

CÁSSIO DALLA ROSA

**PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA WETLANDS
CONSTRUÍDO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO
DE CHAPECÓ - SC**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da
Fronteira sul.

Orientador: Prof. Me. Leandro Bassani

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e
aprovado pela banca em: 05 / 12 / 2019

BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Leandro Bassani – UFFS


Prof. Dr. Arlindo Cristiano Felipe – UFFS

Prof. Dr. Fernando Grison - UFFS

Projeto e dimensionamento de um sistema *Wetlands* Construído (WC) em residência unifamiliar no município de Chapecó – SC e comparativo de custos com as lagoas de estabilização

Cássio Dalla Rosa*
Leandro Bassani**

Resumo

Considerando que a coleta e tratamento de esgoto doméstico não atinge a toda população, torna-se oportuno a busca por tecnologias simplificadas, econômicas e descentralizadas, tais como os *wetlands* construídos, que minimizem esse cenário. O objetivo do estudo baseou-se no projeto de um sistema alternativo para o tratamento de esgoto em uma residência unifamiliar de área suburbana do município de Chapecó – SC. O sistema proposto consistiu de tanque séptico, filtro anaeróbio e *wetlands* construído, sendo os dois primeiros utilizados como unidade de tratamento primário e secundário, respectivamente. A metodologia de estudo centralizou-se na NBR 13969/1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, NBR 7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e na revisão da literatura científica. Em um segundo momento realizou-se o dimensionamento de um sistema de lagoas de estabilização (lagoa anaeróbia e lagoa facultativa) para uma população de 1000 habitantes, considerando padrão médio. Por fim, fez-se uma comparação de custos entre os seguintes arranjos: lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e lagoa anaeróbia seguida de *wetlands* construído. O sistema de esgoto projetado para a residência dispendeu uma área aproximada de 10,5 metros quadrados a um custo próximo de R\$ 7.500,00. Percebeu-se que para uma população acima de 1000 habitantes é mais vantajoso financeiramente, a utilização de lagoas facultativas em detrimento de *wetlands* construídos, quando da associação com as lagoas anaeróbias. Os *wetlands* construídos representam uma interessante alternativa para o tratamento de esgoto doméstico em comunidades periféricas e desprovidas de rede de coleta de esgoto.

Palavras-chave: *Wetlands* construído, comunidades periféricas, tratamento de esgoto doméstico.

1 - Introdução

Segundo a UNESCO 884 milhões de pessoas no mundo não têm acesso a água potável segura e 2,6 mil milhões de pessoas não têm acesso ao saneamento básico, o que representa 40% da população mundial. Conforme o Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto (2012) existe o abastecimento de água em 5070 municípios, com população urbana de 160,4 milhões de habitantes, assegurando uma representatividade de 91% em relação ao total de municípios e de 98% em relação à população urbana do Brasil. Em termos de esgotamento sanitário, a quantidade de municípios é de 3648 e a população urbana de 149,0 milhões de habitantes, uma representatividade de 65,5% em relação ao total de municípios e de 91% em relação à

* Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul – cassiodallarosa@hotmail.com

** Engenheiro Ambiental e Sanitarista, professor da Universidade Federal da Fronteira Sul – bassani2609@gmail.com

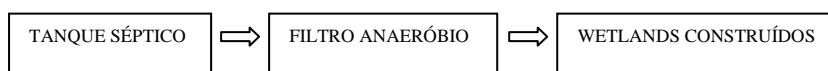
população urbana do Brasil. O atendimento com redes coletoras de esgotos alcança um contingente de população urbana cujo índice médio no país é de 56,1%, destacando-se a região Sudeste, com média de 80,3%. Já a média do país para o tratamento de esgotos gerados chega a 38,6% e dos esgotos coletados a 69,4%, em ambos os casos, destacando-se a região Centro-Oeste, com 44,2% e 90%, respectivamente..

Conforme Brasil e Matos (2008) o tratamento de águas residuárias em sistemas do tipo *wetlands*, cultivados com plantas macrófitas, estão associados a baixos custos e simplicidade de operação e manutenção. Fatores estes que os tornam ideais para a aplicação em regiões carentes de saneamento básico, tais como a região especificada para a realização do projeto. Além disso, esses sistemas adequam-se perfeitamente às condições de países de clima tropical, caso do Brasil, que apresentem disponibilidade de área para implementação.

Os *wetlands* constituem-se de sistemas que utilizam plantas aquáticas (macrófitas) em um meio suporte, geralmente, areia, brita ou cascalho, capazes de promover a proliferação de microorganismos que atuam na degradação da matéria orgânica complexa, através de processos químicos, físicos e biológicos, em elementos mais simples que podem servir como nutriente para as plantas, contribuindo desta forma no tratamento de esgotos domésticos (FERREIRA; SARON, 2013).

Considerando que o saneamento básico constitui-se essencialmente de um sistema centralizado, que muitas vezes não atinge a toda a população, e que vai além do aspecto financeiro, torna-se oportuno buscar tecnologias simplificadas, econômicas e descentralizadas que visem um patamar sanitário adequado. Nesse contexto, os sistemas *wetlands* construídos surgem como instrumentos de grande interesse. O objetivo do trabalho consiste em propor um sistema alternativo para o tratamento de esgoto em uma residência unifamiliar, residente em região desprovida de rede de coleta de esgoto, sendo composto de tanque séptico, filtro anaeróbio e *wetlands* construído, conforme a Figura 1. Em um segundo momento, fez-se um estudo de viabilidade econômica da implementação dos *wetlands* construídos em associação com as lagoas de estabilização, considerando uma população a partir de 1000 habitantes.

Figura 1: Esquema representativo do sistema proposto para o tratamento de esgoto



Fonte: Autor (2014).

2 – Materiais e métodos

Em um primeiro momento realizou-se a visita in loco da propriedade. A residência especificada para o projeto e dimensionamento do sistema *wetlands* encontra-se em uma região suburbana do município de Chapecó cujas coordenadas geográficas são 27°11'18.23"S e 52°33'53.07"O, conforme. Trata-se de um local caracterizado pela ausência de sistema de coleta de esgotos. A propriedade é composta de quatro pessoas, sendo a agricultura a principal atividade realizada no local. Nessa etapa foram identificados critérios relacionados ao dimensionamento do sistema *wetlands*, tais como espaço, população, contribuição de esgotos per capita, dentre outros. Estes dados constituíram-se a base para as especificações de projeto.

Os critérios técnicos de projeto foram baseados na NBR 13969/1997 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação, NBR 7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos e na revisão da literatura científica. Posteriormente fez-se um levantamento no mercado dos custos associados aos arranjos que foram propostos.

2.1 - Unidade de Tratamento Primário: Tanque Séptico

Segundo Sezerino e Phillip (2004), a utilização dos sistemas *wetlands* está associada ao tratamento secundário e terciário de esgotos, cujo pré tratamento corresponde ao uso de tanque sépticos e/ou filtros anaeróbios. A importância do tratamento primário remete a maximização da redução de materiais sólidos grosseiros e as gorduras. Essa parcela de remoção contribui para o não entupimento dos filtros presentes no sistema *wetlands*.

O projeto e dimensionamento do sistema de tanque séptico, enquanto unidade de tratamento primário do esgoto, basear-se-á nos critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora Brasileira - NBR 7229/1993 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.

A aplicação do sistema de tanque séptico está relacionada ao tratamento do esgoto doméstico proveniente da unidade familiar, tendo em vista a ausência de rede pública coletora de esgoto no local. É importante que não exista o encaminhamento da água da chuva para esses sistemas, de modo a evitar a elevação excessiva da vazão de esgoto afluente.

O dimensionamento do tanque séptico é dado pela Equação 1:

$$V = 1000 + N.(C.T + K.Lf) \quad (1)$$

Sendo (V) o volume útil, em litros; (N) o número de pessoas ou unidades de contribuição; (C) a contribuição de despejos, em litro/pessoa . dia ou em litro/unidade . dia; (T) o período de detenção, em dias; (K) a taxa de acumulação de lodo digerido em dias equivalente ao tempo de lodo fresco e (Lf) a contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa . dia ou em litro/unidade . dia.

Considerando que existem quatro ocupantes no local, que a contribuição diária de esgoto seja de 130 litros por pessoa – considerando padrão médio (Anexo B – Tabela 4), a vazão seja de 520 litros por dia (130 litros/pessoa . 4 pessoas), a contribuição diária de lodo fresco (Lf) seja de 1 litro por pessoa (Anexo B – Tabela 4), tomando um período de detenção de 1 dia (Anexo B – Tabela 5), uma taxa de acumulação de lodo digerido de 225 dias (Anexo C – Tabela 6) e aplicando na Equação (1), têm-se um volume útil para o tanque séptico equivalente a 2,42 metros cúbicos.

O formato do tanque séptico a ser construído é do tipo prismático retangular de câmara única, que se caracteriza por maior área horizontal e menor profundidade.

Considerando que a profundidade útil (h) do tanque séptico seja de 1,5 metros e adotando a relação entre comprimento interno total (L) e largura interna total (W) como sendo de 2:1, pode-se através das Equações (2), (3) e (4), determinar as dimensões do tanque séptico.

$$V = W . h . L \quad (2)$$

$$V = W \cdot h \cdot 2W \quad (3)$$

$$V = h \cdot 2W^2 \quad (4)$$

Substituindo os valores em (4), obtêm-se uma largura interna total (W) igual a 0,90 metros e um comprimento interno total (L) equivalente a 1,80 metros, delimitando, deste modo, a geometria do tanque.

2.2 - Unidade de Tratamento Secundário: Filtro Anaeróbio

De maneira geral, em um sistema de tratamento de esgotos, os custos de implantação e de operação são proporcionais ao volume de esgoto a ser tratado. Além disso, quanto mais concentrado é o esgoto, mais fácil é o seu processo de depuração. Segundo a NBR 13969/97, o filtro anaeróbio corresponde a um reator biológico com esgoto em fluxo ascendente, composto de uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meios filtrantes submersos onde atuam microrganismos facultativos e anaeróbios, responsáveis pela estabilização da matéria orgânica.

Dimensionamento do Filtro Anaeróbio:

O volume útil do leito filtrante (V_u) em litros é obtido pela Equação (5):

$$V_u = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T \quad (5)$$

Onde (N) é o número de contribuintes; (C) a concentração de despejos, em litro/habitante . dia e (T) o tempo de detenção hidráulica, em dias.

Tomando a vazão igual a 520 litros por dia e considerando a temperatura média do mês mais frio abaixo de 15°C (Anexo D - Tabela 8), têm-se um tempo de detenção de 1,17 dias. Substituindo os valores em (5) obtêm-se um volume útil para o filtro anaeróbio igual a 0,973 metros cúbicos.

A norma estabelece que o volume mínimo do leito filtrante deva ser de um metro cúbico, portanto, considera-se tal valor como parâmetro de projeto. O projeto previu a construção de um filtro anaeróbio do tipo circular com entrada única de esgoto. A altura total do leito filtrante, do filtro anaeróbio, corresponde a soma entre a altura do leito filtrante e a altura do fundo falso. A NBR 13969/97 limita a altura total do leito filtrante (considerando a altura do fundo falso) a 1,20 metros e a altura do fundo falso (incluindo a espessura da laje) a 0,60 metros.

A altura total do filtro anaeróbio pode ser obtida pela seguinte Equação (6), como segue:

$$H = h + h_1 + h_2 \quad (6)$$

Sendo, (H) a altura total interna do filtro anaeróbio, em metros; (h) a altura total do leito filtrante (valor fixado em 1,20 metros); (h₁) a altura da calha coletora, em metros e (h₂) a altura sobressalente, em metros.

Adotando a altura da calha coletora (h₁) como sendo de 0,10 metros e a altura do vão livre (h₂) como sendo de 0,20 metros, sabendo que a altura total do leito tem um valor fixo de 1,20 metros e substituindo os valores em (6) têm-se uma altura total interna do filtro anaeróbio equivalente a 1,50 metros.

Sabendo que a altura fixada do leito filtrante equivale a 0,60 metros, pode-se calcular a área da seção do filtro através da Equação (7):

$$A = \frac{V}{h} \quad (7)$$

Onde, (A) é a área da seção do filtro, em metros quadrados; (V) é o volume útil do leito filtrante, em metros cúbicos e (h) é a altura fixada do leito filtrante, em metros.

Substituindo os valores encontrados na Equação (7), obtêm-se como área de seção do filtro a magnitude de 1,667 metros quadrados.

Considerando que a seção do filtro anaeróbio é do tipo circular, pode-se obter o diâmetro do filtro através da Equação (8):

$$D = \sqrt{\frac{(4 \times A)}{\pi}} \quad (8)$$

Onde, (D) é o diâmetro do filtro, em metros; (A) é a área da seção do filtro, em metros quadrados e (π) é uma constante. Substituindo o valor encontrado para a área na Equação (8) têm-se um diâmetro do filtro igual a 1,437 metros.

A NBR 13969/97 prevê uma perda de carga de 0,10 metros entre os sistemas tanque sépticos e filtro anaeróbio. Em relação ao despejo do esgoto afluente no fundo do filtro anaeróbio, ela estabelece a distribuição de tubos verticais com bocais perpendiculares ao fundo plano, situados a uma distância de 0,30 metros entre o bocal e o fundo. A área a ser abrangida por cada bocal de distribuição deve ser inferior a 3,0 metros quadrados. Utilizar-se-á somente um bocal, pois a área total foi equivalente a 1,667 metros quadrados. A distribuição do esgoto afluente dar-se-á através da utilização de tubos perfurados de PVC. O processo de coleta do efluente está associado a utilização de canaleta coletora de efluente. A drenagem dos filtros, por sua vez, dar-se-á pelo fluxo descendente através da utilização de tubos guia de diâmetro de 200 milímetros, sendo a presença de um tubo na área de fundo. Utilizar-se-á como material filtrante para o filtro anaeróbio brita N° 4 de dimensões uniformes, de modo a evitar a obstrução do filtro. No fundo falso, o diâmetro dos furos deve ser de 2,5 centímetros, sendo que o somatório das áreas das cavas deve corresponder a no mínimo, 5% da área do fundo falso. Ainda segundo a Norma, o filtro anaeróbio deve possuir uma cobertura em laje de concreto, de modo que a tampa de inspeção esteja localizada em cima do tubo guia para drenagem. O projeto prevê a construção do filtro anaeróbio em concreto armado visando a resistência mecânica da estrutura e de modo a não permitir a infiltração de água externa a estrutura reatora. A limpeza do filtro quando da obstrução do leito filtrante dar-se-á pela utilização de bomba de recalque pelo espaço destinado ao tubo guia.

2.3 - Dimensionamento *Wetlands* Construídos (WC)

Como unidade terciária de tratamento de esgoto doméstico, o projeto previu a construção de sistemas *wetlands* – que constituem-se de filtros plantados com espécies de macrófitas - com potencial de redução dos contaminantes do esgoto. Segundo Sezerino e Phillip (2004), existem diversos modelos para projetar filtros plantados com macrófitas (*wetlands*) na literatura internacional, sendo que muitos destes modelos estão voltados para a

remoção da matéria orgânica carbonácea quando trata-se do dimensionamento de unidades de fluxo horizontal, ao passo que os modelos aplicáveis às unidades de fluxo vertical estão baseadas no balanço de oxigênio necessário a atividade de remoção da matéria carbonácea. Utilizar-se-á *wetlands* de fluxo subsuperficial horizontal, por tratar-se de um modelo mais simples em relação ao de fluxo vertical, tendo em vista que o último depende de alimentação intermitente e está associado a maiores custos operacionais, além de ser considerado de difícil adaptação, quando comparado ao sistema horizontal.

2.3.1 - Modelo de dimensionamento para sistemas *wetlands* de fluxo horizontal

Sezerino e Phillip (2004) propõem dois métodos para o dimensionamento de *wetlands* construídos de fluxo horizontal. O primeiro está associado a degradação da matéria orgânica carbonácea em um modelo de cinética de primeira ordem, aplicável aos reatores tipo-pistão. O segundo modelo está associado a uma relação área de filtro plantado por habitante. Esses modelos são amplamente utilizados para a delimitação da área superficial plantada com macrófitas, no processo de tratamento de esgotos domésticos. Considerando o processo de cinética de primeira ordem, a área superficial requerida pode ser obtida através da seguinte Equação (9):

$$A = \frac{Q \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{KT \cdot p \cdot n} \quad (9)$$

Onde, (A) é a área superficial requerida (metros quadrados); (Q) é a vazão afluente (metros cúbicos/dia); (Co) é a concentração afluente em termos de DBO₅ (miligrama/litro ou grama/metro cúbico); (Ce) é a concentração efluente em termos de DBO₅ (miligrama/litro ou grama/metro cúbico); p é a profundidade média do filtro (metros); (n) é a porosidade do material filtrante (adimensional) e (KT) é a constante de reação de cinética de primeira ordem (d⁻¹).

Sendo KT dependente da constante de reação a 20°C (K20) e da temperatura crítica (T) conforme a Equação (10):

$$KT = K20 \cdot (1,06)^{T-20} \quad (10)$$

Adotando o valor da constante para a temperatura de 20°C (K20) igual a 0,80 d⁻¹ (varia 0,70 d⁻¹ ± 0,23), considerando uma temperatura crítica de 15°C e substituindo em (10) obtêm-se um valor de KT equivalente a 0,60.

Considerando a vazão afluente no *wetlands* como sendo de 0,52 metros cúbicos/dia (520 litros/dia), a concentração afluente em termos de DBO₅ igual a 160 miligrama/litro (remoção de 60% nas etapas de tratamento primário e secundário), a concentração efluente em termos de DBO₅ igual a 30 miligramas/litro, a profundidade média do filtro equivalente a 0,50 metros, a porosidade do material filtrante (areia grossa) como sendo de 0,40, adotando o valor de KT obtido acima e substituindo em (9) obtêm-se uma área requerida para o *wetlands* equivalente a 7,25 metros quadrados.

Como existem quatro ocupantes na residência, têm-se uma área de 1,81 metros quadrados de filtro plantado por pessoa. Sezerino (2012) propôs ainda, valores típicos entre a relação área de filtro plantado/pessoa, baseado na divulgação de 100 trabalhos publicados no Brasil, durante o período de 1998 a 2011.

Tabela 1 – Valores típicos para a relação área de filtro plantado por pessoa

Afluente	Relação área per capita (m^2 /pessoa)	Vazão (l/dia)	Área WCFH (m^2)	Autores
Esgoto doméstico ou sanitário	Mínimo: 0,14	6480	6,00	Avelar, et.al (2009)
Esgoto doméstico ou sanitário	Máximo: 8,00	450	24,00	Borges, et.al (2008)

Fonte: Adaptado de Sezerino (2012)

Percebe-se pela Tabela 1 que o valor de área/pessoa (1,81 metros quadrados) encontrado no modelo de cinética de primeira ordem é concordante com o intervalo proposto por Sezerino.

2.3.2 - Material Filtrante em WC

Segundo Sezerino e Phillip (2004) a especificação do material filtrante em sistemas wetlands deve aliar boas condições de fluxo hidráulico e potencial reativo, ou seja, deve ser capaz de adsorver compostos inorgânicos presentes nas águas residuárias, tais como a amônia (NH_4) e o ortofosfato (PO_4^{3-}). As macrófitas adaptam-se a uma grande variedade de materiais filtrante, desde os solos naturais, passando pelas britas e areias. Geralmente espécies como a Taboa (*Typha spp.*) e os juncos comuns (*Phragmites australis*) ocupam de 30 a 40 cm de profundidade do material de recheio, o que torna esta porção aerada e com probabilidade de aderência de microorganismos. (IWA Specialist Group on Use of Macrophytes, 2000 apud Sezerino e Phillip, 2004).

As principais propriedades das partículas do material filtrante em projetos de filtros plantados com macrófitas estão associadas a composição granulométrica e aos índices obtidos a partir desta - diâmetro efetivo (d_{10}), coeficiente de uniformidade (U) e condutividade hidráulica teórica (K) (Sezerino e Phillip, 2004).

A literatura internacional estabelece propriedades ideais para as partículas empregadas em tecnologias no tratamento de efluentes líquidos, domésticos ou industriais e que se baseiam no princípio de filtração e crescimento de biofilmes aderido a um meio suporte inerte (tais como os sistemas wetlands), dentre os quais: d_{10} superior ou igual a 0,20 mm; coeficiente de uniformidade menor ou igual a 5 unidades e coeficiente de permeabilidade menor ou igual a 10^{-4} m/s.

2.3.3 - Utilização de macrófitas em WC

As plantas são elementos de destaque em wetlands construídos, sendo usualmente utilizado as macrófitas – plantas aquáticas. As plantas desempenham um papel fundamental no processo de depuração das águas, seja através da absorção de poluentes, ou então adsorvendo-os em suas raízes – caso específico de wetlands. A relação entre plantas e os microorganismos associados as suas raízes e as partes submersas, possibilita a degradação de

moléculas orgânicas. As plantas absorvem os produtos da decomposição, juntamente com o nitrogênio, fósforo e outros elementos e fornecem substâncias e oxigênio aos decompositores. (LAUTENSCHLAGER, 2001; WONG et al, 1999 apud ORMONDE, 2012).

As principais características que as macrófitas devem atender em sistemas do tipo wetlands são: tolerância a ambientes com excesso de água/salino ou até mesmo com pouca água; rapidez no crescimento; formação de volumosos sistemas radiculares; grande produtividade de biomassa; não serem invasoras; facilidade de manejo e possibilidade de reutilização. (Sezerino e Phillip, 2004).

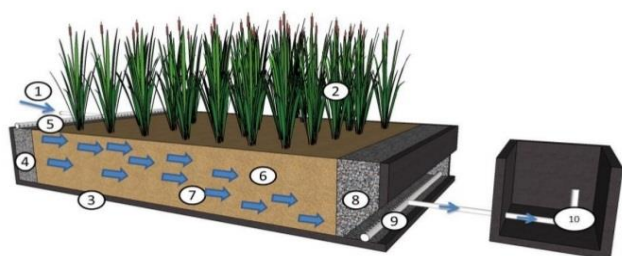
2.3.4 - Elementos atuantes no WC

O projeto previu a utilização de camadas dispostas horizontalmente de pedrisco e areia grossa, situados a 0,5 metros de profundidade, como elementos filtrantes do wetlands construído. Utilizar-se-á tubos de PVC para a distribuição do esgoto, sendo que estes estarão concentrados na entrada e na saída do sistema, sob o pedrisco. A areia grossa além de atuar como material filtrante serve como um meio suporte para a fixação e crescimento das macrófitas. Para a regulação do nível do esgoto o projeto previu a utilização de um duto flexível de PVC ligado a tubulação de saída do wetlands construído. A macrófita a ser utilizada para a remoção do esgoto corresponde a *Typha Spp.* (Taboa) sendo que a coleta será feita em regiões de banhado do município, em parceria com outros agricultores.

Utilizar-se-á como elemento de impermeabilização do wetlands construído, mantas de geomembrana, visando a proteção do solo e do lençol freático.

Conforme Sezerino e Phillip (2004) em termos de operação e manutenção do wetlands construído, as principais atividades estão associadas às podas das macrófitas e a elevação ou rebaixamento do controlador de nível. Embora não haja um tempo padrão para o processo de poda das macrófitas, Escosteguy et all (2008) utilizando macrófitas para a extração de nutrientes, cultivados com lixiviado de aterro de resíduos sólidos, adotaram um tempo de quatro semanas para o corte da parte aérea das plantas. A figura 2 apresenta os principais mecanismos que estão associados ao processo de remoção da matéria orgânica carbonácea em wetlands construído.

Figura 2 – Elementos atuantes em WC



- 1) afluyente; 2) macrófitas; 3) impermeabilização; 4) zona de entrada; 5) tubulação de alimentação; 6) material filtrante; 7) sentido do fluxo; 8) zona de saída; 9) tubulação de coleta; 10) controlador de nível.

Fonte: Sezerino (2014).

3 - Lagoas de Estabilização

Segundo Jordão e Pessoa (2011), as lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica ou fermentação anaeróbia. Nas lagoas de estabilização prevalecem condições técnicas adequadas aos fenômenos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a autodepuração. Ocorre a estabilização da matéria orgânica principalmente pela ação das bactérias, embora alguns fungos e protozoários também participem do processo.

O sistema Australiano é composto de duas lagoas em série, sendo uma lagoa anaeróbia seguida de uma lagoa facultativa. Nas lagoas ditas anaeróbias predominam processos de fermentação anaeróbia, sendo que não existe oxigênio dissolvido imediatamente abaixo da superfície da lagoa. Em lagoas facultativas ocorre de maneira simultânea, processos de fermentação anaeróbia e oxidação aeróbia. Uma zona anaeróbia é sobreposta por uma zona aeróbia de atividade biológica, sendo separadas pela oxipausa. As lagoas facultativas são consideradas primárias quando recebem esgoto bruto, e secundárias quando recebem o efluente de outra lagoa, em geral da lagoa anaeróbia, caso do Sistema Australiano (JORDÃO; PESSOA, 2011).

3.1 - Lagoa Anaeróbia

A Norma Técnica Sabesp – NTS 230 estabelece os seguintes critérios no dimensionamento de uma lagoa anaeróbia: a lagoa anaeróbia deve ter uma profundidade útil compreendida entre 4,0 e 6,0 metros; o dimensionamento volumétrico da lagoa anaeróbia pode ser obtido através do tempo de detenção hidráulica, considerando a temperatura média do mês mais frio do local; a introdução do esgoto deve se dar abaixo da superfície, em diversos pontos da lagoa, visando a homogeneidade na distribuição do esgoto; a captação dos gases nas lagoas deve ser feita através de cobertura de PVC ou PE ou borracha inflável, com tratamento externo contra a radiação ultravioleta e resistência a substâncias agressivas na parte interna.

Jordão e Pessoa (2011) destacam, ainda, no dimensionamento de lagoas anaeróbias, que a taxa de aplicação de carga orgânica deve estar compreendida entre 100 e 400 gramas DBO/metro cúbico.dia e que a relação entre comprimento e largura deve ser especificada na ordem de 2 a 3 unidades.

Sabendo-se que a contribuição de esgoto na residência unifamiliar composta de quatro pessoas era de 0,52 metro cúbico/dia e considerando o consumo per capita como sendo de 130 litros/dia, pode-se estipular que a contribuição de esgotos referente a uma população de 1000 habitantes, de padrão médio, seja de 130 metros cúbicos/dia. Adotando uma concentração afluente de 400 miligramas/litro (0,4 quilograma/metro cúbico), a temperatura média do mês mais frio como sendo de 15°C, a taxa de aplicação orgânica equivalente a 100 gramas DBO/ metro cúbico . dia (0,1 quilograma DBO/ metro cúbico . dia), estipulando uma remoção de DBO de 50% na lagoa anaeróbia e, considerando a Equação (11) proposta por Jordão e Pessoa (2011), têm-se:

$$\text{Carga de DBO afluente} = \text{Contribuição de esgoto total} \times \text{DBO afluente} - (11)$$

Substituindo os valores em (11) obtém-se uma carga de DBO afluente equivalente a 52 quilogramas/dia.

Adotando o parâmetro da taxa volumétrica de carga, o volume da lagoa pode ser obtido pela Equação (12):

$$\text{Volume da lagoa} = \text{Carga de DBO afluente} / \text{taxa de aplicação da carga orgânica} - (12)$$

Adotando os valores estabelecidos e substituindo em (12) têm-se um volume da lagoa igual a 520 metros cúbicos/dia. O tempo de detenção, por sua vez, pode ser obtido pela Equação (13), como segue:

$$\text{Tempo de detenção} = \text{Volume da lagoa} / \text{contribuição de esgoto} - (13)$$

Aplicando os valores em (13) têm-se um tempo de detenção de quatro dias para a lagoa anaeróbia. Considerando uma profundidade de 4,0 metros, pode-se delimitar a área da lagoa através da Equação (14):

$$\text{Área média} = \text{Volume da lagoa} / \text{profundidade adotada} - (14)$$

A aplicação dos resultados em (14) implica em uma área para a lagoa anaeróbia equivalente a 130 metros quadrados. Considerando o valor da área encontrado e adotando uma relação comprimento/largura equivalente a 3 unidades, pode-se obter a largura da lagoa anaeróbia através da Equação (15):

$$\text{Largura} = (\text{Área}/3)^{0,5} - (15)$$

Substituindo o valor da área encontrado em (15) têm-se uma largura equivalente a 6,58 metros para a lagoa anaeróbia. Como a relação entre comprimento e largura é igual a 3 unidades, o comprimento da lagoa anaeróbia corresponde a 19,74 metros.

Tomando a concentração afluente de DBO igual a 400 miligramas/litro na lagoa anaeróbia e considerando uma eficiência de 50% na remoção, têm-se que a concentração afluente da lagoa facultativa será de 200 miligramas/litro.

3.2 - Lagoa Facultativa

Segundo Von Sperling (1996) os principais parâmetros no projeto de lagoas facultativas remetem a taxa de aplicação superficial e ao tempo de detenção. A taxa de aplicação superficial está associada à necessidade de existir uma área da lagoa que esteja exposta a luz solar, onde ocorre o processo de fotossíntese. Existe, portanto, a necessidade de oxigênio para a estabilização da matéria orgânica. De outro modo, o tempo de detenção corresponde ao tempo necessário para que os microorganismos procedam à estabilização da matéria orgânica na lagoa.

Segundo o mesmo autor, a área requerida para a lagoa pode ser calculada em função da taxa de aplicação superficial (Ls), através da Equação (16), como segue:

$$A = L / Ls - (16)$$

Onde, (A) é a área requerida para a lagoa (hectares); (L) é a carga de DBO total (solúvel mais particulada) afluente (quilograma DBO₅ / dia) e (Ls) é a taxa de aplicação superficial (quilograma DBO₅ / hectare.dia).

O cálculo da DBO total afluyente na lagoa pode ser obtido através da Equação (17)::

$$\text{Carga afluyente DBO}_5 \text{ total} = \text{Contribuição de esgoto} \times \text{DBO}_5 \text{ total de 1}^\circ \text{ estágio} - (17)$$

Considerando uma população de 1000 habitantes cuja contribuição de esgoto seja de 130 metros cúbicos/dia, sabendo que a DBO₅ total de 1º estágio (DBO₅ afluyente da lagoa anaeróbia) seja igual a 200 miligramas/litro (0,2 quilogramas/metro cúbico) e substituindo os valores encontrados em (17) obtêm-se um carga afluyente de DBO₅ total equivalente a 26 quilogramas/dia.

Von Sperling (1996) propõe os seguintes intervalos para a taxa de aplicação superficial:

Tabela 2 - Taxas de aplicação superficial

Regiões com inverno quente e elevada insolação:	Ls = 240 a 350 kg DBO ₅ / ha.d
Regiões com inverno e insolação moderados:	Ls = 120 a 240 kg DBO ₅ / ha.d
Regiões com inverno frio e baixa insolação:	Ls = 100 a 180 kg DBO ₅ / ha.d

Fonte: Von Sperling (1996)

Adotando uma taxa de aplicação superficial igual a 140 miligramas DBO₅ / hectare.dia, considerando a magnitude da carga da DBO total afluyente e substituindo em (16), obtêm-se uma área para a lagoa facultativa equivalente a 0,185714 hectares ou 1857,14 metros quadrados.

Segundo Von Sperling (1996) a relação entre comprimento e largura da lagoa facultativa se situa no intervalo de 2 a 4. Tomando uma relação entre comprimento e largura igual a 3 unidades, adotando a área calculada para a lagoa facultativa e substituindo em (15), obtêm-se uma largura de 24,88 metros para a lagoa facultativa e, conseqüentemente, um comprimento equivalente a 74,64 metros.

O volume da lagoa pode ser obtido pela Equação (18) da seguinte maneira:

$$V = A \cdot H - (18)$$

Onde, (V) é o volume requerido para a lagoa (metros cúbicos), (A) é a área requerida para a lagoa (metros quadrados) e (H) é a profundidade da lagoa, em metros. Substituindo os valores encontrados em (18) obtêm-se um volume para a lagoa facultativa equivalente a 5571,43 metros cúbicos.

De posse do volume da lagoa, é possível calcular o tempo de detenção requerido, através da Equação (19):

$$t = V / Q - (19)$$

Onde, (t) é o tempo de detenção (dias); (V) é o volume requerido para a lagoa (metros cúbicos) e (Q) é a contribuição de esgotos (metro cúbico/dia). Substituindo em (19) obtêm-se um tempo de detenção equivalente a 42,86 dias. O tempo de detenção calculado vai de encontro ao intervalo proposto por Von Sperling (entre 15 e 45 dias).

Conforme Von Sperling (1996) o modelo de mistura completa é o mais usual na estimativa da remoção de DBO, segundo uma reação de primeira ordem. Trata-se do modelo mais simples e que apresenta uma maior margem de segurança, já que o reator de mistura completa é o de menor eficiência. Segundo o modelo de mistura completa a DBO solúvel de esgoto efluente pode ser obtida através da seguinte Equação (20):

$$S = S_0 / (1 + K \cdot t) \quad - \quad (20):$$

Onde, (S) é a concentração de DBO solúvel efluente (miligrama/litro); (S₀) é a concentração de DBO total afluente (miligrama/litro); (K) é o coeficiente de remoção de DBO (dias⁻¹) e (t) é o tempo de detenção total (dias).

A literatura internacional estipula o valor do coeficiente de remoção de DBO (K) em um intervalo de 0,30 a 0,35 dias⁻¹.

Adotando K como sendo igual a 0,30 dias⁻¹, considerando a concentração de DBO total afluente igual a 200 miligrama/litro, o tempo de detenção requerido para a lagoa equivalente a 42,86 dias e substituindo em (20), obtêm-se uma concentração de DBO solúvel efluente equivalente a 14,43 miligramas/litro.

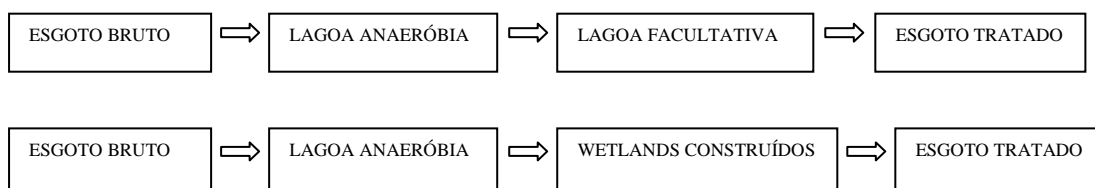
Embora a legislação vigente no Brasil estabeleça apenas padrões de lançamento para a DBO total, o valor encontrado da concentração de DBO solúvel efluente encontra-se no intervalo estipulado pela Comunidade Europeia, cujo valor da DBO₅ solúvel deve ser menor ou igual a 25 mg/l (Von Sperling apud Mara, 1995).

4 - Resultados e discussões

O sistema de tratamento de esgoto projetado para a residência unifamiliar em área suburbana do município de Chapecó – SC, inclui tanque séptico, filtro anaeróbio e *wetlands* construídos, cujas áreas correspondem, respectivamente, 1,62; 1,67 e 7,28 m². O custo total para a implementação do projeto foi orçado em aproximadamente R\$ 7.500,00, sendo a maior parte deste, destinado a compra do material de impermeabilização, do material filtrante e do concreto armado.

Tomando por base o dimensionamento do *wetlands* construído e das lagoas de estabilização, fez-se uma extrapolação da magnitude da população, associando a este fator, um valor de custo correspondente. Desta maneira, foram considerados dois arranjos. O primeiro pela associação entre lagoas anaeróbias e lagoas facultativas, e o segundo caracterizado por lagoa anaeróbia seguida de *wetlands* construídos. A Figura 3 exemplifica a representação esquemática dos arranjos propostos para o tratamento de esgotos doméstico.

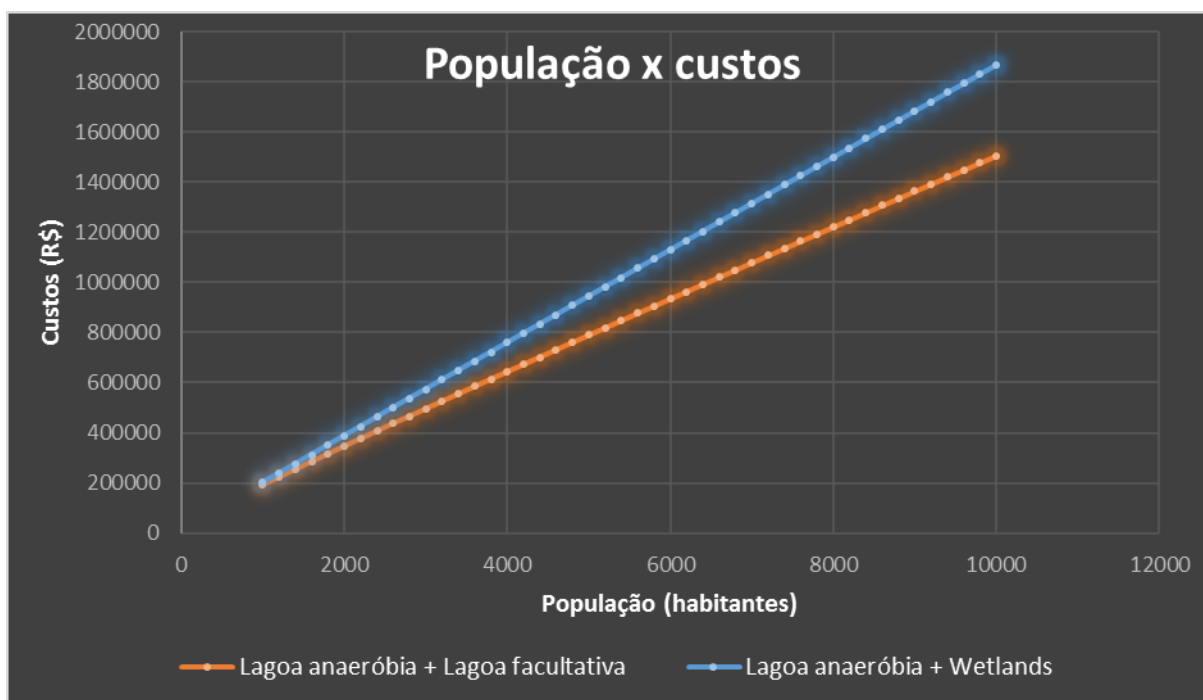
Figura 3 – Esquema representativo dos arranjos formados



Fonte: Autor (2014).

A Figura 4, por sua vez, demonstra o gráfico comparativo entre população e custos gerados, para os dois arranjos considerados.

Figura 4 – Gráfico comparativo entre população e custos gerados, considerando os seguintes arranjos: lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e lagoas anaeróbia seguida de wetlands construído



Percebe-se pelo gráfico, que inicialmente, para uma população próxima a 1000 habitantes, o custo dos arranjos é praticamente o mesmo. A análise do Anexo A – Tabela 3, demonstra que para uma população acima de 4000 habitantes, a diferença entre os dois sistemas começa a ser mais significativa (em torno de 15%), sendo o arranjo composto de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa o mais vantajoso financeiramente, em relação ao sistema de lagoa anaeróbia seguida de *wetlands* construído.

5 - Conclusões

Os sistemas *wetlands* construídos surgem como uma alternativa viável para o tratamento de esgoto doméstico em regiões desprovidas de rede de esgoto. O referido projeto demonstrou que o tratamento com sistemas *wetlands* estão associados a pequena demanda de área e baixos custos de operação e manutenção.

Constatou-se que, de maneira geral, a associação entre lagoas anaeróbias e *wetlands* construídos constituem-se de sistemas mais caros quando comparados ao arranjo formado entre lagoas anaeróbias e lagoas facultativas.

Project and dimensioning of a system Wetlands Built in single-family residence in Chapecó – SC

Whereas the collection and treatment of domestic sewage does not reach the entire population, becomes appropriate the search for simplified, economic and decentralized technologies such as constructed wetlands, to minimize this scenario. The aim of the study was based on the project of an alternative system for treating sewage in a suburban area of single family residence of Chapecó – SC. The proposed system consisted of a septic tank, anaerobic filter and constructed *wetlands*, the first two being used as the unit of primary and secondary treatment, respectively. The methodology of the study centered on the NBR 13969/1997 - Septic tanks - Units complementary treatment and disposal of wastewater - Project, construction and operation, NBR 7229/1993 - Project, construction and operation of septic tank systems and a review of the scientific literature. In a second moment was held the sizing a system of stabilization ponds (anaerobic lagoon and facultative pond) for a population of 1000 inhabitants, considering average standard. Finally, whether made a comparison of costs between the following arrangements: anaerobic pond, followed by facultative pond and anaerobic pond, followed by constructed *wetlands*. The sewer system designed for the residence has needed an approximate area of 10.5 square meters at a cost of R\$ 7.500,00. It was noticed that for a population of over 1,000 inhabitants is more financially beneficial, the use of facultative ponds instead of constructed wetlands, when associated with anaerobic lagoons. The constructed wetlands represent an interesting alternative for the treatment of domestic sewage in remote and deprived communities without sewage network

Keywords: Wetlands constructed. Treatment of domestic sewage.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). Projeto, construção e operação de unidades de tratamento complementares e disposição final dos efluentes de tanques sépticos: procedimentos. NBR 13969. Rio de Janeiro: ABNT. 57p.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1993). Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. NBR 7229. Rio de Janeiro: ABNT. 15p.

BRASIL, Mozart da Silva; MATOS, Antonio Teixeira de. Avaliação de aspectos hidráulicos e hidrológicos de sistemas alagados construídos de fluxo subsuperficial. Vol. 13 – Nº 3 – jul/set 2008, 323-328.

Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v13n3/a12v13n3.pdf>> Acesso em : 08 junho 2014.

ESCOSTEGUY, P. A. V. et al. Extração de Nutrientes por Macrófitas Cultivadas com Lixiviado de Aterro de Resíduos Sólidos Urbanos. **R. Brás. Ci. Solo**,32:853-860,2008.

FERREIRA, Marcella Moretti. SARON, Alexandre. Estudo da Eficiência do Tratamento de Esgoto Doméstico por Sistema de Wetland de Fluxo Vertical Descendente para ser Aplicado em Comunidades Isoladas Estação de Tratamento em Escala de Laboratório. **Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**. ISSN 1980-0894, Seção, Vol. 8, n.1,2013.

Disponível em:< http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/wp-content/uploads/2013/07/SECAO_vol8n1.pdf> Acesso em: 09 maio 2014.

GOOGLE EARTH – SOFTWARE. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 18/11/2014.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 6. ed. , 2011.p.941.

NTS – Norma Técnica Sabesp. (2009). Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário: procedimentos. NTS 230. São Paulo: NTS. 35p.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**, n. 4;o manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco. [S.1.]: United Nations World Water Assessment Programme , 2012. Disponível em:

http://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/rio_20/wwdr4-fatos-e-dados.pdf Acesso em : 17 maio 2014

ORMONDE, Vanusa Soares da Silva. **Avaliação de “Wetlands” Construídos no Pós-Tratamento de Efluente de Lagoa de Maturação**. 2012.96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Pós- graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental, Cuiabá, 2012.

PHILIPPI, Luiz Sérgio. SEZERINO, Pablo Heleno. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias**: Utilização de Filtros Plantados com Mácrófitas. Florianópolis, ed. do Autor,2004. p.144

SEZERINO, Pablo H. Aplicação de wetlands construídos no tratamento de águas residuárias.2014. 57 slides. Disponível em: <<http://wetlandsconstruidos.blogspot.com.br/>>
Acesso em: 14 setembro 2014.

SEZERINO, Pablo H. Tratamento de esgotos em wetlands: limites e possibilidades.2012. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gUSlNXdIgeE>>
Acesso em: 11 outubro 2014

VON SPERLING, Marcos. **Princípios de Tratamento Biológico de Águas Residuárias**: Lagoas de Estabilização. vol 3. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. p.134

ANEXO A

Tabela 3 – Diferença de custos (%) entre os arranjos lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa e lagoa anaeróbia seguida de *Wetlands* Construído

População	Lagoa Anaeróbia + Lagoa Facultativa (R\$)	Lagoa Anaeróbia + <i>Wetlands</i> Construído (R\$)	Diferença de custo (%)
1000	192004,7072	200619,8417	4,29
1200	222453,7748	237122,628	6,18
1400	253745,2771	274821,7144	7,67
1600	284723,8015	312375,2806	8,85
1800	315446,5565	349861,337	9,84
2000	345955,1833	387353,7733	10,69
2200	376281,1214	424735,0897	11,41
2400	406448,7878	462074,626	12,04
2600	437477,6086	500377,5123	12,57
2800	466383,3451	536647,9186	13,09
3000	496178,9501	573952,145	13,55
3200	525875,2973	611167,2813	13,96
3400	555481,5397	648358,6277	14,32
3600	585005,5303	685528,2639	14,66
3800	614454,0399	722677,9803	14,98
4000	643832,9518	759872,2266	15,27
4200	673147,4137	796986,553	15,54
4400	702401,9958	834085,0793	15,79
4600	731600,732	871168,8656	16,02
4800	760747,2257	908238,8619	16,24
5000	789844,7067	945295,9183	16,44
5200	818896,0991	982403,7147	16,64
5400	847904,0226	1019437,131	16,83
5600	876870,8887	1056459,717	17,0
5800	905798,8632	1093472,034	17,16
6000	934689,9443	1130474,61	17,32
6200	963545,9689	1167467,936	17,47
6400	992368,6162	1204452,453	17,61
6600	1021159,389	1241491,419	17,75
6800	1049919,905	1278459,596	17,88
7000	1078651,233	1315419,971	18,0
7200	1107354,785	1352373,048	18,12
7400	1136031,706	1389319,124	18,23
7600	1164682,989	1426258,401	18,34
7800	1193309,672	1463191,177	18,44
8000	1221912,747	1500180,653	18,55

8200	1250492,962	1537101,13	18,65
8400	1279051,328	1574015,906	18,74
8600	1307588,518	1610925,082	18,83
8800	1336105,272	1647828,859	18,92
9000	1364602,299	1684727,435	19,0
9200	1393080,182	1721620,912	19,08
9400	1421539,676	1758509,587	19,16
9600	1449981,313	1794456,464	19,20
9800	1478405,601	1832335,84	19,32
10000	1506813,029	1869210,717	19,39

ANEXO B

Tabela 4 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos – C (L)	Lodo fresco – Lf (L)
Ocupantes permanentes:			
-Residência padrão alto	- Pessoa	160	1
-Residência padrão médio	- Pessoa	130	1
-Residência padrão baixa	- Pessoa	100	1
-Hotel (exceto lavanderia e cozinha)	- Pessoa	100	1
-Alojamento provisório	- Pessoa	80	1

Fonte: Adaptado da NBR 13969/1997

Tabela 5 - Período de detenção dos despejos por faixa de contribuição diária

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção (dias)
Até 1500	1,00
De 1501 a 3000	0,92
De 3001 a 4500	0,83
De 4501 a 6000	0,75
De 6001 a 7500	0,67
De 7501 a 9000	0,58
Mais que 9000	0,50

Fonte: Adaptado da NBR 13969/1999

ANEXO C

Tabela 6 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t) em ° C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: NBR 13969/1997

Tabela 7 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: NBR 13969/1997

ANEXO D

Tabela 8 - Tempo de detenção hidráulica de esgotos (T), por faixa de vazão e temperatura do esgoto (em dias)

Vazão (L/dia)	Temperatura média do mês mais frio		
	Abaixo de 15° C	Entre 15° C e 25° C	Maior que 25° C
Até 1500	1,17	1,0	0,92
De 1501 a 3000	1,08	0,92	0,83
De 3001 a 4500	1,00	0,83	0,75
De 4501 a 6000	0,92	0,75	0,67
De 6001 a 7500	0,83	0,67	0,58
De 7501 a 9000	0,75	0,58	0,50
Acima de 9000	0,75	0,50	0,50

Fonte: Adaptado da NBR 13969/1997

ANEXO E

Tabela 9 – Orçamento do sistema de esgoto para a residência unifamiliar (4 pessoas)

ORÇAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTO - UNIDADE UNIFAMILIAR - 4 PESSOAS			
Tanque séptico			
Produto	Qtde (und)	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
Serviço de escavação	2 (hora)	230,00	460,00
Tijolo 6 furos 9 x 14 x 24	246 (und)	1,00	246,00
Concreto armado*	0,8 (m ³)	1.857,00	1.485,60
Tubo esgoto primário 6 m DN 100	1 (und)	58,90	58,90
Tubo esgoto primário 3 m DN 100	1 (und)	26,00	26,00
Curva 90° esgoto primário DN 100	2 (und)	21,50	43,00
		Total (R\$)	2.319,50
Filtro anaeróbio			
Produto	Qtde (und)	Valor unit.(R\$)	Total (R\$)
Serviço de escavação	2 (hora)	230,00	460,00
Tijolo 6 furos 9 x 14 x 24	250 (und)	1,00	250,00
Concreto armado*	1 (m ³)	1.857,00	1.857,00
Tubo esgoto primário 3 m DN 100	2 (und)	26,00	52,00
Curva 90° esgoto primário DN 100	1 (und)	21,50	21,50
Tubo guia PVC DN 200	1 (und)	210,00	210,00
Brita N° 4	1 (m ³)	47,00	47,00
		Total (R\$)	2.897,50
Wetlands Construído			
Produto	Qtde (und)	Valor unit. (R\$)	
Curva 90° esgoto primário DN 100	1 (und)	21,50	21,50
Tubo esgoto primário 3 m DN 100	2 (und)	26,00	52,00
Tubo esgoto primário 6 m DN 100	1 (und)	58,90	58,90
Tê esgoto 100 mm	2 (und)	10,71	21,42
Duto PVC flexível diâmetro 100 mm	1 (und)	98,00	98,00
Geomembrana EPDM para lagos	5,906098(m ²)	78,11	461,33
Pedrisco	0,695552(m ³)	61,45	42,74
Areia grossa	3,47776 (m ³)	178,90	622,17
Serviço de escavação	4 (hora)	230,00	920,00
		Total (R\$)	2.298,06
* Formado de cimento, areia e macadame			
Total sistema esgoto (R\$)			7.515,06

ANEXO F

Tabela 10 – Orçamento do sistema de esgoto para uma população de 1000 habitantes

ORÇAMENTO DO SISTEMA DE ESGOTO – PADRÃO MÉDIO - 1000 PESSOAS			
Lagoa anaeróbia			
Produto	Qtde (und)	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
Serviço de escavação	1485,70 (m ³)	8,0	11885,59
Geomembrana PVC impermeável.	501,42(m ²)	31,73	15910,17
		Total (R\$)	27795,76
 Lagoa facultativa			
Produto	Qtde (und)	Valor unit.(R\$)	Total (R\$)
Serviço de escavação	7370,74(m ³)	8,0	58965,89
Geomembrana PVC impermeável.	3316,83(m ²)	31,73	105243,06
		Total (R\$)	164208,95
 Wetlands Construído			
Produto	Qtde (und)	Valor unit. (R\$)	Total (R\$)
Luva de correr esgoto 100 mm	3 (und)	10,90	32,70
Tubo esgoto primário 3 m DN 100	8 (und)	26,00	208,00
Geomembrana PVC impermeável.	2457,17 (m ²)	31,73	77966,10
Duto PVC flexível diâmetro 100 mm	1 (und)	98,00	98,00
Pedrisco	182,01(m ³)	53,00	9646,68
Areia grossa	910,06 (m ³)	85,26	77592,07
Serviço de escavação	910,06 (m ³)	8,00	7280,51
		Total (R\$)	172824,06
	Arranjo I -	Total (R\$)	192004,71
	Arranjo II -	Total (R\$)	200619,83