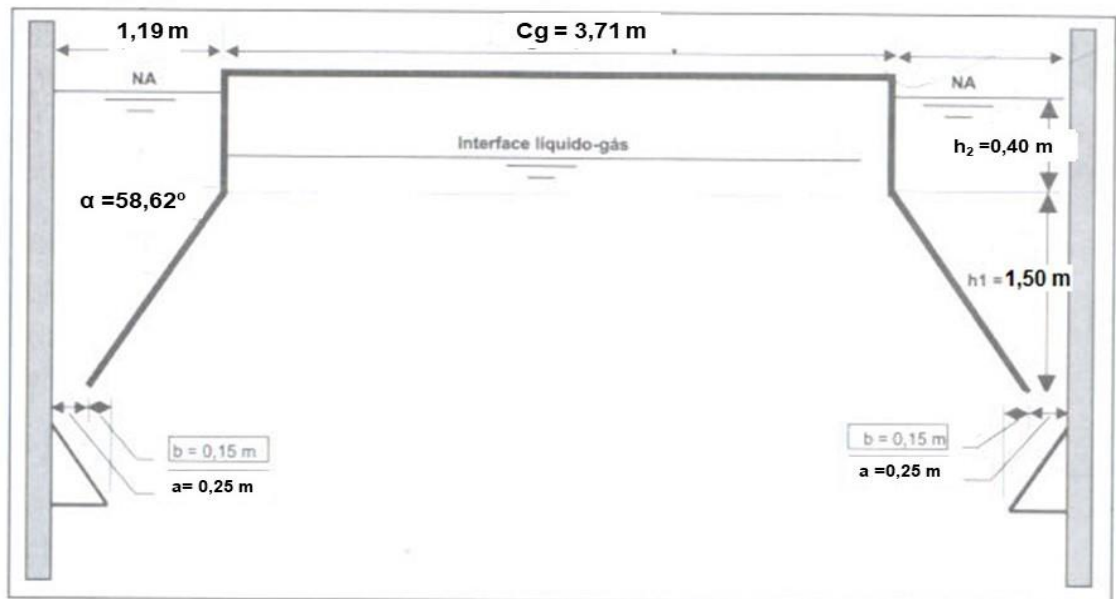
Fonte: Pesquisa do Autor

Figura 11. Corte transversal (esquemático) dos separadores trifásicos.



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo Autor

Figura 12. Corte longitudinal (esquemático) de um separador trifásico



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo Autor

### *Leito de Secagem*

Leitos de secagem são compartimentos que tem por objetivo desidratar, por meios naturais, o lodo que foi digerido no digestor anaeróbio. Uma malha de drenagem, prevista na parte inferior do sistema, permite a retirada e afastamento do líquido do material digerido. Além do que, um lodo mais seco, e por isso de volume reduzido, contribui para a redução nos custos de transporte até o local de disposição final. Ao se cobrir o leito abre-se a possibilidade de usar a energia solar para aquecer o lodo durante a secagem. Reduzindo dessa maneira a concentração de bactérias patogênicas. Esta “pasteurização solar” se torna particularmente importante se o lodo é utilizado como um condicionador de solo na agricultura.

A Tabela 18 mostra os parâmetros utilizados para os cálculos e as dimensões dos leitos de secagem. Após análise dos cálculos, conclui-se a massa de lodo processada por unidade de área e por unidade de tempo até atingir a umidade final desejada, atendeu a carga aplicada preconizada de 15 Kg de sólidos suspensos totais por m<sup>2</sup> de área do leito de secagem por ciclo (15 KgSST/m<sup>2</sup>).

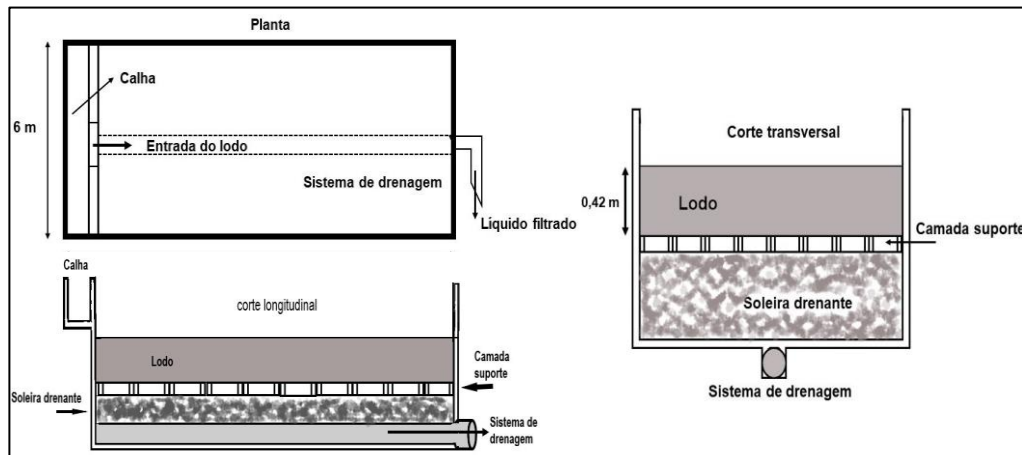


Tabela 18. Principais parâmetros da produção de lodo e dimensões dos leitos de secagem

<i>Avaliação da produção de lodo</i>		
<i>Parâmetros</i>	<i>Resultados</i>	<i>Indicadores</i>
Coeficiente de sólidos no sistema (kgSST/kgDQO <sub>api</sub> )	0,15	0,1 a 0,2
Produção de lodo (kgSST/d)	237,66	
Massa específica do lodo (kg/m <sup>3</sup> )	1020	1020 a 1040
Concentração do lodo (%)	0,035	0,02 a 0,05
Produção volumétrica de lodo (m <sup>3</sup> /d)	6,66	
<i>Dimensionamento dos leitos de secagem</i>		
Ciclo de operação dos leitos de secagem (d)	15	15 a 20
Massa lodo retirada dos reatores/ciclo de operação (kgSST)	3564,88	
Volume lodo retirado dos reatores/ciclo de operação (m <sup>3</sup> )	99,86	
Taxa nominal de aplicação de sólidos no leito (kgSST/m <sup>2</sup> )	15	10 a 15
Área necessária para os leitos de secagem (m <sup>2</sup> )	237,66	
Número de leitos de secagem	4	
Comprimento dos leitos de secagem (m)	10	
Largura dos leitos de secagem (m)	6	
Área real total dos leitos de secagem (m <sup>2</sup> )	240	
Altura da lâmina do lodo nos leitos (m)	0,42	

Fonte: Pesquisa do Autor

Figura 13. Desenho esquemático de leito de secagem em planta, corte longitudinal e corte transversal.



Fonte: CHERNICHARO (2016) adaptado pelo Autor.

### *Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente*

Conforme descrito por Chernicharo (2016), observa-se que uma grande parte da carga orgânica afluyente é removida na parte inferior (fundo falso) do filtro anaeróbio, fazendo com que as cargas orgânicas volumétricas aplicadas ao meio suporte sejam bem inferiores, e os 2 (dois) filtros dimensionados foram bastante eficientes remoção de sólidos suspensos totais. Foi estimada uma eficiência de remoção do filtro de, aproximadamente, 64%. Já a eficiência global (filtro anaeróbio + reator UASB) mostrou uma taxa de, aproximadamente, 92% de remoção dos sólidos. Na Tabela 19 são demonstrados os principais parâmetros e resultados obtidos para o filtro anaeróbio de fluxo ascendente.

Tabela 19. Principais parâmetros e resultados para o filtro anaeróbio

<i>Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente</i>		
S <sub>0</sub> DBO (mg/L)	112,79	
Tempo de detenção hidráulica (h)	8	3 a 10
Volume do filtro (m <sup>3</sup> )	628,73	
Altura do meio suporte (m)	1,5	0,8 a 3,0

Altura do fundo falso (m)	0,6	
Altura da lâmina livre até a canaleta do efluente (m)	0,4	
Altura total do filtro (m)	2,5	
Área do filtro (m <sup>2</sup> )	251,49	
Volume da camada do meio suporte (m <sup>3</sup> )	377,24	
<i>Verificação da taxa de aplicação hidráulica superficial</i>		
$Q_{\text{méd}} / A$ (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d)	7,5	6 a 10
$Q_{\text{máx-d}} / A$ (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d)	9	8 a 12
$Q_{\text{máx-h}} / A$ (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d)	13,5	10 a 15
<i>Verificação da carga orgânica volumétrica média aplicada</i>		
Filtro anaeróbio (kgDBO/m <sup>3</sup> .d)	0,34	0,15 a 0,50
Camada de meio suporte (kgDBO/m <sup>3</sup> .d)	0,56	0,25 a 0,75
<i>Determinação das dimensões do filtro</i>		
Número de filtros	2	
Comprimento de cada filtro (m)	14	
Largura de cada filtro (m)	9	
Área real total dos filtros (m <sup>2</sup> )	252	
Estimativa de eficiência do filtro (%)	69,24	
Estimativa da concentração de DBO efluente (mg/L)	34,69	
Estimativa da eficiência global - UASB + Filtro (%)	92,37	

Fonte: Pesquisa do Autor

### Considerações finais

Considerando os resultados obtidos, constata-se que o sistema de tratamento pode proporcionar uma eficiência de remoção de até 92%, atingindo assim, uma eficiência acima da mínima exigida pela DZ-215 do Inea (85%), mostrando que a

opção de tratamento pode se adequar perfeitamente as necessidades do distrito de Tinguá. É importante salientar, também, que o lodo proveniente do reator UASB e do filtro anaeróbio já saem estabilizados e com elevada concentração, podendo ser secado diretamente nos leitos de secagem e posteriormente serem até mesmo utilizado para recomposição de áreas degradadas ao entorno da reserva do Tinguá. Também se faz necessário sinalizar que este assunto não se esgota com as informações mostradas nesse estudo e que este artigo em questão pode, futuramente, integrar um projeto modelo para a instalação de uma ETE na região declarada neste trabalho de conclusão de curso.

## Referências

24º DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO. SNIS, 2018. Disponível em:[http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico\\_AE2018.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf). Acesso em: 25 jun. 2020.

AISSE, Miguel Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.969: Tanques sépticos – unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.

ATLAS ESGOTOS: DESPOLUIÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS. SNIRH, 2020. Disponível em:<http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlas-esgotos>. Acesso em: 28 de jun. 2020.

BRUNO, Miguel. **População, Espaço e Sustentabilidade: Contribuições para o desenvolvimento do Brasil**. IBGE, 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv94508.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2020.

CAVALCANTE, J.E.W.A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda, 500 p., 2012.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios: Princípios do Tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed. Ampl. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

CLIMATEMPO. **Climatologia**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/6924/tingua-rj> Acesso em: 14 jul. 2020.

GONÇALVES, R.F.; LUDUVICE, M.; VON SPERLING, M. **Remoção da umidade de lodos de esgotos**. In: Lodo de esgotos: tratamento e disposição final, DESA/UFMG, Belo Horizonte, 484 p., 2001.

GUERRA, Amanda Estela. **Atlas do saneamento 2011: Qualidade e eficiência dos serviços de saneamento**. IBGE, 2019. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096\\_cap2.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap2.pdf)>. Acesso em: 24 jun 2020.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 5ª Ed. Rio de Janeiro, 940p, 2009.

Mapa de Indicadores de Esgoto. **SNIS, 2019**. Disponível em: <[http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua\\_esgoto/mapa-esgoto](http://appsnis.mdr.gov.br/indicadores/web/agua_esgoto/mapa-esgoto)>. Acesso em: 28 jun. 2020.

MARGULIES, Beatriz Nogueira; OLIVEIRA, Gesner; SCAZUFCA, Pedro. Ranking do Saneamento Trata Brasil 2020 (SNIS 2018). **TrataBrasil**, 2019. Disponível em: [http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking\\_2020/Relat%C3%B3rio\\_-\\_Ranking\\_Trata\\_Brasil\\_2020\\_1.pdf](http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/ranking_2020/Relat%C3%B3rio_-_Ranking_Trata_Brasil_2020_1.pdf). Acesso em: 24 jun. 2020.

OLIVEIRA S.M.A.C. (2006). **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Escola de Engenharia da UFMG.

PLANO DE MANEJO REBIO DO TINGUÁ. ICMBIO, 2006. Disponível em: [https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-do-tingua/arquivos/rebio\\_tingua-1.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rebio-do-tingua/arquivos/rebio_tingua-1.pdf). Acesso em: 26 jul. 2020.

PLANO METROPOLITANO DE SANEAMENTO. APÊNDICE 11. Município de Nova Iguaçu. 2018. Disponível em: [http://www.rj.gov.br/consultapublica/documentos/Grupo\\_4\\_-\\_Plano\\_Metropolitano\\_de\\_Saneamento/Apendice\\_11\\_-\\_Nova\\_Iguacu.pdf](http://www.rj.gov.br/consultapublica/documentos/Grupo_4_-_Plano_Metropolitano_de_Saneamento/Apendice_11_-_Nova_Iguacu.pdf). Acesso em: 22 jul. 2020.

TAVARES, Sandra. **Tingá conserva pedaço de Mata Atlântica**. ICMBIO, 2019. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/4-destaques/6978-tingua-conserva-pedaco-de-mata-atlantica>. Acesso em: 07 jun. 2020.