

**ESTUDO DE VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM SHOPPING CENTER COM ÊNFASE EM REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA TRATADA**

***STUDY OF VIABILITY OF CONSTRUCTION OF SEWAGE TREATMENT STATION IN COMMERCIAL CENTER WITH THE PHASE OF REUSE OF TREATED WATER***

ALFRADIQUE, Rodrigo Pereira<sup>1</sup>  
JESUS, Thiago Teixeira de<sup>2</sup>  
SOUZA, Tania Knaack de<sup>3</sup>

**Resumo:** Sabe-se que a água potável é um bem natural finito e de necessidade básica para humanidade. Historicamente, as civilizações se desenvolvem nas proximidades a partir das proximidades de recursos naturais; sendo a água potável é um deles. No entanto, a utilização desses recursos gera resíduos, como o esgoto, que se descartados de forma bruta na natureza, poluem o meio a ponto de deixar a água não mais potável para o consumo. A partir desse raciocínio, a sociedade já aplica há séculos, técnicas de reuso e reciclagem da água. Nos dias atuais, tem-se diversas técnicas de tratamento de esgoto para atender parâmetros de acordo com cada necessidade de projeto e reuso da água, com interesse de satisfazer o padrão de qualidade exigido pelas leis cabíveis em cada situação.

**Palavras-chave:** Água de Reuso; Membranas; Tratamento de Esgoto; Viabilidade.

**Abstract:** We know that drinking water is a finite natural good and a basic necessity for humanity. Historically, civilizations have developed nearby in the vicinity of natural resources; and drinking water is one of them. However, the use of these resources generates waste, such as sewage, which if disposed of rawly in nature, pollute the environment to the point of leaving the water no longer drinkable for consumption. From this reasoning, society has applied for centuries, water reuse and recycling techniques. At the present time, there are several techniques of sewage treatment to meet parameters according to each need of water design and reuse, with interest to satisfy the quality standard required by the applicable laws in each situation.

**Keywords:** Reuse Water; Membranes; Sewage treatment; Viability.

---

<sup>1</sup> Engenheiro Civil - Universidade Santa Úrsula - rodrigoalfradique@gmail.com

<sup>2</sup> Engenheiro Civil - Universidade Santa Úrsula - thiago\_tj@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Mestre em Engenharia de Produção – Univ.de Santa Úrsula / Univ. Cândido Mendes- taniaknaack@yahoo.com.br

## 1 INTRODUÇÃO

Este projeto de pesquisa tem como objetivo o estudo da viabilidade de construção e implantação de Estação de Tratamento de Esgoto (E.T.E.), com ênfase em reutilização da água tratada pelo processo de filtração por membranas, normalmente conhecido como processo de Biorreator com membranas (MBR, de “*Membrane Bioreactor*”). O estudo foi realizado a partir de modelo utilizado em shopping center, onde existe uma demanda de abastecimento de água potável “grande”, gerando efluentes (esgoto) que podem ser tratados e reutilizados de forma não potável, como abastecimento de sistemas de incêndio, Central de Água Gelada (C.G.A.), sistemas decorativos, jardinagem, etc.

Neste estudo foram observadas as vantagens, desvantagens, custos e benefícios de implantação da E.T.E. com sistema de Unidade de Reuso de Água (U.R.A.), tendo como principal objetivo, reduzir gastos e desperdício de água com seu reuso e ao mesmo tempo, garantir tratamento de qualidade nos efluentes gerados, promovendo de forma satisfatória a sociedade e ao meio ambiente. Em grandes centros comerciais existe uma grande necessidade de utilização de água, que não necessariamente tem que ser potável. Todavia, é utilizada água potável porque não existe outra alternativa para esta situação. O estudo elaborado neste trabalho visa viabilizar a construção de sistemas de tratamento do esgoto para reuso da água nos sistemas funcionais, partindo do pressuposto que a água de reuso é mais barata do que a fornecida pela concessionária, gerando assim, lucro ao cliente.

A escassez da água potável do planeta tem uma contribuição da poluição dos corpos d’água, gerada pela contribuição de forma inadequada pelas águas servidas urbanas: esgotos domésticos, esgotos industriais, águas pluviais, e até mesmo pelo lodo gerado pelas estações de tratamento de esgoto. Tendendo a aumentar à medida que as atividades industriais e agrícolas crescem junto com o desenvolvimento e crescimento da população. As águas tratadas de esgoto, consideradas de qualidade inferior, devem ser tratadas como fontes alternativas para utilização com menos restrições. A implantação de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, hoje em paralelo com as melhorias do controle da demanda e a eficiência do uso, pode ser uma estratégia básica para a solução da escassez de água do planeta. O conceito de Reuso da água se integra assim no quadro de aproveitamento hídrico, de forma pontual ou de grande escala, com foco principal em conservar os recursos hídricos. Desta forma, podemos observar a tendência e a necessidade imediata de desenvolver o reuso de água servidas, seja para reuso urbano, em uso doméstico (principalmente predial) e industrial, ou seja, para reuso na agricultura. (JORDÃO, 2014).

## 2 TIPOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.

O processo de tratamento de esgoto é caracterizado por um processo dividido em duas fases: a fase líquida, onde se retiram os sólidos; e a fase sólida, que é a retirada do lodo proveniente da primeira fase do tratamento.

**Tratamento prévio ou preliminar** - É onde ocorre a separação dos sólidos grosseiros, partículas minerais (como a areia), materiais flutuantes, sólidos carreados, óleos e graxas. O sistema é composto de grades, caixas de areia e no caso de óleos e graxas, existem também tanques específicos para esta funcionalidade.

**Tratamento primário** - Após passar pelo tratamento prévio, o efluente passa por um tanque de sedimentação, onde são retirados os sólidos sedimentos. O esgoto flui pelos tanques de sedimentação primária, com velocidade bastante reduzida, com isso a gravidade é a responsável pela precipitação dos sólidos.

**Tratamento secundário** - Esta etapa consiste na remoção da matéria orgânica biodegradável que é contida nos sólidos dissolvidos. Nesta etapa estão presentes os organismos biológicos (protozoários, fungos, bactérias e etc.) associados a produtos químicos. Os organismos são adicionados no tanque de aeração e tem contato direto com o material orgânico, que é o alimento dos organismos. Após esta etapa, o efluente passa pelos decantadores secundários que retiram os sólidos em suspensão o que já possibilita a saída de um efluente clarificado e conseqüentemente o aumento do teor de sólidos no fundo do decantador, este material origina o chamado lodo ativado. Parte do lodo é recirculada para dentro do tanque de aeração e outra parte é descartada.

**Tratamento terciário/avançado** - Esta etapa, nem sempre presente nas ETEs convencionais, é utilizada para um maior refino da filtração, retirando impurezas que passaram pelos processos anteriores. Nesta etapa são retiradas a matéria orgânica complementar, sólidos inorgânicos dissolvidos, compostos não biodegradáveis, metais pesados e patogenias:

**Osmose Reversa** – É um processo que consiste em se aplicar uma pressão, maior que a pressão osmótica, no sentido oposto a pressão osmótica. Ocorre aí, a transferência do solvente por uma pressão externa, de uma solução com alta concentração de soluto com baixa concentração. São utilizadas membranas semipermeáveis. Este método é utilizado para dessalinização de água do mar.

## 3 MEMBRANAS

Segundo JORDÃO (2014): “são processos em que partículas em suspensão e matéria coloidal no esgoto são separadas pela passagem das águas residuais através de filmes – *membranas*, com espessura reduzidíssima, da ordem de 0,20 a 0,25µm. A membrana atua assim, como barreira

ESTUDO DE VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM SHOPPING CENTER COM ÊNFASE EM REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA TRATADA semipermeável e seletiva, limitando de forma parcial ou total a passagem dos componentes que se deseja reter nessas águas”. Sua principal utilização é no processo de lodos ativados.

As membranas mais comumente utilizadas no tratamento de esgoto são fabricadas com poliméricos orgânicos. Todos os processos de separação de membranas, apresentados neste trabalho envolvem diferenças de pressão hidrostática. Os processos de separação por diálise e eletrodialise não serão abordados.

### 3.1 Descrição genérica do processo

Para o bom dimensionamento e entendimento dos sistemas de membranas é preciso ter bastante claro os termos e etapas do processo. Segundo JORDÃO (2014), temos:

- Na alimentação: a vazão do afluente de alimentação  $Q_a$ , a concentração de um constituinte qualquer na alimentação, que chamamos de  $C_a$ , a pressão na linha de alimentação  $P_a$ .
- No permeado, que também pode ser chamado de efluente: a vazão do efluente do permeado  $Q_p$ , a concentração de um constituinte qualquer chamado de  $C_p$ , a pressão na linha do permeado  $P_p$ .
- Na linha do concentrado: a vazão do efluente concentrado  $Q_c$ , a concentração de um constituinte qualquer chamado de  $C_c$ , a pressão na linha do concentrado  $P_c$ .

Após o balanço de massa, concluímos que: Para a vazão:

$$Q_a = Q_p + Q_c \quad (1)$$

Para o constituinte qualquer:

$$Q_a \cdot C_a = Q_p \cdot C_p + Q_c \cdot C_c \quad (2)$$

#### 3.1.1 Principais nomenclaturas utilizadas nos processos de membranas alimentação

Vazão do afluente, ou seja, um determinado volume recebido por determinada unidade de tempo; medida também de acordo com a área das membranas, estando disponível como  $l/m^2$  ou em massa com  $kg/m^2.d^{-1}$ ;

**Concentrado:** A porção retida na passagem da alimentação pela membrana. Após o processo a concentração de sólidos é maior do que na alimentação;

**Fluxo Permeado (J):** Vazão ou massa filtrado pela superfície da membrana, expresso em  $l/m^2.d$  ou  $m^3/m^2.h$ . Deve ser referenciado sempre com uma temperatura;

**“Fouling”:** acúmulo de partículas sobre a membrana, levando a diminuição do permeado;

**Membranas:** conjunto tubular, de fibras-ocas, ou de folhas planas, onde é feito a separação dos sólidos da água;

**Módulo de membranas:** conjunto de membranas, montados em suportes chamados de “cassette” ou “rack”, com entrada de efluentes, saída de permeado, saída de concentrado;

**Permeado ou efluente:** parte filtrada que passa pela membra;

**Pressão transmembrana ( $\Delta P$ ):** diferença de pressão na entrada e na saída da membrana;

**Sistemas:** conjunto de módulos de membranas, podendo ser em paralelo;

**Sistemas em série:** conjunto modulares, podendo ser interconectados em diversos estágios em série.

### 3.2 Classificação das membranas

De acordo com a utilização das membranas, observamos diferentes tipos de estrutura. Em geral, podem ser classificadas em duas categorias: densas e porosas. Respectivamente, podem ou não apresentar as mesmas características morfológicas ao longo de sua espessura, sendo isotrópicas (densas) e anisotrópicas (porosas).

Classificadas como sintéticas ou biológicas, sendo as biológicas essenciais para a manutenção da integridade física das células, e as sintéticas são produzidas e podem ser de natureza orgânica ou inorgânica. As membranas sintéticas são fabricadas de materiais orgânicos e inorgânicos: sendo os orgânicos polímeros, e inorgânicos metais e cerâmicos. As membranas de materiais inorgânicos apresentam maior vida útil, estabilidade térmica e eficiência na limpeza do que as de materiais orgânicos (GIACOBBO, 2010).

Quanto ao tamanho dos poros da membrana e substâncias passantes, temos as seguintes classificações como mostra a figura abaixo:

Figura 1 – Classificação das membranas em relação aos poros

Membrana	Porosidade	Material Retido
Microfiltração	0,1 – 0,2 $\mu\text{m}$	Protozoários, bactérias, maioria dos vírus e partículas.
Ultrafiltração	1.000 – 100.000 Da	Material removido na MF mais colóides e a totalidade dos vírus.
Nanofiltração	200 – 1.000 Da	Íons divalentes e trivalentes, moléculas orgânicas com tamanho maior que a porosidade média da membrana.
Osmose Reversa	< 200 Da	Íons e praticamente toda matéria orgânica.

Adaptado de Schneider & Tsutiya (2001).

### 3.3 Tipos de fluxos de filtração

O processo de filtração por membranas pode ser feito de forma tangencial ou fluxo cruzado, onde o efluente passa paralelamente a superfície da membrana e parte permeada tangencialmente a superfície, assim, evita o acúmulo de partículas na membrana e a filtração também pode ser feita de forma frontal, também conhecida por “*dead-end*”; o efluente é forçado perpendicularmente a superfície da membrana, porém, esse processo acaba acarretando no acúmulo de partículas na superfície da membrana, ocasionando aumento da resistência e reduzindo o fluxo do permeado, levando a colmatação (PROVENZI, 2005).

### 3.4 Características das membranas

De acordo com PELEGRIN (2004), temos que as características das membranas são fundamentais para definir o processo mais eficiente a ser instalado em um sistema de tratamento de água com membranas. Assim, são consideradas algumas características, tais como: espessura, porosidade, seletividade e permeabilidade:

A resistência do fluxo permeado é relacionada a espessura da subcamada. Assim, quanto maior a camada, maior será a resistência ao fluxo e diminui a taxa de permeado.

Segundo PELEGRIN (2004), porosidade é a interrelação da parte sólida com os poros da membrana, é a quantidade de vazios em sua estrutura. É considerada apenas a parte superficial da membrana e expressa em poros/m<sup>2</sup> e expressa pela equação a seguir:

$$\varepsilon = 1 - \frac{DM}{DP} \quad (3)$$

Em que:

$\varepsilon$  = porosidade (s.d)

DM = densidade de membrana (Kg/m<sup>3</sup>)

DP = densidade do polímero (Kg/m<sup>3</sup>)

O fluxo permeado ( $j_p$ ) é definido como o volume que permeia através da membrana por unidade de área e de tempo, ou seja, vazão ( $Q_p$ ) por área (A) sendo geralmente representada em L/m<sup>2</sup>.h (GIACOBBO, 2010).

$$j_p = \frac{Q_p}{A} \quad (4)$$

### 3.5 Tipos de membranas

Existem diferentes tipos de membranas no mercado e, para viabilizar a utilização de membrana que melhor atende uma estação de tratamento de esgoto, as membranas devem ser

montadas em forma de módulos compactos. Assim, o sistema de tratamento com membranas em módulos, necessita de elementos para viabilizar a operação, como: membranas; estruturas de suporte da pressão, do vácuo ou da corrente elétrica aplicadas ao sistema; canais de alimentação e remoção do permeado e do concentrado.

Os módulos de membranas são projetados para atender aos seguintes requisitos: limitar o acúmulo de material retido pela membrana através da otimização da circulação do fluido a ser tratado; maximizar a superfície da membrana por volume de módulo; evitar a contaminação do permeado com o material concentrado; simplificar o manuseio; permitir a limpeza eficiente da membrana; reduzir o volume morto. Para satisfazer essas condições, diferentes tipos de módulos de membranas surgiram no mercado, onde os principais aplicados ao tratamento e esgoto são: módulos com placa e quadro, módulos espirais, módulos tubulares, módulos com fibras ocas e módulos com discos rotatórios (GIACOBBO, 2010). A seguir, se apresentam as principais características desses módulos.

**Módulos com placa e quadro** - A utilização deste módulo predomina no mercado de eletrodialise (ED). Estes módulos são montados em camadas alternadas de membranas planas e placas de suporte, empilhadas na vertical e na horizontal (como visto na figura seguinte). Estes são considerados como módulos mais simples, e apresentam densidade volumétrica relativamente pequena, na ordem de 100 a 400m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, se comparado ao sistema de fibras oca ou espiral.

**Módulo com fibras ocas** - As fibras são fixadas nas extremidades do tubo, selado com resina, assim não permitem o contato do permeado com o fluxo do efluente. São aplicadas, de forma geral, em sistemas de microfiltração e ultrafiltração, atingem uma área de membrana por volume de módulo de cerca de 1000m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Se aplicado em sistema de osmose reversa atinge até 10.000m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Os números de fibras por módulos podem variar de algumas centenas a 22.500, de acordo com cada fabricante. A Figura 2 apresenta uma ilustração do módulo de fibras ocas.

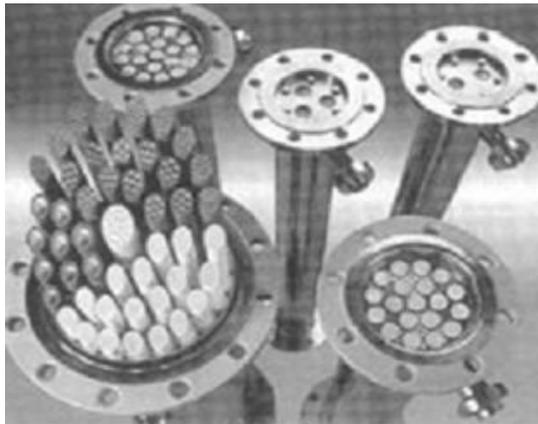
Figura 1 - Módulo de fibras ocas



Fonte: RADJENOVIC *et al.* (2008)

**Módulos tubulares** - Também é considerado formato simples de módulo, conforme observado na Figura 3. Basicamente, consiste em um tubo revestido internamente por membrana, sendo fabricado com tubos individuais ou blocos de tubos empacotados no interior do cilindro de suporte. Este módulo apresenta baixa área de membrana por volume de módulo. No entanto, consegue operar com altas velocidades de transporte de líquido em seu interior, aumentando o gasto energético e inviabilizando esse tipo de membrana em diversos casos de ETE.

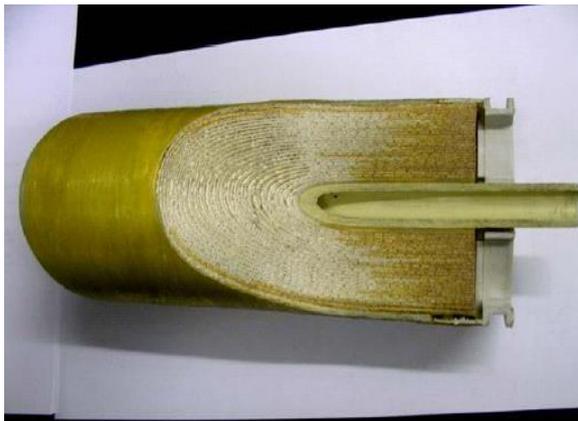
Figura 2 - Módulos tubulares



Fonte: SCHNEIDER & TSUTIYA (2001)

**Módulos espirais** - São fabricados a partir de um conjunto de tubos de pressão (PVC ou aço inoxidável) e de elementos ou cartuchos de membranas espirais inseridos no interior do tubo. Cada elemento é composto por um pacote e espaçadores enrolados em torno de um tubo coletor central, com objetivo de captar o permeado. Uma grande quantidade de pacotes de filtração é acondicionada lateralmente, sempre respeitando a estrutura lamelar do elemento, e enrolados em volta do tubo coletor central, formando o elemento conforme Figura 4. Os módulos espirais apresentam altas densidades volumétricas de membranas na ordem de 700 a 1.000m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, conseqüentemente são os módulos mais utilizados em aplicações que demandam altas e intermediárias, tais como os sistemas de osmose reversa e nanofiltração, respectivamente.

Figura 3 - Corte de um módulo espiral



Fonte: RADJENOVIC *et al.* (2008)

**Módulo de disco rotatório** - As membranas são fixadas em placas redondas montadas sobre um eixo rotatório, onde sob o simples movimento giratório, remove continuamente a camada de material acumulado na superfície da membrana. Esse sistema exige um alto consumo de energia, inviabilizando o aumento de escala de produção, sendo solução somente para unidade de ETE de pequeno porte. Os módulos com disco rotatório são utilizados principalmente para microfiltração e ultrafiltração de água ou como componentes de biorreatores de membranas experimentais.

### 3.6 Biorreator com Membrana (MBR)

No tratamento com os biorreatores com membranas (MBR), se associam as vantagens da ação biológica com o processo de separação por membranas. Esse processo de combinar reator biológico com membranas pode ser definido como sistema híbrido. Módulos de microfiltração e nanofiltração trabalham com barreiras, retendo a biomassa e permitindo o controle do tempo de retenção da biomassa de forma independente do tempo de detenção hidráulica (VIANA, 2004). Esse sistema substitui o decantador secundário e admite atingir grande concentração de biomassa no tanque de aeração. Porém, esse sistema também permite ser acoplado em biorreatores anaeróbicos, mas fica sujeito a ocorrer o “*fouling*”.

O sistema de implantação de membranas pode ser feito de duas maneiras: com módulos de membranas submersas nos tanques de aeração, ou de forma externa ao reator. No módulo de membranas externo, a filtração ocorre tangencialmente à membrana ou fluxo cruzado, assim o efluente passa paralelamente à membrana enquanto o permeado é transportado transversalmente. A velocidade tangencial provoca turbulência necessária para evitar o acúmulo de partículas sólidas na superfície da membrana. Por diferença de pressão gerada pela vazão de circulação do lodo, o permeado é recuperado naturalmente, podendo ser forçado com acréscimo de bomba de sucção no permeado a fim de aumentar o fluxo a produção do permeado. No módulo submerso no tanque de

ESTUDO DE VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM SHOPPING CENTER COM ÊNFASE EM REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA TRATADA  
aeração, é feita aeração de baixa para cima no perímetro da membrana, promovendo turbulência que evita o acúmulo de partículas nas membranas, pois como o permeado tende a ser transversal à membrana, pode ocorrer a diminuição do fluxo. Esse processo é realizado através de vácuo no permeado.

Os dois processos, tanto submerso quanto o externo, têm suas vantagens e desvantagens; o MBR, como módulo externo, facilita a operação e, geralmente, tem maior eficiência no fluxo do permeado. Porém, o consumo energético é maior no módulo externo, gerando aumento de custo operacional; cerca de duas ordens de magnitude mais alto que o módulo submerso, devido a necessidade de velocidade tangencial que o lodo tem que atingir no módulo.

Pela capacidade de filtração muito aprimorada no MBR, os efluentes podem ser usados para abastecimento de sistemas de resfriamento, descargas em bacias sanitárias e rega de jardins ou outros processos não potáveis. Precisa de menos espaço, uma vez que exclui a necessidade do clarificador secundário no tratamento de lodos ativados. O tempo de retenção do lodo pode ser totalmente controlado. Como o tempo de 30 a 45 horas são possíveis de serem atingidas e com isso aumentamos a biodegradação dos compostos sólidos mais resistentes e melhoramos a nitrificação. Outra vantagem é a substituição do decantador por módulos de membranas, reduzindo a área de ETE e aumentando a eficiência do tratamento, conforme ilustração abaixo.

#### **4 METODOLOGIA DO ESTUDO FINANCEIRO DE VIABILIDADE**

A título de definir o alimentador do sistema, escolhemos um shopping center, por se tratar de um centro comercial que apresenta uma alta demanda por consumo de água contínua, gerando esgoto. Porém, pode ser aplicado em qualquer outra fonte de efluente, respeitando a demanda mínima para viabilidade do tratamento, como centros habitacionais, grandes condomínios, bairros, vilas e etc. O ponto de vista está na grande utilização de água para abastecer as CAG, limpeza, jardinagem e decorativos, assim, a ideia gira em torno de reutilizar água tratada na ETE, como URA e assim evitar o desperdício desnecessário de água potável, e gerar economia, tornando o sistema sustentável e ambientalmente correto.

Neste estudo, o tipo de tratamento do efluente escolhido foi o de Biorreator com Membrana (MBR). Logo, mantivemos o tratamento primário, tratamento secundário, e o terciário com utilização de membranas.

Este trabalho visa uma abordagem mista entre a viabilidade técnica, do uso das membranas associada aos reatores biológicos, aliada com a saúde financeira do projeto. Foi adotado o método de Valor Líquido Presente (VPL) para a caracterização da viabilidade do projeto. Também foi demonstrado o valor de *payback* que demonstra em quanto tempo o investimento retorna.

A conta de água emitida pela concessionária tem a cobrança pela água fornecida e pelo esgoto recebido, o volume de esgoto cobrado é o mesmo de água. O valor cobrado pela CEDAE por m<sup>3</sup> foi de R\$ 16,997747. O contrato para fornecimento de água tratada na ETE tem o custo do m<sup>3</sup> em 50% deste valor, ou seja, o m<sup>3</sup> tratado custa R\$ 8,4988735 para o contratante e ainda não é cobrado o esgoto por parte da concessionária.

O critério para atualizações de valores futuros se deu pela média dos últimos cinco anos do Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M). O projeto foi na forma de *turnkey*, que é caracterizado pela contratação de uma empresa que arca com todos os custos de implantação do projeto, recebendo posteriormente pelo serviço prestado.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ETE utilizada para este estudo foi construída com a capacidade para o tratamento de um volume de esgoto entre 6.000 m<sup>3</sup> e 20.000 m<sup>3</sup>. Ela possui uma área construída aproximada de 700 m<sup>2</sup> e fica localizada no estacionamento do Shopping Center. Para o estudo foram apresentados três cenários, que consistiram no tratamento do volume mínimo projetado, volume médio e volume máximo. O valor de investimento inicial variou de R\$ 1.595.000,00 a R\$ 5.316.667,00 de acordo com dados de mercado. De acordo com os dados coletados, o valor por m<sup>3</sup> é de R\$ 265,83.

### 5.1 Demonstração do VPL

Na análise de investimento, o VPL reflete a riqueza em valores monetários do investimento medido pela diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa à uma taxa mínima de atratividade, que utilizamos a SELIC de 14,15%. A aceitação do projeto pelo método de VPL se deu de acordo com a seguinte relação:

VPL < 0 – O projeto não é aceito;

VPL = 0 – O projeto é indiferente para a empresa;

VPL > 0 – O projeto é aceito.

Em uma empresa, a aceitação de um projeto pode levar em conta outros fatores. Financeiramente falando, na situação de construção de uma ETE para tratamento de esgoto e a reutilização do material tratado, é possível que mesmo um projeto com VPL igual a zero seja executado visando atingir uma certificação de sustentabilidade do empreendimento ou melhorar a imagem do estabelecimento perante a sociedade. A taxa aplicada foi a SELIC de 14,15%.

A seguir, as Tabelas 1, 2 e 3 apresentam VPL para, respectivamente, 6.000, 13.000 e 20.000 m<sup>3</sup>.

ESTUDO DE VIABILIDADE DE CONSTRUÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO EM SHOPPING CENTER COM ÊNFASE EM REUTILIZAÇÃO DE ÁGUA TRATADA

Tabela 1 – VPL para 6.000 m³/mês

Anos	Entradas (R\$)	Saídas (R\$)	SELIC	14,15%
			Fluxo de Caixa Líquido(R\$)	Valor Presente(R\$)
1	611.918,88	479.537,04	132.381,84	115.981,99
2	657.460,33	515.226,10	142.234,23	124.613,83
3	706.391,16	553.571,29	152.819,87	133.888,09
4	758.963,61	594.770,28	164.193,33	143.852,58
5	815.448,72	639.035,47	176.413,26	154.558,66
6	876.137,68	686.595,04	189.542,64	166.061,54
7	941.343,35	737.694,19	203.649,16	178.420,50
8	1.011.401,89	792.596,34	218.805,54	191.699,27
9	1.086.674,46	851.584,53	235.089,93	205.966,29
10	1.167.549,12	914.962,86	252.586,26	221.295,13
<b>∑ Valor Presente</b>				<b>1.636.337,87</b>
<b>Investimento inicial</b>				<b>1.595.000,00</b>
<b>VPL &gt; 0 - O projeto deve ser aceito</b>				<b>41.337,87</b>

Tabela 2 – VPL para 13.000 m³/mês

Anos	Entradas (R\$)	Saídas (R\$)	SELIC	14,15%
			Fluxo de Caixa Líquido (R\$)	Valor Presente (R\$)
1	1.325.824,20	864.698,41	461.125,79	403.964,77
2	1.424.497,34	929.052,73	495.444,61	434.029,45
3	1.530.514,13	998.196,55	532.317,58	466.331,65
4	1.644.421,11	1.072.486,33	571.934,79	501.037,92
5	1.766.805,51	1.152.305,05	614.500,46	538.327,17
6	1.898.298,24	1.238.064,20	660.234,04	578.391,63
7	2.039.577,19	1.330.205,89	709.371,30	621.437,85
8	2.191.370,69	1.429.205,13	762.165,55	667.687,74
9	2.354.461,26	1.535.572,30	818.888,96	717.379,73
10	2.529.689,68	1.649.855,73	879.833,95	770.770,00
<b>∑ Valor Presente</b>				<b>5.699.357,91</b>
<b>Investimento inicial</b>				<b>3.455.833,00</b>
<b>VPL &gt; 0 - O projeto deve ser aceito</b>				<b>2.243.524,91</b>

Tabela 3 – VPL para 20.000 m³

Anos	Entradas (R\$)	Saídas (R\$)	SELIC	14,15%
			Fluxo de Caixa Líquido (R\$)	Valor Presente (R\$)
1	2.039.729,64	1.246.483,32	793.246,32	694.915,74
2	2.191.534,48	1.339.251,59	852.282,88	746.634,15
3	2.354.637,24	1.438.924,06	915.713,19	802.201,65
4	2.529.878,76	1.546.014,54	983.864,22	861.904,71
5	2.718.162,46	1.661.075,13	1.057.087,33	926.051,10
6	2.920.458,98	1.784.698,98	1.135.760,00	994.971,53
7	3.137.811,22	1.917.523,42	1.220.287,80	1.069.021,29
8	3.371.339,68	2.060.233,18	1.311.106,50	1.148.582,13
9	3.622.248,27	2.213.563,97	1.408.684,29	1.234.064,21
10	3.891.830,47	2.378.306,26	1.513.524,21	1.325.908,20
<b>∑ Valor Presente</b>				<b>9.804.254,73</b>
<b>Investimento inicial</b>				<b>5.316.667,00</b>
<b>VPL &gt; 0 - O projeto deve ser aceito</b>				<b>4.487.587,73</b>

## 5.2 Payback

O *Payback* é uma das técnicas de análise de investimento mais comuns que existem. Consiste em umas das alternativas mais populares ao VPL. Sua principal vantagem em relação ao VPL consiste em que a regra do *Payback* leva em conta o tempo do investimento e conseqüentemente é uma metodologia mais apropriada para ambientes com risco elevado (CHENÇO, 2009, p.129).

Este método visa calcular o tempo que o investimento inicial é pago. Nas Tabelas 4, 5 e 6 são apresentados.

Tabela 4 – *Payback* para 6.000 m<sup>3</sup>/mês (R\$)

				<b>SELIC</b>	<b>14,15%</b>
<b>Anos</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>	<b>Fluxo de Caixa Líquido</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Payback</b>
1	611.918,88	479.537,04	132.381,84	115.981,99	132.381,84
2	657.460,33	515.226,10	142.234,23	124.613,83	274.616,07
3	706.391,16	553.571,29	152.819,87	133.888,09	427.435,93
4	758.963,61	594.770,28	164.193,33	143.852,58	591.629,26
5	815.448,72	639.035,47	176.413,26	154.558,66	768.042,52
6	876.137,68	686.595,04	189.542,64	166.061,54	957.585,16
7	941.343,35	737.694,19	203.649,16	178.420,50	1.161.234,31
8	1.011.401,89	792.596,34	218.805,54	191.699,27	1.380.039,86
9	1.086.674,46	851.584,53	235.089,93	205.966,29	1.615.129,78
10	1.167.549,12	914.962,86	252.586,26	221.295,13	1.867.716,04
<b>Valor presente</b>				<b>1.636.337,87</b>	
<b>Investimento inicial</b>				<b>1.595.000,00</b>	
<b>VPL</b>				<b>41.337,87</b>	
<b>Payback descontado</b>				<b>8 anos e 3 meses</b>	

Tabela 5 – *Payback* para 13.000 m<sup>3</sup>/mês (R\$)

				<b>SELIC</b>	<b>14,15%</b>
<b>Anos</b>	<b>Entradas</b>	<b>Saídas</b>	<b>Fluxo de Caixa Líquido</b>	<b>Valor Presente</b>	<b>Payback</b>
1	1.325.824,20	R\$ 864.698,41	461.125,79	403.964,77	461.125,79
2	1.424.497,34	R\$ 929.052,73	495.444,61	434.029,44	956.570,40
3	1.530.514,13	R\$ 998.196,55	532.317,58	466.331,65	1.488.887,98
4	1.644.421,11	1.072.486,33	571.934,78	501.037,92	2.060.822,76
5	1.766.805,51	1.152.305,05	614.500,46	538.327,17	2.675.323,22
6	1.898.298,24	1.238.064,20	660.234,04	578.391,63	3.335.557,26
7	2.039.577,19	1.330.205,89	709.371,30	621.437,84	4.044.928,56
8	2.191.370,69	1.429.205,13	762.165,56	667.687,74	4.807.094,12
9	2.354.461,26	1.535.572,30	818.888,96	717.379,73	5.625.983,08
10	2.529.689,68	1.649.855,73	879.833,95	770.770,00	6.505.817,03
<b>Valor presente</b>				<b>5.699.357,89</b>	
<b>Investimento inicial</b>				<b>3.455.833,00</b>	
<b>VPL</b>				<b>2.243.524,89</b>	
<b>Payback descontado</b>				<b>6 anos e 1 mês</b>	

Tabela 6 – *Payback* para 20.000 m<sup>3</sup>/mês (R\$)

Anos	Entradas	Saídas	Fluxo de Caixa Líquido	SELIC	14,15%
				Valor Presente	<i>Payback</i>
1	2.039.729,64	1.246.483,32	793.246,32	694.976,63	793.246,32
2	2.191.534,48	1.339.251,59	852.282,89	746.699,57	1.645.529,21
3	2.354.637,24	1.438.924,06	915.713,18	802.271,93	2.561.242,39
4	2.529.878,76	1.546.014,54	983.864,22	861.980,22	3.545.106,61
5	2.718.162,46	1.661.075,13	1.057.087,33	926.132,23	4.602.193,94
6	2.920.458,98	1.784.698,98	1.135.760,00	995.058,70	5.737.953,94
7	3.137.811,22	1.917.523,42	1.220.287,80	1.069.114,95	6.958.241,74
8	3.371.339,68	2.060.233,18	1.311.106,50	1.148.682,76	8.269.348,24
9	3.622.248,27	2.213.563,97	1.408.684,30	1.234.172,33	9.678.032,54
10	3.891.830,47	2.378.306,26	1.513.524,21	1.326.024,36	11.191.556,75
<b>Valor presente</b>				<b>9.805.113,68</b>	
<b>Investimento inicial</b>				<b>5.316.667,00</b>	
<b>VPL</b>				<b>4.488.446,68</b>	
<b><i>Payback</i> descontado</b>				<b>5 anos e 3 meses</b>	

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos estudos feitos para elaboração deste trabalho, podemos concluir que o sistema é totalmente viável. Na parte técnica concluímos que a membrana associada ao reator biológico, mesmo ainda sendo pouco utilizada, se mostra totalmente promissora para o tratamento dos efluentes domésticos. O tratamento utilizando membranas associadas aos reatores biológicos é mais produtivo e resulta em um permeado de melhor qualidade do que os métodos tradicionais.

A utilização em uma escala maior esbarra em questões burocráticas, culturais e comerciais. A população ainda resiste à utilização do efluente tratado para consumo humano, talvez por falta de conhecimento de causa. O governo ainda está elaborando normas específicas para o uso da água de reuso para abastecimento de reservatórios.

Hoje a quantidade de empresas que se propõem a fornecer este serviço é pequena, acredita-se que no futuro a concorrência aumente o que reduziria os custos e ampliariam os locais de aplicação do sistema. Financeiramente, o investimento se mostrou rentável e com o aumento do volume tratado, os valores de investimento retornam de forma mais rápida. Através dos resultados foi demonstrado que os altos investimentos para implantação retornam em alguns anos. Com o aumento da escala de utilização e conseqüentemente de produção das membranas, as indústrias fabricantes tendem a diminuir os custos e outros concorrentes entram no mercado. Outras soluções energéticas ainda podem ser utilizadas, o que poderia reduzir sensivelmente os valores pagos a concessionária de energia elétrica, como a queima do lodo ou até utilização de painéis solares.

Encarando o cenário atual de crise hídrica e uma preocupação maior com o meio ambiente, o reuso se mostra cada vez mais importante e necessário. Diversos países já adotam as mais variadas formas de reuso em seus sistemas de distribuição de água. Para os consumidores, estas

soluções não têm apenas o viés financeiro, mas também proporciona a conscientização das gerações futuras sobre como lidar com a água, que é um bem vital a nossa existência.

### REFERÊNCIAS

CHENÇO, E. C. *Fundamentos em finanças*. Curitiba: IES DE Brasil, 2009.

GIACOBBO, A. *Microfiltração aplicada ao tratamento de efluentes de curtume*. In: VII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre :ABES, 2010.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 7<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora ABES, 2014.

PELEGRIN, D. C. *Microfiltração tangencial de efluente sanitário após tratamento biológico*. Florianópolis, 114 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

PROVENZI, G.T. *Biorreator à membrana submersa para tratamento biológico de efluentes: estudos hidrodinâmicos e físico-químicos no controle da colmatação*. 170 p. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

RADJENOVIC, J. et al. *Membrane bioreactor (MBR) as an advanced wastewater treatment technology*. In: Handbook Environmental Chemistry, v.5, 2008.

SCHNEIDER, R. P.; TSUTIYA, M. T. *Membranas filtrantes para o tratamento de água, esgoto e água de reuso*. 1.ed., São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 234p., 2001.

VIANA, M. A. P. *Internet na Educação: Novas formas de aprender, necessidades e competências no fazer pedagógico*. In: MERCADO, L. P. L. (Org.) *Tendências na utilização das tecnologias da informação e comunicação na educação*. Maceió: EDUFAL, 2004.