

## ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO - ETE BOMBINHAS, SC

Veridiana Antunes Menegazzo



Veridiana Antunes Menegazzo

**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DE UMA ESTAÇÃO  
DE TRATAMENTO DE ESGOTO - ETE BOMBINHAS, SC**

Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina para a  
Conclusão do Curso de Graduação  
em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião  
Roberto Soares

Florianópolis, SC  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Menegazzo, Veridiana Antunes

Análise do custo do ciclo de vida de estação de tratamento de esgoto / Veridiana Antunes Menegazzo ; orientador, Sebastião Roberto Soares ; coorientador, Edivan Cherubini. - Florianópolis, SC, 2016.

75 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, . Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Análise econômica. 3. Análise do custo do ciclo de vida. 4. Custo do ciclo de vida. 5. Estação de tratamento de esgoto. I. Soares, Sebastião Roberto . II. Cherubini, Edivan . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

Veridiana Antunes Menegazzo

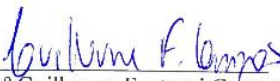
**ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA DE ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE ESGOTO - ETE BOMBINHAS, SC**


Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos para a Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental – TCC II.

Florianópolis, 23 de novembro de 2016.

Banca Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Engº Guilherme Fantozzi Campos  
Membro da Banca

  
\_\_\_\_\_  
Engº Anderson Rodrigo Miranda  
Membro da Banca

*Este trabalho é dedicado aos meus amados pais que sempre incentivaram minha formação acadêmica e me apoiaram no trajeto até aqui.*



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus por toda energia e iluminação dos caminhos ao longo da vida.

A minha mãe, Vera, por ser um grande exemplo em vários aspectos na minha vida, principalmente de gratidão e determinação.

Ao meu pai, Vilson, pelo exemplo de um homem trabalhador e responsável, além de grande incentivador dos meus melhores resultados nos estudos.

Ao meu orientador, Professor Sebastião Roberto Soares, por todo apoio e instrução na realização deste trabalho e por ter sido um exemplo de professor na disciplina ministrada na graduação, abrindo meus caminhos e despertando meu interesse pelo tema deste trabalho.

À CASAN, por todo conhecimento, informação e suporte fornecidos para a elaboração deste trabalho, vendo-o com bons olhos também para a Companhia. Agradeço também a toda equipe da SOMEG pela ajuda e compreensão ao longo deste período.

Ao Engenheiro Guilherme Fantozzi Campos agradeço imensamente a oportunidade de realização do estágio junto à CASAN, além de todo apoio e toda compreensão nos momentos delicados deste trabalho.

À equipe do CICLOG, principalmente ao Edivan Cherubini, pela grande ajuda e dedicação no polimento e nas melhorias deste trabalho.

À equipe do LCQAR, em especial ao professor Henrique de Melo Lisboa, pela primeira experiência de iniciação científica e pelo apoio junto ao programa Brafitec, os quais me proporcionaram significativo crescimento pessoal e acadêmico, trazendo grande motivação ao longo de toda graduação.

Aos meus amigos, pela paciência e suporte emocional nas diversas fases da graduação e principalmente nesta etapa final.





## RESUMO

Diante da economia global e da crescente preocupação com as questões ambientais junto ao aspecto econômico, intensifica-se a necessidade de ferramentas para análises econômicas que levem em consideração o custo total ao longo do ciclo de vida, incluindo custos de operação, manutenção e disposição final, além dos custos iniciais. Estudos demonstram que o custo de posse de um ativo frequentemente supera o custo de aquisição inicial, sendo que os custos de manutenção e operação podem ser superiores de dez a cem vezes ao custo inicial. Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo estruturar o custo associado a uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) com base na metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV). Os dados foram obtidos por meio de um estudo de caso na ETE de Bombinhas SC. Para cada categoria de custo, foi calculada a média mensal, com base nos dados do período de janeiro a agosto de 2016 e obtido o custo médio anual. O Valor Presente (VP) foi calculado considerando-se uma taxa de juros anual de 9,6% e 20 anos de projeto. Os resultados do custo do ciclo de vida foram diferentes, dependendo do método, devido a diferenças nos dados de entrada dos modelos. Os custos operacionais foram superiores aos custos de investimentos iniciais em ambos modelos, destacando-se a relevância das despesas com pessoal, análises laboratoriais e energia elétrica.

Palavras-chave: Análise econômica, ACCV, Estação de Tratamento de Esgoto.



## ABSTRACT

In the face of the global economy and growing concern about environmental issues with the economic aspect, the need for tools for economic analyzes that take into account the total cost throughout the life cycle is intensified, including operation, maintenance and disposal cost besides the procurement cost. Past experiences indicates that often engineering system ownership costs exceed acquisition cost which the logistic and operating cost can vary from 10 to 100 times the acquisition cost. The aim of this study is to make an economic analysis of a Sewage Treatment Plant, applying the LCCA methodology, in order to get the cost of the STP, identifying the total cost by two different methods. Data were obtained from the STP studied and were displayed in chart. For each cost category, the monthly average was calculated, based on data from January to august 2016, concerning the average annual cost. The Present Value (PV) was calculated considering discount rate of 9,6% and 20 years of project. The total life cycle cost calculated for each model was different due to variation on input data of the models. The operating cost was higher than the initial investments costs on both models, highlighting the relevance of manpower, laboratory analysis and electricity expenses.

Keywords: Economic analysis, LCCA, Sewage Treatment Plant.



## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 Conceito de ACCV.....	28
Figura 2 Modelo de sistema para ACV de sistema de tratamento de esgoto .....	29
Figura 3 Variações dos custos do tratamento de esgoto municipal.....	30
Figura 4 Localização do município de Bombinhas em Santa Catarina.	42
Figura 5 Fronteiras do sistema e processo de tratamento do efluente...	44
Figura 6 Efluente clarificado ao final do tratamento – ETE Bombinhas .....	45



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 ACCV para duas tecnologias de tratamento de esgoto. ....	37
Tabela 2 Custos de operação e manutenção - ETE Barueri. ....	39
Tabela 3 Parâmetros do efluente bruto e efluente tratado.....	45
Tabela 4 Preço unitário dos produtos químicos. ....	48
Tabela 5 Custos de investimentos iniciais da ETE .....	54
Tabela 6 Despesas com produtos químicos. ....	55
Tabela 7 Consumo e gasto energético.....	55
Tabela 8 Produção de lodo e custo mensal. ....	56
Tabela 9 Detalhamento e custo das análises laboratoriais. ....	57
Tabela 10 Despesas mensais com operadores.....	58
Tabela 11 Rateio do pessoal de apoio .....	58
Tabela 12 Custos de manutenção e aquisição de produtos. ....	59
Tabela 13 Custo de serviços vinculados à operação. ....	59
Tabela 14 Custos do ciclo de vida - ETE Bombinhas.....	60
Tabela 15 Resultado da ACCV para ETE Bombinhas – Modelo Bhoeye et at.... ..	61
Tabela 16 Custos do ciclo de vida - ETE Bombinhas.....	62
Tabela 17 Resultado ACCV ETE Bombinhas - Modelo Geral 1.....	62





## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACCV – Análise do Custo do Ciclo de Vida

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

CCV – Custo do Ciclo de Vida

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LCC – *Life Cycle Costing*

SRM – Superintendência Regional Metropolitana

STP – *Sewage Treatment Plant*

VP – Valor Presente

PA – Pagamentos anuais



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
1.1	OBJETIVOS .....	22
1.1.1	Objetivo Geral .....	22
1.1.2	Objetivos Específicos.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>23</b>
2.1	CICLO DE VIDA .....	23
2.2	ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV) .....	23
2.3	MÉTODOS DE ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA ....	26
2.3.1	Dez passos para uma ACCV – Greene e Shaw (1990).....	27
2.3.2	ACCV: Pilar econômico da sustentabilidade – Rebitzer et al. (2003) 28	
2.3.3	Modelo Geral 1 .....	31
2.3.4	Modelo Geral 2 .....	32
2.3.5	Modelo Geral 3 .....	32
2.3.6	Modelo destinado a instalações de tratamento de resíduos	33
2.3.7	Modelo de Koul e John (2015) .....	34
2.3.8	Modelo de Bhoje et al. (2016).....	35
2.4	CUSTOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO .....	37
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
3.1	ESTUDO DE CASO.....	41
3.1.1	Localização da ETE.....	42
3.1.2	Características da ETE .....	42
3.2	LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS CUSTOS .....	46
3.2.1	Custos iniciais de projeto e obra .....	47
3.2.2	Custo de operação .....	47
3.2.3	Custo energético .....	49
3.2.4	Custo de manutenção .....	50

3.2.5	Custo de substituição .....	50
3.2.6	Custo de revenda .....	51
3.3	ANÁLISE ECONÔMICA .....	51
3.4	MÉTODOS DE ACCV AVALIADOS .....	53
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>54</b>
4.1	TAXA DE JUROS.....	54
4.2	DETALHAMENTO DOS CUSTOS .....	54
4.3	CUSTO DO CICLO DE VIDA .....	59
4.3.1	Modelo de Bhoye et al.....	59
4.3.2	Modelo Geral 1 .....	61
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>66</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>67</b>
	APÊNDICE A – CONSUMO MENSAL DOS QUATRO PRODUTOS QUÍMICOS NA ETE DE BOMBINHAS, ENTRE OS MESES DE JANEIRO E JULHO.....	71
	ANEXO B – VALORES DA TAXA SELIC DO PERÍODO DE 1995 A 2015 .....	72
	ANEXO C – VALORES DA INFLAÇÃO DO PERÍODO DE 1995 A 2015.....	73



## 1 INTRODUÇÃO

Diante das pressões de mercado na economia global e da crescente preocupação do aspecto econômico junto às questões do meio ambiente, intensifica-se a necessidade de análises econômicas que proporcionem o gerenciamento de custos de forma clara, efetiva e auxiliem a tomada de decisão em investimentos.

A decisão de aquisição de sistemas de engenharia, particularmente os mais caros, é muitas vezes realizada levando-se em consideração apenas o custo inicial de investimento, entretanto sabe-se que o custo de posse, o qual contempla despesas vinculadas a operação e manutenção, por exemplo, pode ser de dez a cem vezes superior ao custo original de aquisição (DHILLON, 2010). A decisão, portanto, deve ser prioritariamente baseada no custo do ciclo de vida, ou seja, na soma total de todos os custos associados às sucessivas fases da vida útil prevista, incluindo design, desenvolvimento, produção, operação, manutenção, suporte e desmantelamento ou destinação final (EMBLEMSVÅG, 2003).

A metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) ou Custo do Ciclo de Vida (CCV), em inglês *Life Cycle Costing* (LCC), tem se mostrado uma ferramenta efetiva de engenharia econômica no suporte à tomada de decisão em sistemas, equipamentos, produtos e projetos. A utilização e a importância desta análise são ressaltadas a partir das constatações de experiências passadas as quais indicam que sistemas ou ativos adquiridos inicialmente a custos menores não custam necessariamente menos ao longo do período de vida útil (DHILLON, 2010). A aplicação da ACCV está intimamente ligada às etapas de design e desenvolvimento, em que é possível a avaliação e determinação da maioria dos custos. Desta forma, torna-se viável o gerenciamento proativo dos custos, ou seja, a eliminação dos custos ao invés de corte e redução depois que estes já foram incorridos (EMBLEMSVÅG, 2003).

A ACCV tem uma perspectiva expandida do ciclo de vida em relação a outros sistemas tradicionais de contabilidade, considerando não só custos de investimentos, mas também custos de operação durante o ciclo de vida estimado do produto. Tal expansão do orçamento do sistema, entretanto, ainda não inclui todos os custos ambientais. As técnicas tradicionais de contabilidade foram consideradas inadequadas para o gerenciamento dos problemas ambientais e a falta de técnicas que ressaltem as questões ambientais pela tradução em termos monetários é considerada o maior impasse (GLUCH; BAUMANN, 2004).

No domínio ambiental, a ACCV permanece como uma das principais metodologias de gerenciamento, destacando-se a vantagem de

que é mais fácil expor os resultados de estudos ambientais quando estes estão vinculados a demonstrações econômicas de custos. Ainda, os custos promovem uma medida mais direta de economia do que medidas científicas, como gigajoules de energia (EMBLEMSVÅG, 2003).

Nesse contexto, constata-se a necessidade de expansão e aplicação de métodos de ACCV para projetos e obras de saneamento, buscando responder à questão principal de qual o custo associado ao ciclo de vida, focando na obtenção de indicativos para a decisão mais adequada do ponto de vista econômico e ambiental.

A realização deste trabalho ao Grupo de Pesquisa em Avaliação do Ciclo de Vida (CICLOG) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) busca também trazer e incentivar a abordagem da ACCV nas disciplinas da graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, como ferramenta integrante no processo de decisão nos projetos realizados, tendo-se em vista a relevância do aspecto econômico, o qual geralmente é ignorado ao longo do desenvolvimento dos projetos nas disciplinas.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Estruturar o custo associado a uma Estação de Tratamento de Esgoto com base na metodologia de ACCV.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Definir diferentes metodologias de ACCV para comparar os custos totais;
- b) Identificar os tipos de custos vinculados ao ciclo de vida de uma ETE para obter o custo total.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica deste trabalho envolve quatro temas principais. O primeiro subitem (2.1) apresenta a definição de ciclo de vida, o segundo (2.2) apresenta um breve histórico de aplicações da análise do custo do ciclo de vida (ACCV), o terceiro (2.3) contempla alguns métodos que pudessem se adequar para estações de tratamento de esgoto e o quarto subitem (2.4) discorre sobre os custos de uma ETE.

### 2.1 CICLO DE VIDA

De acordo com Emblemåsvåg (2003), a interpretação de ciclo de vida de um sistema é variável e pode ser vista sob diferentes perspectivas, entre elas do ponto de vista do marketing, do produtor e do consumidor. Segundo o autor, diante da ótica do marketing, o ciclo de vida seria composto principalmente por quatro estágios: introdução, crescimento, maturação e declínio.

Para a percepção do produtor, entretanto, o ciclo de vida seria contemplado por cinco estágios: concepção do produto, design, produto e processo de desenvolvimento, produção e logística (EMBLEMÅSVÅG, 2003). O autor complementa que com relação à perspectiva do usuário ou consumidor, cinco estágios ou processos são destacados: aquisição, operação, suporte, manutenção e disposição final.

De maneira geral, o ciclo de vida pode ser entendido como os estágios sucessivos e encadeado de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou geração de recursos naturais à disposição final (ABNT, 2009). Logo, o ciclo de vida de um produto e/ou serviço abrange todos os estágios das diferentes perspectivas supracitadas.

Uma definição similar é apresentada anteriormente por Ekvall (2000) na qual o ciclo de vida do produto é um sistema que consiste em modelos das atividades tecnológicas nas diversas fases do produto: desde a extração de matéria-prima para o produto, materiais e equipamentos, passando pela produção e utilização do produto, até a possível disposição final do mesmo e dos materiais auxiliares e equipamentos.

### 2.2 ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (ACCV)

A decisão de aquisição para muitos sistemas de engenharia, particularmente os mais onerosos, normalmente é baseada apenas nos custos iniciais de investimento e não no custo do ciclo de vida. Vários estudos indicam, entretanto, que frequentemente o custo de posse,

incluindo logística e manutenção, podem superar de dez a cem vezes o custo inicial de aquisição (DHILLON, 2010).

O custo do ciclo de vida de um sistema pode ser definido como o custo total ao longo da vida de um ativo, incluindo planejamento, design, aquisição, custo de suporte e qualquer outro custo diretamente atribuído à posse ou uso do ativo (EMBLEMSVÅG, 2003).

O termo Custo do Ciclo de Vida (CCV) ou *Life Cycle Costing*, foi usado pela primeira vez em 1965 em um documento chamado de “*Life Cycle Costing in Equipment Procurement*” preparado para o Departamento de Defesa dos EUA, que estimulou o desenvolvimento e aplicação do custeio do ciclo de vida (DHILLON, 2010).

Conforme Sherif e Kolarik (1981), a definição de ACCV se refere a uma análise técnica que engloba todos os custos associados a um produto desde a concepção à disposição final. O típico ciclo de vida atribuído inicialmente para um sistema de defesa, como aeronaves e tanques, foi dividido nas seguintes fases: pesquisa e desenvolvimento, design, manufatura, instalação, operação, manutenção e recuperação. Este tipo de ciclo de vida favorecia uma ACCV para o primeiro usuário, o Departamento de Defesa, uma vez que detinha todo o controle do sistema, desde sua concepção à disposição final.

Segundo Hunkeler et al. (2008), entretanto, já em 1933 nos Estados Unidos os custos do ciclo de vida eram incluídos em custos operacionais e de manutenção quando o *General Accounting Office* (GAO) comprou tratores. Entendia-se nessa época que custos de operação e acompanhamento poderiam ser facilmente superiores ao investimento inicial.

Como resultado do documento destinado ao Departamento de Defesa, houve a publicação de uma série de três guias para contratação de análises do custo do ciclo de vida, nomeados de “*Life Cycle Costing Procurement Guide*”, “*Life Cycle Costing in Equipment Procurement – Casebook*” e “*Life Cycle Costing Guide for System Aquisition*”. Em 1971 emitiu-se a diretiva 5000.1, intitulada “*Aquisition of Major Defense Systems*”, referente ao requerimento de contratação de CCV para a aquisição dos principais sistemas.

Ainda na década de 1970, a análise do custo do ciclo de vida avançou dos sistemas de defesa do campo militar e atingiu as áreas de produtos industriais e consumo, juntamente com a evolução de seu escopo. Estes novos sistemas, como máquinas e veículos, tinham dois usuários sequenciais, contando o produtor e o consumidor, que controlavam apenas uma parte do ciclo de vida do sistema (SHERIF; KOLARIK, 1981).

Em 1974 o conceito de Custo de Ciclo de Vida foi formalmente adotado na Flórida e um projeto chamado “*Life Cycle Budgeting and Costing as an Aid in Decision Making*” foi iniciado pelo Departamento Americano de Saúde, Educação e Bem-Estar. Em 1978, o Congresso Americano aprovou o “*National Energy Conservation Policy Act*” que tornou obrigatório, para novos edifícios federais, o custeio efetivo do ciclo de vida.

A partir de 1974 outros estados americanos, dentre eles Alasca e Texas, aprovaram legislações que tornavam obrigatória a análise do custo do ciclo de vida no planejamento, design e construção de todos os edifícios do Estado (DHILLON, 2010). Nesta mesma época, a ACCV atraiu a atenção do setor público na Europa.

Ainda nos anos 70, Eisenberger e Lorden (1977) apresentaram um documento sobre as considerações práticas no qual o custo do ciclo de vida de um sistema é definido convencionalmente no valor presente de todos os custos do sistema, no começo da operação do mesmo. No documento supracitado, é apresentada uma fórmula para o cálculo, cuja aplicação deve ser feita a partir da estimativa do tempo de vida útil do sistema, dos custos anuais do ciclo de vida e da escolha de uma taxa de juros.

Uma lista de publicações (DHILLON, 1981) sobre custeio do ciclo de vida foi exibida em um artigo de jornal, intitulada de “*Life Cycle Cost: A survey*”, contemplando basicamente as aplicações para aeronaves e sistemas de defesas, não havendo aplicabilidade específica vinculada ao domínio ambiental.

No ano de 1992, o conceito de ACCV era familiar entre os economistas do ramo da construção civil ao redor do mundo e tornou-se um padrão reconhecido pelo Reino Unido sob a norma British Standards BS 3843: os custos associados à aquisição, uso, cuidados e disposição final de qualquer ativo físico, incluindo-se estudos de viabilidade, pesquisa e desenvolvimento, design, produção, manutenção, substituição e disposição; inclui-se também os custos de suporte, treinamento e operação gerados pela aquisição, uso, manutenção e substituição do ativo (BOUSSABAINÉ; KIRKHAM, 2004).

Em 2000, a definição foi revisada e incorporada na ISO 15686 *Part 1- Service Life Planning* que cita CCV como: uma técnica que permite uma avaliação comparativa de custos dentro de um período específico de tempo, levando em consideração todos os fatores econômicos relevantes em termos dos custos iniciais do capital e dos custos operacionais futuros (BOUSSABAINÉ; KIRKHAM, 2004).

Ainda, dentre as definições mais recentes apresentadas, encontra-se a de Kubba (2010): “É um método para avaliar todos os custos relevantes ao longo do tempo de um projeto ou produto. O método de CCV leva em conta os primeiros custos, incluindo o investimento de capital, compra e custos de instalação; gastos futuros, incluindo custos com energia, operacionais, de manutenção, de substituição de capital, de financiamento; e qualquer custo de revenda, de resgate ou eliminação, ao longo da vida do projeto ou produto.”

Em termos de difusão e aplicação da ACCV, diversos segmentos da economia estão gradativamente mais conscientes quanto aos custos, visando melhorar a produtividade do capital. Projetos de custos e conceitos CCV são aplicados atualmente na indústria, governo, serviços e segmentos de consumidores numa escala significativamente maior que no passado (DHILLON, 2010).

A aplicação da Análise do Custo do Ciclo de Vida como ferramenta para auxiliar a tomada de decisão dentro do domínio ambiental é significativa apenas a partir de 2000. Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003) destacam a importância da abordagem sistêmica em uma análise econômica para uma estação de tratamento de efluentes, em que processos a montante – produção de materiais auxiliares – e a jusante – tratamento e transporte de lodo – devem ser levados em consideração em função da geração de poluição e de custos adicionais. Os autores concluem ainda que a sustentabilidade só pode ser atingida se as soluções propostas e implementações ambientais e sociais forem economicamente viáveis, destacando a ACCV como um poderoso método para expandir a visão econômica, incluindo-se todos os elementos importantes do sistema e as inter-relações no ciclo de vida do produto.

Em termos metodológicos ou de procedimentos, o desenvolvimento da análise do custo do ciclo de vida ocorreu mais pela aplicação específica do que por modelos hipotéticos e, portanto, não há uma metodologia geral ou modelo único de aplicação. Esta análise provavelmente ganhará mais atenção ao longo dos anos, particularmente para planejamento e controle de processos e como um pilar na análise sustentável, juntamente com a avaliação do ciclo de vida (ACV) e avaliações sociais (HUNKELER et al., 2008).

### 2.3 MÉTODOS DE ANÁLISE DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

Neste subitem são apresentados alguns métodos encontrados na literatura para a condução de um estudo de ACCV.

### 2.3.1 Dez passos para uma ACCV – Greene e Shaw (1990)

Uma das primeiras descrições metodológicas encontradas foi apresentada por Greene e Shaw (1990), cujo artigo *The Steps for Successful life cycle cost analysis* publicado postula dez passos a serem seguidos para uma completa ACCV. Em cada um dos passos, existem subitens ou explicações incluídas que são genéricas para o processo de análise. Todos os passos são necessários para uma análise completa, entretanto os subitens devem ser seguidos de acordo com cada caso em particular:

- 1) Determinar o propósito da análise;
- 2) Definir o escopo do sistema;
- 3) Selecionar a metodologia apropriada ou modelo de CCV;
- 4) Reunir informações e realizar as entradas apropriadas na metodologia/modelo;
- 5) Realizar verificações sobre as entradas e saídas;
- 6) Realizar análises de sensibilidade e avaliação de risco;
- 7) Formular os resultados da ACCV;
- 8) Documentar a ACCV;
- 9) Apresentar a ACCV;
- 10) Atualizar a ACCV;

Dentro no terceiro passo – seleção da metodologia ou modelo de CCV – são citados exemplos de modelos para estimativa do custo do ciclo de vida para pesquisa e desenvolvimento e produção, custos de operação e manutenção e por fim custos dentro de contabilidade. Ressalta-se ainda neste item que uma metodologia ou método perfeito que sirva para todas as aplicações não existe, entretanto utiliza-se uma combinação de metodologias e métodos de acordo com a situação.

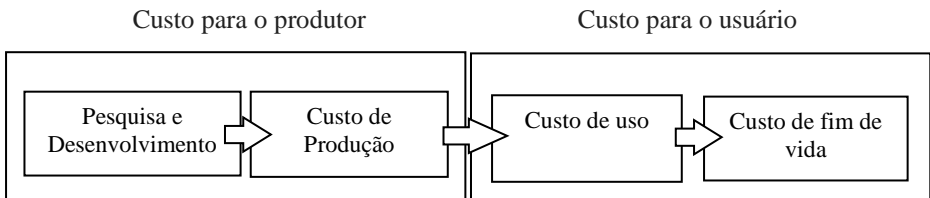
Apesar da generalidade dos passos principais, os subitens e explicações abordadas são direcionados para as primeiras aplicações do CCV, vinculadas aos sistemas de defesa e aeronaves e se distanciam significativamente do domínio ambiental e da análise para uma estação de tratamento de esgoto, por exemplo.

### 2.3.2 ACCV: Pilar econômico da sustentabilidade – Rebitzer et al. (2003)

Dentro do domínio ambiental, Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003) abordam a ACCV como o pilar econômico da sustentabilidade e apresentam uma metodologia e aplicação para tratamento de esgoto. Uma abordagem sistemática é defendida tanto para as questões ambientais quanto para as econômicas, em que todos os processos a montante e a jusante associados a produção, uso e final de vida são examinados (REBITZER; HUNKELER; JOLLIET, 2003).

A metodologia descrita está ligada à avaliação do ciclo de vida (ACV) e é chamada de *LCA-based LCC*. A estrutura da ACV é utilizada como base para estimativas de custo no desenvolvimento do produto (bens ou serviço) e planejamento. A ACV é uma metodologia estabelecida, baseada nas normas ABNT NBR 14040 e 14044, para avaliar os potenciais impactos ambientais de um produto. A análise do custo do ciclo de vida (ACCV) – vertente econômica da ACV – não possui um conceito padrão ou uniforme e existem diversas abordagens com diferentes objetivos, escopos e metodologias (REBITZER; HUNKELER; JOLLIET, 2003).

**Figura 1** Conceito de ACCV.



Fonte: Adaptado Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003).

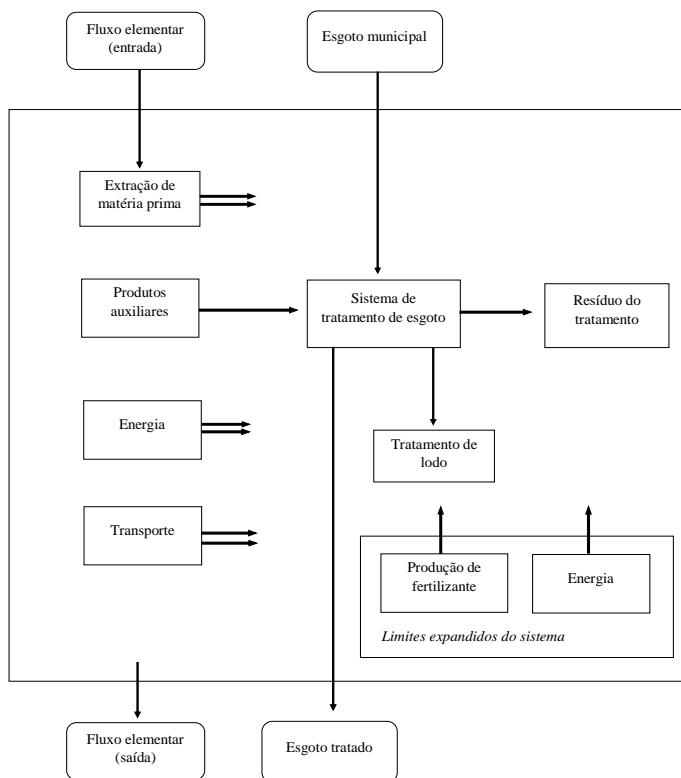
Define-se que o custo do ciclo de vida está associado a todos os custos vinculados ao sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida (REBITZER; HUNKELER; JOLLIET, 2003). O conceito de ACCV é ilustrado na Figura 1.

O inventário, segunda etapa de um estudo de ACV, é uma excelente base para identificação e alocação dos custos. O inventário fornece as quantidades dos fluxos de produtos e elementares, sendo os custos obtidos multiplicando-se tais quantidades pelos respectivos custos ou preços de mercado (REBITZER; HUNKELER; JOLLIET, 2003).

Para o estudo de caso do tratamento de esgoto, Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003) salientam que não se pode focar apenas na qualidade final do produto – a água limpa – ou nos custos de operação do sistema de tratamento de esgoto/ da planta para tratamento de esgoto. Existem outros custos e impactos operacionais associados que devem ser considerados visto que tais atividades também utilizam água e geram poluição.

Assim como na ACV tradicional, em uma ACCV é preciso definir uma unidade funcional, que no trabalho de Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003) foi o tratamento da quantidade média de esgoto típica por ano e por pessoa na Suíça. O modelo do sistema estudado é apresentado na Figura 2.

**Figura 2** Modelo de sistema para ACV de sistema de tratamento de esgoto.



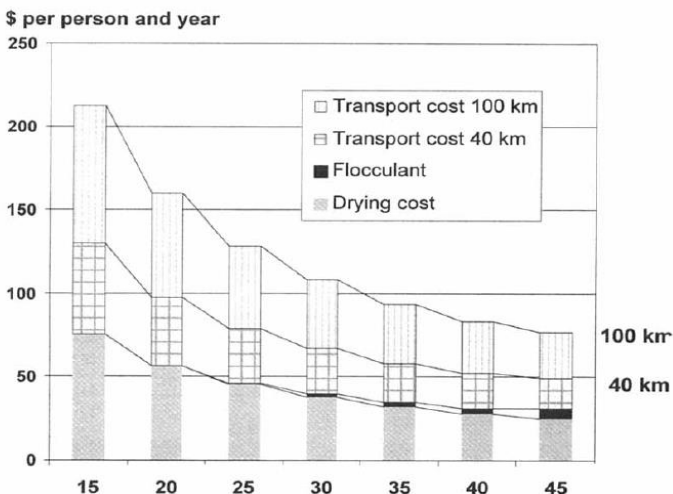
Fonte: Adaptado Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003).

Como resultado, observou-se que parte significativa dos impactos e custos estava ligada à secagem e ao transporte do lodo. A

redução da distância de transporte e conteúdo de água no lodo são apontadas como medidas para redução dos encargos financeiros e impactos ambientais. Ainda, como proposta para redução da quantidade de água, indicou-se a utilização de flutuantes químicos, os quais aumentam o custo de produção, mas geram significativa economia na secagem e transporte (REBITZER; HUNKELER; JOLLIET, 2003).

A Figura 3 mostra a variação do custo do ciclo de vida do tratamento de esgoto municipal como função da secagem e transporte do lodo na saída do sistema.

**Figura 3** Variações dos custos do tratamento de esgoto municipal.



Fonte: Rebitzer, Hunkeler e Jolliet (2003).

Sistemas de tratamento de esgoto sem uso de floculantes podem gerar em torno de 10% de substâncias secas e ciclos de vida extremamente caros. Com o uso desses produtos e consequentemente a obtenção de maior porcentagem de substâncias secas – de 30% a 45% - observa-se significativa redução do custo total por pessoa por ano.

De forma geral, *LCA-based LCC* permite a expansão da visão econômica ao incluir todos os elementos importantes do sistema e as inter-relações no ciclo de vida do produto, seja um bem material ou serviço. A partir de uma análise dessa natureza, percebe-se que soluções inicialmente caras, como o uso de floculantes, podem levar a grandes reduções de custos no sistema como um todo, equivalentes também para o aspecto ambiental (REBITZER; HUNKELER; JOLLIET, 2003).



No entanto, as metodologias apresentadas, embora sejam um guia inicial, não exibem modelos específicos que permitam a estimativa do custo do ciclo de vida de produto. Alguns modelos gerais foram apontados por Dhillon (2010), bem como modelos para aplicações específicas, dentre elas destinadas a sistema de radar, pontes e instalações para tratamento de resíduos.

O autor exibe seis modelos gerais e enfatiza que não são destinados para nenhum sistema específico ou equipamento. A seguir, apresentam-se três dos seis modelos gerais e o modelo destinado para instalações de tratamento de resíduos, apresentados por Dhillon (2010).

### 2.3.3 Modelo Geral 1

Nesse caso, o custo de vida do sistema ou do equipamento é dividido em duas partes principais, sendo os custos recorrentes e os custos não recorrentes. O custo do ciclo de vida pode ser calculado pela Equação 1:

$$LCC = RC + NRC$$

Equação 1

Onde,

LCC é o custo do ciclo de vida

RC é o custo recorrente

NRC é o custo não recorrente

O custo recorrente, RC, é dado pela Equação 2:

$$RC = OC + IC + SC + MC + MTC$$

Equação 2

Onde,

OC é o custo de operação

IC é o custo de inventário

SC é o custo de suporte

MC é o custo de mão de obra

MTC é o custo de manutenção

O custo não recorrente, NRC, é obtido a partir da Equação 3:

$$NRC = Cp + Ci + Cq + Cr + Ct + Crm + Cs$$

Equação 3

Onde,

$C_p$  é o custo de aquisição

$C_i$  é o custo de instalação

$C_q$  é o custo de aprovação de qualificação

$C_r$  é o custo de pesquisa e desenvolvimento

$C_t$  é o custo de treinamento

$C_{rm}$  é o custo com confiabilidade e melhoria

$C_s$  é o custo de suporte

### 2.3.4 Modelo Geral 2

Neste modelo, o custo do equipamento ou do sistema é dividido em três partes principais: custo de aquisição, custo inicial de logística e custos recorrentes. O custo do ciclo de vida do sistema é calculado a partir da Equação 4:

$$LCC = C1 + C2 + C3$$

Equação 4

Onde,

LCC é o custo do ciclo de vida

$C_1$  é o custo de aquisição

$C_2$  é o custo inicial de logística

$C_3$  é o custo recorrente

O custo inicial de logística,  $C_2$ , é composto por custos incorridos uma única vez, como custos de aquisição de novos equipamentos de suporte não contabilizados no custeio do ciclo de vida, custos de modificações de equipamentos e custo inicial do gerenciamento técnico de informações.

Os três principais custos do custo recorrente,  $C_3$ , são os custos de operação, gerenciamento e manutenção.

### 2.3.5 Modelo Geral 3

Nesse caso, o custo do ciclo de vida é expresso pela Equação 5:

$$LCC = Ccp + Cdp + Cpp + Cop$$

Equação 5

Onde,

LCC é o custo do ciclo de vida

Ccp é o custo associado a fase conceitual

Cdp é o custo associado a fase de definição

Cpp é o custo associado a fase de aquisição

Cop é o custo associado a fase de operação

De modo geral, os custos da fase conceitual e de definição são relativamente pequenos em comparação aos custos de aquisição e operação (DHILLON, 2010). Os quatro principais elementos do custo da fase de aquisição são os custos do sistema ou equipamento principal, da mão de obra, do suporte de equipamentos e do programa de gerenciamento. Por fim, o custo da fase operacional pode ser calculado a partir da Equação 6:

$$Cop = Cm + Cfo + Coa$$

Equação 6

Onde,

Cm é o custo de manutenção

Cfo é o custo das operações funcionais

Coa é o custo operacional administrativo

### 2.3.6 Modelo destinado a instalações de tratamento de resíduos

O custo do ciclo de vida é definido pela Equação 7:

$$LCC = CONC + EDIC + OPC + DDC + SRC + WTDC + FEC$$

Equação 7

Onde,

LCC é o custo do ciclo de vida da instalação de tratamento de resíduos;

CONC é o custo de construção, contemplando custos de melhorias de terra, espaço de trabalho e gerenciamento de obra;

EDIC é o custo de engenharia, design e inspeção;

OPC é o custo de operação, incluindo materiais, organização, manutenção, equipamentos secundários etc.;

DDC é o custo de descontaminação e desativação, incluindo ainda os resíduos gerados nas respectivas etapas;

SRC é o custo de *start-up* e revisão que incluem custos com itens como treinamento de pessoal, manuais de operação e manutenção, custos de testes iniciais;

WTDC é o custo com transporte e disposição dos resíduos;

FEC é o *front-end cost* que incluem custos de gerenciamento de projetos e custos de estudos preliminares.

Analisando métodos específicos para sistemas de tratamento de esgoto, foram identificados dois modelos utilizados na literatura. Os modelos serão apresentados nos subitens 2.3.7 e 2.3.8.

### 2.3.7 Modelo de Koul e John (2015)

O estudo feito por Koul e John (2015) foi desenvolvido com o intuito de propor uma base de avaliação comparativa para processos de tratamento de esgoto baseado em diferentes tecnologias. Três tipos de tratamento foram comparados, sendo os processos baseados em reator UASB, reator em batelada sequencial (SBR) e reator de leito móvel com biofilme (MBBR).

Os dados de custo foram obtidos das respectivas estações analisadas, compreendendo os custos iniciais de construção e instalação de equipamentos, requerimento de terrenos, operação e manutenção, os quais incluem despesas com eletricidade, obras de substituição, mão de obra, serviços de manutenção etc.

O custo anual total foi calculado pela Equação 8:

$$TAC = (CRF \times IC) + OMC$$

Equação 8

Onde,

TAC: Custo Anual Total

CRF: Fator de Recuperação de Capital (para 12%)

IC: Custo inicial

OMC: Custo de operação e manutenção

O tempo de projeto considerado para as estações foi de 30 anos, a taxa de juro anual aplicada foi de 12% e o CRF calculado resultou em de 0,124. O custo do ciclo de vida foi obtido utilizando-se a Equação 9:

$$F = A \left[ \frac{(1 + i)^n - 1}{i} \right]$$

Equação 9

Onde,

F: Custo total no fim de n anos

A: Custo uniforme anual

n: período em anos

i: taxa de juro anual

Desta forma, com posse do valor de TAC, pode-se realizar a substituição de A na Equação 9 para o cálculo do custo do ciclo de vida.

### 2.3.8 Modelo de Bhoje et al. (2016)

Quanto a aplicação da ACCV dentro do contexto ambiental, Bhoje et al. (2016) analisaram duas estações de tratamento de esgoto baseadas em diferentes tecnologias, sendo a primeira por reator UASB e a segunda por lodos ativados.

Os autores destacam a utilização da ACCV como ferramenta para tomada de decisão na construção de ETEs. Dentre outros propósitos, tem-se a aplicação para planeamento de orçamento a longo prazo, previsão de necessidades orçamentárias e decisões de substituição e reabilitação.

Para as duas estações, foram coletadas as informações de custos iniciais de construção, custos anuais de operação, manutenção e eletricidade além de todos os custos com equipamentos e maquinários.

Considera-se ainda o custo de substituição do maquinário ao fim de vida e o custo de revenda, o qual foi considerado de 10% do custo civil.

Aplicou-se o método do valor presente para a ACCV, considerando-se 30 anos de projeto e o ano de 2012 como base para as conversões dos valores.

O custo total do ciclo de vida foi calculado pela Equação 8:

$$LCC = C + R + A + M + E - S$$

Equação 8

Onde,

LCC é o custo total do ciclo de vida

C é o custo inicial

R é o valor presente do custo de substituição

A é o valor presente dos custos recorrentes anuais de operação, manutenção e reparo

M é o valor presente dos custos não recorrentes anuais de operação, manutenção e reparo

E é o valor presente do custo energético

S é o valor presente de revenda ou recuperação

A Equação 9 é utilizada para calcular o valor presente (BHOYE et al., 2016)

$$PV = \frac{Ct}{(1+r)^t}$$

Equação 9

Onde,

PV é o valor presente

Ct e o custo no ano t

r é a taxa de desconto

Para a taxa de desconto, considerou-se a média dos últimos 25 anos da taxa de juros e da inflação (Equação 10):

$$1+r = \frac{(1 + \textit{taxa de juros})}{(1 + \textit{inflação})}$$

Equação 10

Pela ACCV, verificou-se que o custo da estação baseada em reator UASB foi de 689.750.338,70 INR\* e para a tecnologia de lodos ativados, 287.188.030,00 INR. Os resultados, entretanto, foram comparados em função da capacidade das estações. A estação por UASB possui uma capacidade de 52 MLD†, equivalente a 52.000 m<sup>3</sup>/dia, enquanto a

---

\* Rupias indianas.

† Mega litros diários

segunda estação, por lodos ativados, comporta 21 MLD, sendo 21.000 m<sup>3</sup>/dia.

Desta forma, o custo por MLD para UASB é de 13.264.429,59 INR e para lodos ativados 13.678.620,48 INR. Convertendo-se as unidades, obtém-se para UASB aproximadamente R\$ 639.000,00\* por MLD, ou seja, R\$ 0,65 por litro diário e para lodos ativados um valor de R\$ 659.000,00 por MDL, equivalente a R\$ 0,67 por litro diário. Pela ACCV, concluiu-se que o custo do ciclo de vida para a tecnologia UASB é inferior em relação a lodos ativados, pois o número de equipamentos, e consequentemente o gasto energético, é reduzido.

A Tabela 1 resume os custos totais apresentados acima para as duas tecnologias, em reais e em rupias indianas, bem como a conversão para custo por litro.

**Tabela 1** ACCV para duas tecnologias de tratamento de esgoto.

<b>Descrição</b>	<b>UASB</b>	<b>Lodos Ativados</b>
<b>Capacidade (MLD)</b>	52	21
<b>Capacidade (m<sup>3</sup>/dia)</b>	52000	21000
<b>Capacidade (m<sup>3</sup>/s)</b>	0,60	0,24
<b>Custo Total (Rupia)</b>	689 750 338,70 INR	287 188 030,00 INR
<b>Custo Total (R\$)</b>	R\$ 33 721 894,06	R\$ 14 040 622,79
<b>Custo por MDL</b>	13 264 429,59 INR	13 675 620,48 INR
<b>Custo por m<sup>3</sup></b>	R\$ 648,50	R\$ 668,60
<b>Custo por L/dia</b>	R\$ 0,65	R\$ 0,67

Fonte: Adaptado de Bhoje et al.

## 2.4 CUSTOS DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

Quanto aos custos de operação e manutenção de uma ETE, Bhoje et al. (2016) não discriminam quais itens compõe estes custos para uma estação de tratamento de esgoto.

No estudo realizado por Koul e John (2015), consideraram-se como componentes dos custos de operação as despesas com eletricidade, obras de substituição, mão de obra, serviços de manutenção, etc.

---

\* A conversão monetária foi de 1 real para 20,45 rupias indianas.

Sampaio e Gonçalves (1999) relataram sete itens integrantes dos custos de operação e manutenção para um tratamento baseado em lodos ativados com capacidade nominal de 7,0 m<sup>3</sup>/s. A estação analisada pelos autores foi a ETE de Barueri e os custos foram subdivididos nos seguintes itens:

- Pessoal, encargos e benefícios.
- Energia elétrica
- Materiais de tratamento
- Serviços
- Água
- Materiais
- Rateio de despesas de pessoal de apoio

A subdivisão adotada seguiu o padrão do plano de contas da área contábil da SABESP, com exceção dos itens água e rateio de despesas de pessoal de apoio.

Quanto aos componentes de cada item, para o custo com pessoal, considerou-se as despesas com salários, comissão, adicional de periculosidade, adicional de insalubridade, adicional noturno, horas extras, plantão à distância, abono de férias, salário substituição entre outros.

Os custos com materiais de tratamento estão vinculados aos produtos químicos utilizados no condicionamento do lodo digerido e ao consumo de hipoclorito de sódio para desinfecção da água.

O item serviços contemplou os custos de manutenção de equipamentos, transporte do lodo desidratado, conservação de áreas verdes, limpeza dos prédios administrativos e salas de operação, segurança da área da estação, portarias, aluguel de máquina de reprodução, gastos com telefone e manutenção de veículos, realizados por terceiros.

Em materiais, considerou-se o consumo de materiais utilizados pela manutenção mecânica, elétrica, civil e instrumentação, bem como os relacionados à operação, laboratório, combustíveis, lubrificantes e escritório.

Por fim, o item rateio de despesas de pessoal de apoio considerou a parcela de custo de pessoal alocado em atividades ou unidades de apoio desenvolvidas na unidade de negócio (recursos humanos, suprimentos, licitações, serviços gerais, econômico-financeiro).



O custo médio mensal para a ETE de Barueri foi de R\$ 953.504,00 e a Tabela 2 discrimina os principais custos apresentados por Sampaio e Gonçalves (1999).

**Tabela 2** Custos de operação e manutenção - ETE Barueri.

<b>Descrição</b>	<b>Custo médio (R\$/mês)</b>	<b>Porcentagem</b>
<b>1. Pessoal</b>	R\$ 208.551,00	22%
<b>2. Encargos sociais</b>	R\$ 181.119,00	19%
<b>3. Energia elétrica</b>	R\$ 194.969,00	20%
<b>4. Serviços</b>	R\$ 110.203,00	12%
4.1 <i>Manutenção</i>	R\$ 3.532,00	
4.2 <i>Transporte de lodo</i>	R\$ 48.260,00	
4.3 <i>Conservação de jardins</i>	R\$ 6.793,00	
4.4 <i>Limpeza</i>	R\$ 5.994,00	
4.5 <i>Vigilância e portaria</i>	R\$ 37.845,00	
<b>5. Materiais de tratamento</b>	R\$ 108.871,00	11%
5.1 <i>Cloreto férrico</i>	R\$ 52.320,00	
5.2 <i>Cal</i>	R\$ 56.275,00	
5.3 <i>Hipoclorito de sódio</i>	R\$ 276,00	
<b>6. Água</b>	R\$ 72.674,00	8%
<b>7. Rateio de pessoal de apoio</b>	R\$ 59.660,00	6%
<b>8. Materiais</b>	R\$ 17.458,00	2%
<b>Total</b>	<b>R\$ 953.504,00</b>	<b>100%</b>

Fonte: Adaptado de Sampaio e Gonçalves (1999).

Analisando referências internacionais, a Diretiva 2014/24/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa aos contratos públicos, apresenta no artigo 68 que os componentes do cálculo para os custos do ciclo de vida de um produto, serviço ou obra abrangem parte ou a totalidade dos custos relevantes dos seguintes itens:

1. Custos suportados pela autoridade ou utilizadores:
  - a) Custos relacionados a aquisição
  - b) Custos de utilização, como consumo de energia e outros recursos

- c) Custos de manutenção
  - d) Custos de fim de vida, como coleta e reciclagem
2. Custos atribuídos a externalidades ambientais ligadas ao produto, serviço ou obra durante o ciclo de vida, desde que seja possível determinar e confirmar o seu valor monetário; pode-se incluir o custo de emissões de gases com efeito estufa e de outras emissões poluentes.

Observa-se, novamente, que nenhum detalhamento é apresentado acerca dos custos de manutenção na Diretiva. Verifica-se, entretanto, a convergência da consideração do custo energético dentro do custo de utilização e a abordagem dos custos vinculados ao fim de vida.

Com relação à inclusão das externalidades dentro do custo do ciclo de vida, nenhum dos autores supracitados considerou essa abordagem na realização da ACCV para estação de tratamento de esgoto, e deste modo, também não será avaliado no presente trabalho.

Em referência a importância dos custos de operação e manutenção, especificamente para estação de tratamento de esgoto, Mashiah (2008) apresenta uma metodologia para incorporação das experiências operacionais dentro do design de projetos de ETE, apontando uma estimativa de redução de 5% no custo do ciclo de vida com tal inclusão. Os custos de manutenção e operação são apontados como categorias que incorrem maiores despesas ao longo do ciclo de vida. A partir de modificações de design, resultando em operações mais eficientes, mesmo com aumento dos custos iniciais, é possível obter redução de tais custos (MASHIAH, 2008).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 ESTUDO DE CASO

Segundo Dhillon (2010), a disponibilidade de informações confiáveis de custos é vital para a realização de uma ACCV.

Diante do contexto incipiente de aplicações de ACCV para estações de tratamento de esgoto, realizadas majoritariamente no exterior, verificou-se significativa dificuldade de encontrar dados precisos de custos para uma mesma estação a partir de fontes secundárias, havendo grandes variações das informações em função das diferentes tecnologias aplicadas.

Visando contornar este impasse e realizar uma ACCV com dados primários de uma mesma estação de tratamento de esgoto, escolheu-se uma ETE gerenciada pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN).

A SRM/CASAN coordenava nove ETEs, na região da grande Florianópolis:

- ETE Insular
- ETE Canasvieiras
- ETE Barra da Lagoa
- ETE Lagoa da Conceição
- ETE Potecas
- ETE Santo Amaro
- ETE Bombinhas
- ETE Saco Grande
- ETE Rancho Queimado

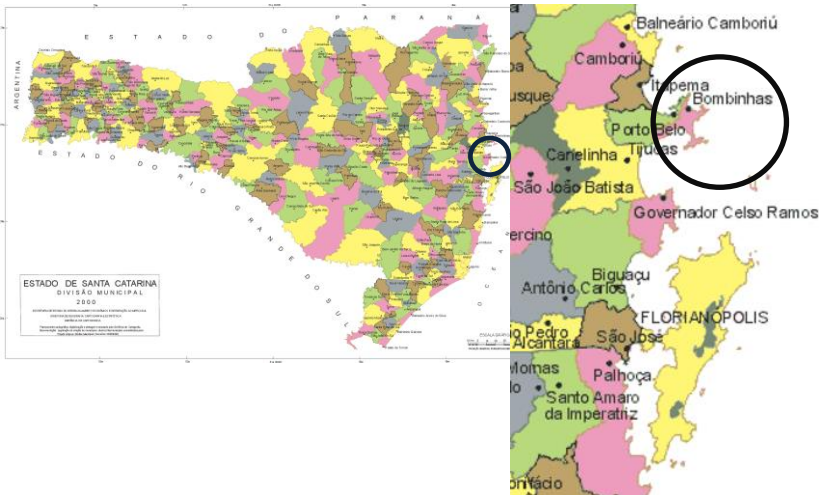
Dentre as estações supracitadas, definiu-se a ETE de Bombinhas como estudo de caso, devido a maior disponibilidade de informações de custos desta estação quando comparadas as demais. As informações da ETE de Bombinhas são bastante atualizadas e a empresa possuía maior controle, por ter sido inaugurada em janeiro de 2016. Salienta-se, entretanto, que a estação estudada não faz mais parte do domínio da SRM.

As informações da ETE de Bombinhas foram obtidas através dos responsáveis pela estação e por meio do memorial técnico e projeto executivo da obra. Mediante um ofício, a Companhia de Águas e Saneamento (CASAN) autorizou a utilização dos dados para o desenvolvimento deste trabalho.

### 3.1.1 Localização da ETE

A estação de tratamento estudada localiza-se no município de Bombinhas, destacado na Figura 4, no litoral norte de Santa Catarina, entre Balneário Camboriú e Florianópolis. A estação começou a operar em janeiro de 2016 sob controle da CASAN.

**Figura 4** Localização do município de Bombinhas em Santa Catarina.



Fonte: Google Maps.

### 3.1.2 Características da ETE

A estação instalada é caracterizada como compacta e foi projetada para uma vazão de 30 L/s. Os processos de tratamento são compostos pelas seguintes fases ou unidades básicas:

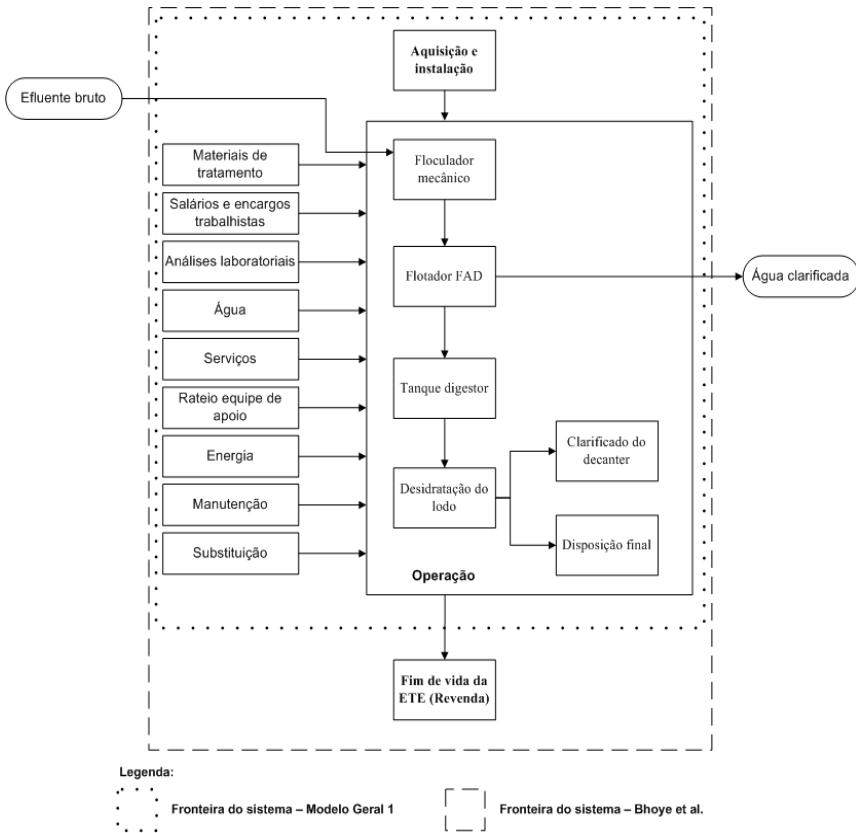
- Floculação, dotada de floculador mecânico, com variação de velocidade (acionamento do motor por meio de conversor de frequência) de modo a formar flocos pequenos e fortes;
- Flotador por ar dissolvido composto basicamente pelos seguintes equipamentos:
  - Célula de flotação por ar dissolvido de geometria prismática apropriada;

- Sistema de recirculação e geração de microbolhas através de motobombas multifásicas;
  - Um tanque de retenção hidráulico construído seguindo a norma NR-13, que deverá auxiliar a geração de microbolhas;
  - Pressão de operação da água saturada de recirculação entre 4,5 e 6,5 bar;
  - Sistema mecânico e contínuo de raspagem do lodo flotado;
- Tanques para armazenamento de produtos químicos que servirão para auxiliar na coagulação e floculação do efluente bruto;
  - Tanque de acúmulo de lodo flotado e sistema de bombeamento de lodo flotado;
  - Tanque digestor de lodo flotado;
  - Tanque de acúmulo de lodo digerido;
  - Tanque para preparo do polímero que servirá para auxiliar a floculação do lodo digerido;
  - Decanter centrífugo para desidratação do lodo digerido;
  - Painelelétrico com todos os acionamentos;
  - Interligações hidráulicas e elétricas;
  - Base civil para instalação do sistema.

O método de tratamento, portanto, é baseado no sistema de flotação por ar dissolvido. A Figura 5 representa o processo de tratamento do efluente bruto e delimita a fronteira do sistema de tratamento analisado. O detalhamento dos fluxos do modelo do ciclo de vida para estação de tratamento de esgoto é exibido na Figura 2, excluindo-se, para este caso, a produção de fertilizantes.

Para o ciclo de vida da ETE, foram considerados os cinco estágios descritos por Emblemsvåg (2003), sendo a aquisição, operação, suporte, manutenção e disposição final.

**Figura 5** Fronteiras do sistema e processo de tratamento do efluente.



Os parâmetros do efluente bruto e do efluente tratado são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** Parâmetros do efluente bruto e efluente tratado

Análises	Unidade	Efluente Bruto	Efluente tratado
pH	*	7,22	7,18
Alcalinidade	mg/L	257,5	230,97
DBO	mg/L	65,0	2,60
DQO	mg/L	142,0	39,00
Sulfeto	mg/L	153,0	0,01
Surfactantes	µg/L	3,1	1,81
Fósforo Total	mg/L	4,1	0,42
Sólidos Totais (ST)	mg/L	623,0	683,80
Sólidos Suspensos (SS)	mg/L	180,0	62,40
Sólidos sedimentáveis	mg/L	0,2	0,00

**Fonte:** Adaptado do memorial técnico da ETE Bombinhas.

Após o tratamento, verificou-se remoção de 96% de DBO e 72,5% para DQO, demonstrando resultado positivo quanto ao tratamento físico-químico aplicado, sendo possível obter um efluente com alto grau de clarificação, conforme ilustrado na Figura 6.

**Figura 6** Efluente clarificado ao final do tratamento – ETE Bombinhas.

## 3.2 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS CUSTOS

Com base nas literaturas estudadas, nas informações de entradas necessárias para os modelos de ACCV, no processo de operação da ETE de Bombinhas e na subdivisão adotado pelo setor financeiro da CASAN, os seguintes custos foram elencados como integrantes do ciclo de vida para a estação de tratamento de esgoto:

### **1. Custos iniciais de projeto e obra**

### **2. Custo de operação**

- a. Materiais de tratamento
- b. Salários e encargos trabalhistas
- c. Análises laboratoriais
- d. Água
- e. Serviços
- f. Rateio do pessoal de apoio

### **3. Custo energético**

### **4. Custo de manutenção**

- a. Retirada de lodo
- b. Serviços de manutenção

### **5. Custo de substituição**

### **6. Custo de revenda**

Os dados disponíveis da estação são referentes aos meses de janeiro a agosto de 2016. Tal período serviu de base para a projeção de custos ao longo dos 20 anos de projeto. Alguns dados foram disponibilizados somente até o mês de julho.

As informações de custos foram obtidas sob a forma de arquivos de controle e relatórios de gerenciamento da ETE de Bombinhas, detidos pela CASAN. Os dados foram exportados para uma planilha Excel e segregados de acordo com as categorias supramencionadas.

Os dados dos sete meses disponíveis possibilitaram a obtenção de uma média mensal dos custos, permitindo a extrapolação para um valor anual, considerando-se doze meses.



### **3.2.1 Custos iniciais de projeto e obra**

O projeto da ETE compacta bem como as etapas de instalação e capacitação dos funcionários ficaram sob encargos da empresa FAST Indústria e Comércio Ltda. Deste modo, não foi possível o levantamento isolado dos custos de todos os equipamentos e maquinários do sistema de tratamento, uma vez que estes valores detalhados não foram fornecidos à CASAN.

Os custos iniciais obtidos, portanto, são vinculados ao projeto executivo da ETE pré-fabricada, a ETE compacta (fornecimento, instalação, montagem e entrega) a aos processos de operação, manutenção e treinamento dos operadores na fase de instalação, que correspondeu a um período de três meses.

### **3.2.2 Custo de operação**

Dentre os componentes do custo operacional, considerou-se os materiais de tratamento físico-químico, os pagamentos de salários e encargos trabalhistas, as despesas com análises laboratoriais, água, serviços e rateio do pessoal de apoio.

#### **3.2.2.1 Materiais de tratamento**

Todos os produtos químicos utilizados na estação ao longo do tratamento de efluente pelo processo físico-químico foram mapeados bem como o custo unitário pago pela CASAN no período de base.

Na ETE de Bombinhas, utiliza-se polímero catiônico como floculante, policloreto de alumínio (PAC) como coagulante, hipoclorito para desinfecção e ainda se faz uso de antiespumante.

Os dados de consumo mensal desses produtos químicos foram obtidos por meio de relatórios de controle da ETE, e em posse do custo unitário pago pela companhia pode-se obter o custo mensal para cada produto e o custo total vinculado ao consumo dos produtos.

O Apêndice A discrimina as quantidades consumidas de cada produto bem como a média do período de janeiro/16 a julho/16. O preço unitário pago pela CASAN para os quatro produtos químicos utilizados, valido para o período supracitado, é mostrado na Tabela 4.

**Tabela 4** Preço unitário dos produtos químicos.

<b>Produto Químico</b>	<b>Custo Unitário (kg ou L)</b>
Hipoclorito	R\$ 1,15
Polímero Catiônico	R\$ 10,36
PAC	R\$ 1,69
Antiespumante	R\$ 3,00

### 3.2.2.2 Salários e encargos de salários

Os custos vinculados com pessoal e funcionários abrangem a remuneração mensal, férias, eventuais horas extras e 13º salário. Os custos com encargos sociais contemplam FGTS, INSS da empresa e INSS dos colaboradores. Esses dados foram fornecidos pelo departamento de recursos humanos da CASAN e são referentes ao período de janeiro/16 a julho/16.

### 3.2.2.3 Análises laboratoriais

Os dados do monitoramento do processo de tratamento da ETE foram fornecidos pelo laboratório de esgoto da Superintendência Regional Metropolitana (SRM). Todas as análises laboratoriais realizadas foram consideradas, bem como, os locais do sistema em que são feitas.

Na estação, realizam-se 24 análises em três locais do sistema de tratamento com frequência quinzenal durante o período de janeiro/16 a agosto/2016. Os locais de monitoramento correspondem aos pós gradeamento, saída do flotor e saída clorada.

Cada análise tem um custo unitário diferenciado e nem todas as análises são realizadas nos três locais. Desta forma, foi necessário discriminar as análises e quantificar os locais em que eram realizadas a fim de se obter o custo preciso por mês.

### 3.2.2.4 Água

O consumo de água da estação está vinculado a processos direta e indiretamente ligados ao tratamento, contabilizando a utilização de água para diversos fins.

O consumo mensal foi obtido por meio dos relatórios de controle da CASAN. A quantidade média consumida mensalmente na estação é de 10 m<sup>3</sup>, pagos sob a tarifa pública de R\$ 58,70 por metro cúbico.

#### 3.2.2.5 Serviços

Os custos com os seguintes serviços foram levantados dentro da operação da estação:

- Serviço de operação de sistema
- Serviço de limpeza e higiene
- Serviços técnicos profissionais
- Serviço de processamento de dados
- Locação de bens móveis
- Serviços de laboratórios

Os custos dos serviços supramencionados foram obtidos como um total do período de janeiro a julho, fornecidos pelo departamento financeiro da Superintendência Regional Metropolitana e tais valores foram considerados como uma média anual.

#### 3.2.2.6 Rateio do pessoal de apoio

Como a SRM/CASAN coordenava nove ETEs, foi necessário contabilizar a parcela de contribuição do pessoal vinculado a todas as estações, sendo, portanto, fracionado o salário de engenheiros, técnicos de saneamento, bioquímicos, técnico de mecânica e eletrotécnico, em função do tempo dedicado a ETE de Bombinhas.

### 3.2.3 Custo energético

O consumo de energia elétrica e o valor pago pela Companhia foram obtidos através de relatórios de controle da estação que fornecem apenas os valores totais, sem discriminação de consumo e gastos por etapa ou equipamento.

### **3.2.4 Custo de manutenção**

Os custos de manutenção estão relacionados a troca de equipamento e peças e ao processo de coleta, transporte e destino final do lodo gerado.

Dado o curto período de operação da estação analisada, não houve nenhum registro de serviço da manutenção dos equipamentos. Entretanto, tais serviços são previstos pela companhia principalmente após um ano de uso. Segundo dados estimados pela CASAN, tais serviços costumam incorrer em significativos custos ao longo do ciclo de vida e precisam ser contabilizados.

Baseando-se nos manuais disponíveis do maquinário da estação, na experiência dos operadores e contato com fabricantes, constatou-se que as operações de troca de peças, como rotores e estatores, verificação de óleo e lubrificação devem ser feitas entre seis meses e um ano de uso, segundo a demanda de utilização do equipamento.

Desta forma, foi assumido um cenário dos serviços de manutenção dos equipamentos com frequência anual, referente a troca de rotores e estatores e compra de graxa, óleos e lubrificantes.

Com base nos registros desses serviços realizados em outras estações comandadas pela CASAN, em maquinários semelhantes, obteve-se o preço médio da troca de rotores e estatores e preço de aquisição de óleo, graxa e lubrificantes específicos.

### **3.2.5 Custo de substituição**

O método de depreciação linear foi aplicado para a obtenção do custo de substituição dos equipamentos, de maneira que a parcela de depreciação é semelhante ao valor de um fundo de substituição de um ativo (SCHULTZ; BORGERT; SILVA, 2008).

A depreciação foi calculada a partir da subtração do valor de revenda dos custos iniciais, sendo o valor obtido dividido pelos 20 anos de projeto considerados.

Como não foi possível o levantamento preciso dos preços dos equipamentos da estação, houve a necessidade de se adotar um valor que correspondesse a esses custos referente a ETE Compacta.

Adotou-se, portanto, o mesmo valor dos custos iniciais, contemplando-se na parcela de substituição os custos de todos os equipamentos e dos serviços relacionados à instalação.

### 3.2.6 Custo de revenda

O custo de revenda corresponde a um valor pontual ao final do ciclo de vida e equivale ao benefício pela venda do maquinário, por isso é apresentado sob um valor negativo.

Em função da falta de dados específicos para o maquinário, considerou-se que 90% do valor dos custos iniciais corresponde aos equipamentos, com base em recomendações práticas dos engenheiros.

Para o custo de revenda, considerou-se um valor de 10% do valor estimado para o maquinário. A mesma porcentagem foi aplicada para ACCV em outro trabalho relacionado a sistemas de tratamento de esgoto (BHOYE et al., 2016).

### 3.3 ANÁLISE ECONÔMICA

Para algumas análises econômicas, principalmente para projetos de longo prazo, admite-se que todos os custos no decorrer do ciclo de vida são expressos em moeda constante. O termo moeda constante ou projeção nominal significa a isenção de inflação e que a taxa de juros reais, também isenta da inflação, é constante ao longo do período (BARBIERI; ÁLVARES; MACHLINE, 2007).

Utilizou-se ainda a fórmula do valor presente para pagamentos anuais periódicos, apresentada por Dhillon (2010) para a obtenção do valor presente dos custos do ciclo de vida da ETE ao longo de 20 anos, a partir do custo anual médio de 2016, o qual corresponde ao valor uniforme. O Valor Presente (VP), neste caso, é a representação de uma série de pagamentos anuais de mesmo valor, denominado de Pagamentos Anuais (PA), ao longo de toda a duração do projeto e pode ser calculado por meio da Equação 11:

$$VP = PA * \left[ \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} \right]$$

Equação 11

Onde,

VP representa o valor presente da série uniforme de custos anuais

PA é o pagamento anual, que representa o valor do custo médio anual

i representa a taxa de juro

n é o período analisado, em anos

A taxa de juro ( $i$ ), ou taxa de desconto, aplicada neste trabalho foi obtida com base na expressão utilizada por Bhoje et al. (2016) na ACCV de sistemas de tratamento de esgoto, apresentada na Equação 10. Adaptou-se a Equação 10 com base na taxa Selic\* e na inflação, obtendo-se a Equação 12:

$$1 + i = \left[ \frac{(1 + iselic)}{(1 + iinflacao)} \right]$$

Equação 12

Através dos princípios da matemática financeira, os valores da taxa Selic e da inflação dos últimos 20 anos foram convertidos para uma taxa representativa anual do período.

A partir dos valores acumulados em cada ano, tanto para taxa Selic quanto para a inflação, no período de 1995 a 2015, multiplicou-se as respectivas taxas acumuladas anuais para a obtenção de uma taxa equivalente em 20 anos ( $i_{20}$ ). Com base na adaptação da fórmula de conversão entre taxas nominal e efetiva, uma vez que as taxas anuais eram diferentes, calculou-se a taxa  $i_{20}$  com base na Equação 13, dada pelo produtório das taxas acumuladas.

$$(i_{20} + 1) = \prod (1 + i_{ac})$$

Equação 13

Onde:

$i_{20}$  é a taxa equivalente em 20 anos

$i_{ac}$  é a taxa acumulada em cada ano

Com o valor de  $i_{20}$ , fez-se a conversão para uma taxa anual, a partir da Equação 14, visando obter  $i_1$ :

$$(i_{20} + 1) = (1 + i_1)^{20}$$

Equação 14

Os valores de  $i_1$ , para Selic e para inflação, foram aplicados na Equação 12.

---

\* Taxa Selic é conhecida como a taxa básica de juros da economia brasileira.

### 3.4 MÉTODOS DE ACCV AVALIADOS

Optou-se por aplicar dois modelos para a análise do custo do ciclo de vida, descritos na revisão bibliográfica do presente trabalho:

- Modelo Geral 1 (subitem 2.3.3)
- Modelo de Bhoje et al. (subitem 2.3.8)

Dentre os modelos gerais, a aplicação do Modelo Geral 1 é justificada, pois buscou-se verificar a adequação do método para o caso de estações de tratamento de esgoto, segundo a abordagem de custos recorrentes e não recorrentes.

O Modelo de Bhoje et al. contempla uma abordagem semelhante dos custos, com uma descrição mais detalhada dos itens que devem ser inseridos no modelo. Além disso, este modelo levou em consideração os custos de substituição e revenda ao fim de vida de uma estação de tratamento de esgoto e forneceu informações metodológicas mais claras no que diz respeito às categorias de custos consideradas e à análise econômica, quando comparado com o Modelo de Koul e John.

Ainda, pelo tipo de informações de custo disponível para a estação estudada, julgou-se mais interessante comparar os resultados com o Modelo Geral 1 do que para os outros modelos gerais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 TAXA DE JUROS

As taxas Selic e inflação para os anos de 1995 a 2015 são exibidas no Anexo B e C, respectivamente.

O valor calculado de  $i_{20}$  para a taxa Selic foi de 17,64% e  $i_{20}$  para a inflação correspondeu a 7,4%.

O valor de  $1+r$ , com base nos valores supracitados, foi de 1,096 e, portanto, a taxa de desconto utilizada no presente trabalho foi de 9,6%.

### 4.2 DETALHAMENTO DOS CUSTOS

A Tabela 5 apresenta os custos de investimentos iniciais da ETE de Bombinhas, discriminados em três itens, obtidos por meio do contrato com a empresa FAST, disponibilizado pela CASAN.

**Tabela 5** Custos de investimentos iniciais da ETE

Serviços	Custo
Projeto ETE Pré-Fabricada	R\$ 149 500,00
ETE Compacta	R\$ 1 046 500,00
Operação, Manutenção e Treinamento	R\$ 299 000,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 1 495 000,00</b>

O terceiro item da Tabela 5 é referente aos custos iniciais de operação, manutenção e treinamento no momento da instalação da ETE, portanto, não são contabilizados como custos anuais recorrentes.

A Tabela 6 mostra o gasto total mensal com os quatro produtos químicos nos meses de janeiro/16 a julho/16 e a média mensal calculada.



**Tabela 6** Despesas com produtos químicos.

2016	Custo
Janeiro	R\$ 2 491,60
Fevereiro	R\$ 6 137,40
Março	R\$ 4 453,60
Abril	R\$ 4 017,40
Junho	R\$ 3 325,00
Julho	R\$ 1 679,10
<b>Média</b>	<b>R\$ 3 684,02</b>

As variações dos gastos no período são decorrentes do aumento ou diminuição do consumo dos produtos químicos, que é influenciado pela vazão afluyente à estação. No mês de fevereiro ocorre aumento significativo da população de turistas em Bombinhas e por consequência tem-se o aumento da vazão na ETE. Tal situação justifica o fato do consumo e do gasto de produtos químicos serem mais elevados neste mês.

A Tabela 7 apresenta o consumo de energia elétrica, gasto mensal e a média calculada para a ETE de Bombinhas.

**Tabela 7** Consumo e gasto energético.

2016	Consumo (kWh)	Custo
Janeiro	R\$ 6 073,00	R\$ 4 109,80
Fevereiro	R\$ 6 312,00	R\$ 4 218,12
Março	R\$ 5 607,00	R\$ 4 018,91
Abril	R\$ 6 202,00	R\$ 4 288,05
Maior	R\$ 5 837,00	R\$ 4 038,08
Junho	R\$ 5 900,00	R\$ 3 976,39
Julho	R\$ 5 594,00	R\$ 3 887,17
Agosto	R\$ 5 838,00	R\$ 3 971,80
<b>Média Mensal</b>	<b>R\$ 5 920,38</b>	<b>R\$ 4 063,54</b>

Na Tabela 8 são apresentadas as quantidades geradas de lodo, em toneladas, nos meses de janeiro a agosto de 2016 na ETE e o custo mensal vinculado a coleta, transporte e destinação final, bem como a média mensal de produção e custo do lodo.

**Tabela 8** Produção de lodo e custo mensal.

<b>2016</b>	<b>Produção de Lodo (t)</b>	<b>Custo</b>
Janeiro	9,78	R\$ 1 124,70
Fevereiro	44,39	R\$ 5 104,85
Março	21,75	R\$ 2 501,25
Abril	17,28	R\$ 1 987,20
Maiο	9,6	R\$ 1 104,00
Junho	5,35	R\$ 611,25
Julho	0	R\$ 0,00
Agosto	5,32	R\$ 611,80
<b>Média</b>	<b>14,18</b>	<b>R\$ 1 630,63</b>

A Tabela 9 discrimina todas as análises físico-químicas realizadas, o custo unitário, a quantidade de locais analisados, o total de análises no mês e por fim o custo mensal de cada análise.

**Tabela 9** Detalhamento e custo das análises laboratoriais.

Análises	Custo unitário	Locais analisados	Análises no mês	Custo R\$/mês
Temperatura ar	R\$ 3,25	3	6	R\$ 19,50
Temperatura Amostra	R\$ 3,25	3	6	R\$ 19,50
pH	R\$ 18,53	3	6	R\$ 111,18
Alcalinidade Total	R\$ 18,53	3	6	R\$ 111,18
Oxigênio Dissolvido (OD)	R\$ 28,93	3	6	R\$ 173,58
Cloretos	R\$ 18,53	3	6	R\$ 111,18
Turbidez	R\$ 18,53	2	4	R\$ 74,12
Cor	R\$ 18,53	2	4	R\$ 74,12
DBO	R\$ 23,07	3	6	R\$ 138,42
DQO	R\$ 35,24	3	6	R\$ 211,44
Nitrogênio Amoniacal	R\$ 44,20	3	6	R\$ 265,20
Nitrogênio - Nitrito	R\$ 44,20	2	4	R\$ 176,80
Nitrogênio - Nitrato	R\$ 44,20	2	4	R\$ 176,80
Nitrogênio Total (N)	R\$ 44,20	3	6	R\$ 265,20
Fósforo Total	R\$ 139,76	3	6	R\$ 838,56
Sulfeto	R\$ 35,52	3	6	R\$ 213,12
Sulfato	R\$ 35,52	3	6	R\$ 213,12
Sólidos Totais (ST)	R\$ 26,33	3	6	R\$ 157,98
Sólidos Suspensos (SST)	R\$ 14,78	3	6	R\$ 88,68
Sólidos Dissolvidos (SDT)	R\$ 26,33	3	6	R\$ 157,98
Sólidos Sedimentáveis	R\$ 22,56	3	6	R\$ 135,36
Coliformes Totais /E Coli	R\$ 60,00	3	6	R\$ 360,00
Surfactantes	R\$ 139,76	3	6	R\$ 838,56
Óleos e Graxas	R\$ 32,41	3	6	R\$ 194,46
<b>Total mensal</b>			<b>136</b>	<b>R\$ 5 126,04</b>

A Tabela 10 apresenta os custos relacionados aos operadores da ETE de Bombinhas, sendo consideradas as despesas com salário, férias, horas extras, 13º salário, FGTS e INSS.

**Tabela 10** Despesas mensais com operadores.

2016	Salário	Encargos trabalhistas		TOTAL (Salário, encargos e outros)
		FGTS	INSS	
Janeiro	R\$ 5 397,80	R\$ 431,82	R\$ 1 495,94	R\$ 7 325,56
Fevereiro	R\$ 5 397,80	R\$ 431,82	R\$ 1 495,94	R\$ 7 325,56
Março	R\$ 9 825,33	R\$ 780,39	R\$ 1 956,91	R\$ 15 261,94
Abril	R\$ 5 397,80	R\$ 431,82	R\$ 1 495,94	R\$ 7 325,56
Maiο	R\$ 7 835,41	R\$ 626,83	R\$ 2 171,49	R\$ 10 633,73
Junho	R\$ 6 488,61	R\$ 519,08	R\$ 1 798,25	R\$ 8 805,94
Julho	R\$ 7 651,60	R\$ 748,84	R\$ 2 594,18	R\$ 10 994,62
<b>Média mensal</b>	<b>R\$ 6 856,34</b>	<b>R\$ 567,23</b>	<b>R\$ 1 858,38</b>	<b>R\$ 9 667,56</b>

Quanto ao rateio do pessoal de apoio, a Tabela 11 apresenta as parcelas dos valores mensais para a ETE de Bombinhas.

**Tabela 11** Rateio do pessoal de apoio

Pessoal	Custo ETE
Técnico de Saneamento	R\$ 4.471,23
Bioquímico	R\$ 1.711,93
Técnico de Mecânica	R\$ 613,71
Eletrotécnico	R\$ 698,54
Engenheiros	R\$ 4.448,84
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 46.931,48</b>

A Tabela 12 apresenta os custos vinculados ao cenário de manutenção assumido para alguns serviços. De acordo com o fabricante, as trocas de rotores e estatores são variáveis, entretanto, recomendou-se utilizar o período de um ano como média para a realização de tais serviços.

Considerou-se também a aquisição anual de produtos, como óleos e graxas, aplicados em diversos equipamentos integrantes do sistema de tratamento, de acordo com as recomendações do manual de operação.

**Tabela 12** Custos de manutenção e aquisição de produtos.

Manutenção	Preço unitário	Quantidade	Custo anual
Troca de estator	R\$ 649,00	6 Bombas	R\$ 3 894,00
Troca de rotores	R\$ 764,00	6 Bombas	R\$ 4 584,00
Óleo para rosqueadeira	R\$ 13,50	50 L	R\$ 540,00
Graxa pra decanter	R\$ 316,00	20 L	R\$ 6 320,00
Cabeçote e lubrificante	*	*	R\$ 2 129,38
Óleo para redutor	R\$ 11,60	50 L	R\$ 580,00
<b>Total</b>			<b>R\$ 18 047,38</b>

Quanto aos serviços realizados, a discriminação do custo de cada serviço é exibida na Tabela 13. Os dados obtidos são referentes ao total do período de janeiro a julho de 2016 e tal valor foi adotado como uma média de custo anual.

**Tabela 13** Custo de serviços vinculados à operação.

Serviços	Custo
Operação de sistemas	*
Limpeza e higiene	R\$ 3 385,75
Técnicos profissionais	R\$ 15 517,83
Processamento de dados	R\$ 2 644,48
Locação de bens móveis	R\$ 7 049,07
Serviços de laboratórios	R\$ 3 916,77
<b>Total</b>	<b>R\$ 32 513,90</b>

### 4.3 CUSTO DO CICLO DE VIDA

#### 4.3.1 Modelo de Bhoje et al.

Para o Modelo de Bhoje et al., incluindo-se os custos de substituição e despesas de manutenção, o custo total do ciclo de vida para 20 anos de projeto e taxa de juro de 9,6% é de R\$ 9 783 980,16.

A Tabela 14 resume os valores anuais dos custos, o valor presente para o ano base de 2016 e as porcentagens representativas de cada custo sob o valor total.

**Tabela 14** Custos do ciclo de vida - ETE Bombinhas

Descrição	Custo médio anual	Valor Presente	Porcentagem
Custos iniciais	*	R\$ 1 495 000,00	15,3%
Pessoal	R\$ 116 010,70	R\$ 1 015 240,99	10,4%
Energia elétrica	R\$ 48 762,48	R\$ 426 733,63	4,4%
Gerenciamento de lodo	R\$ 19 567,58	R\$ 171 241,13	1,8%
Produtos químicos	R\$ 44 208,20	R\$ 386 877,90	4,0%
Análises laboratoriais	R\$ 61 512,48	R\$ 538 312,32	5,5%
Água	R\$ 7 044,00	R\$ 61 643,95	0,6%
Serviços	R\$ 32 513,90	R\$ 284 537,92	2,9%
Serviços de manutenção	R\$ 18 047,38	R\$ 157 937,50	1,6%
Substituição	R\$ 47 092,50	R\$ 412 119,18	4,2%
Rateio do pessoal de apoio	R\$ 563 177,76	R\$ 4 928 520,65	50,4%
Revenda/ Recuperação	*	-R\$ 94 185,00	-1,0%
<b>Total</b>	<b>R\$ 957 936,98</b>	<b>R\$ 9 783 980,16</b>	<b>100%</b>

O custo com pessoal, produtos químicos, análises laboratoriais, água, serviços e rateio do pessoal de apoio correspondem ao custo de operação. Os custos vinculados ao gerenciamento de lodo e aos serviços de manutenção compõe o custo de manutenção. Separadamente, tem-se o custo energético, de substituição e revenda.

Os custos totais de cada categoria são apresentados na Tabela 15 juntamente com as porcentagens equivalentes.

**Tabela 15** Resultado da ACCV para ETE Bombinhas – Modelo Bhoeye et al.

Descrição	Valor Presente	Porcentagem
Custos iniciais	R\$ 1 495 000,00	15,3%
Operação	R\$ 7 215 133,72	73,7%
Manutenção	R\$ 329 178,63	3,4%
Energia elétrica	R\$ 426 733,63	4,4%
Substituição	R\$ 412 119,18	4,2%
Revenda	-R\$ 94 185,00	-1,0%
<b>Total</b>	<b>R\$ 9 783 980,16</b>	<b>100%</b>

#### 4.3.2 Modelo Geral 1

Com base no Modelo Geral 1, os custos foram divididos em recorrentes e não recorrentes. Dentre os componentes dos custos recorrentes, têm-se os custos de operação, mão de obra, manutenção e energia elétrica. O custo de inventário, que compõe os custos recorrentes, não foi considerado, uma vez que se refere a estoque de produtos e armazenamento. O valor do custo para o ciclo de vida para 20 anos de projeto sob taxa de juros de 9,6% foi de R\$ 9 466 045,98.

Para os custos não recorrentes, foram considerados os custos de aquisição e instalação, qualificação e treinamento e pesquisa e desenvolvimento, cujo valor atribuído está vinculado ao projeto da ETE. O valor total dos custos não recorrentes corresponde aos custos iniciais.

A Tabela 16 resume os valores anuais dos custos, o valor presente para o ano base de 2016 e as porcentagens representativas de cada custo sob o valor total, sem o custo de substituição e revenda, utilizados como entrada do Modelo Geral 1.

**Tabela 16** Custos do ciclo de vida - ETE Bombinhas

Descrição	Custo médio anual	Valor Presente	Porcentagem
Custos iniciais	*	R\$ 1 495 000,00	15,8%
Pessoal	R\$ 116 010,70	R\$ 1 015 240,99	10,7%
Energia elétrica	R\$ 48 762,48	R\$ 426 733,63	4,5%
Gerenciamento de lodo	R\$ 19 567,58	R\$ 171 241,13	1,8%
Produtos químicos	R\$ 44 208,20	R\$ 386 877,90	4,1%
Análises laboratoriais	R\$ 61 512,48	R\$ 538 312,32	5,7%
Água	R\$ 7 044,00	R\$ 61 643,95	0,7%
Serviços	R\$ 32 513,90	R\$ 284 537,92	3,0%
Serviços de manutenção	R\$ 18 047,38	R\$ 157 937,50	1,7%
Rateio do pessoal de apoio	R\$ 563 177,76	R\$ 4 928 520,65	52,1%
<b>Total</b>	<b>R\$ 957 936,98</b>	<b>R\$ 9 466 045,98</b>	<b>100%</b>

A Tabela 17 discrimina os custos pelas categorias do modelo e apresenta o custo total do ciclo de vida para a ETE de Bombinhas.

**Tabela 17** Resultado ACCV ETE Bombinhas - Modelo Geral 1

	Descrição	Valor Presente	Porcentagem
<b>Recorrente</b>	Operação	R\$ 6 199 892,73	65,5%
	Mão de obra	R\$ 1 015 240,99	10,7%
	Manutenção	R\$ 329 178,63	3,5%
	Energia elétrica	R\$ 426 733,63	4,5%
<b>Não recorrente</b>	Aquisição e instalação	R\$ 1 046 500,00	11,1%
	Qualificação e treinamento	R\$ 299 000,00	3,2%
	Pesquisa e desenvolvimento	R\$ 149 500,00	1,6%
	<b>Total</b>	<b>R\$ 9 466 045,98</b>	<b>100%</b>



A diferença entre os custos totais do ciclo de vida é decorrente da variação das informações de entradas dos dois modelos, sendo que o custo de substituição e revenda são considerados apenas no Modelo de Bhoje et al. O custo de substituição representa um valor equivalente a 4,2% do total e o custo de revenda representa 1%.

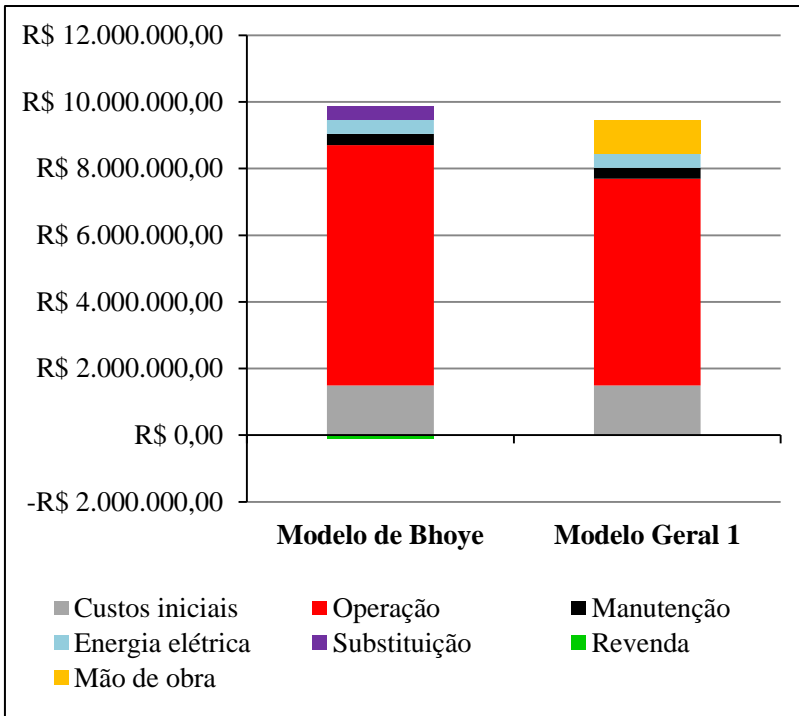
No Modelo Geral 1, os três itens que incorrem maiores custos ao longo do ciclo de vida são os custos de operação (65,5%), aquisição e instalação (11,1%) e mão de obra (10,7%). A relevância do custo de operação corrobora com o descrito por Emblemsvåg (2003) e Dhillon (2010), no que diz respeito à possível superação dos custos de operação e manutenção em comparação aos custos iniciais, quando considerado o ciclo de vida para projetos de grande porte.

No Modelo de Bhoje et al., os três itens mais importantes são os custos de operação (73,7%), custos iniciais (15,3%) e energia elétrica (4,4%). Dentro dos custos de operação, destaca-se as despesas com o rateio do pessoal de apoio (50,4%), pessoal (10,4%) e análises laboratoriais (5,5%). Os resultados do Modelo de Bhoje, para a ETE de Bombinhas, e do estudo de Sampaio e Gonçalves (1999) convergem quanto ao destaque dos custos com pessoal e energia elétrica frente ao custo total, respeitadas as proporções de cada estação.

Adicionalmente, os resultados para o modelo de Bhoje et al. também demonstram a significância dos custos de operação e manutenção frente aos custos iniciais e, por consequência, reforçam a importância da tomada de decisão baseada na ACCV e não apenas nos custos iniciais de investimentos, conforme apontado por Emblemsvåg (2003) e Dhillon (2010).

O Gráfico 1 ilustra os componentes do custo do ciclo de vida para os dois modelos. No caso do Modelo de Bhoje et al., o custo de mão de obra (pessoal) é parte do custo de operação, enquanto que no Modelo Geral 1 tal despesa é considerada a parte. Ainda, os custos iniciais, para o Modelo Geral 1, correspondem a soma dos custos não recorrentes.

**Gráfico 1** Custos do ciclo de vida para os dois modelos analisados.



Por fim, o destaque dos custos operacionais ao longo do ciclo de vida para os dois modelos fortalece a afirmação de Mashiah (2008), em que os custos de operação e manutenção são aqueles que incorrem maiores despesas no ciclo de vida de uma ETE, e fornece indicativos de que uma ETE também pode ser um dos sistemas cujo custo de posse é superior aos custos iniciais, conforme Dhillon (2010).

## 5 CONCLUSÃO

No presente trabalho, o custo do ciclo de vida calculado a partir de dois modelos aplicados foi diferente para um sistema de produto. A diferença nos resultados está associada às variações nas entradas dos modelos, na qual apenas um deles leva em consideração os custos de substituição e revenda, para ETE.

O custo do ciclo de vida pelo Modelo de Bhoje et al. foi de R\$ 9 783 980,16 e para o Modelo Geral 1 obteve-se R\$ 9 466 045,98. O custo de substituição no valor de R\$ 412 119,18 e revenda de -R\$ 94 185,00 resultaram na diferença de R\$ 317 934,18 entre ambos.

Pela abordagem do Modelo Geral 1 em custos recorrentes e não recorrentes, pode-se dizer que a análise não estaria completa, tendo-se em vista a exclusão dos custos vinculados ao fim de vida de um sistema de tratamento.

Nos dois modelos, verificou-se o destaque dos custos operacionais frente aos demais custos, inclusive diante dos custos iniciais, e a relevância das despesas com pessoal e energia elétrica, apontados como os custos de maior importância em sistemas de tratamento de esgoto.

No que diz respeito aos tipos de custos que devem ser considerados em ETE, verifica-se pouco detalhamento nas bibliografias, sobretudo ao que tange os custos de operação e manutenção. Considera-se, entretanto, que os tipos de custos os quais podem incorrer despesas mais significativas são aqueles apresentados no item 3.2 deste trabalho.

Tratando-se uma estação de tratamento de esgoto como um projeto de grande porte, pode-se concluir que a metodologia de Análise do Custo do Ciclo de Vida pode auxiliar a tomada de decisão. Embora, no presente trabalho não foram comparadas diferentes tecnologias de tratamento, os resultados apontam que a ACCV pode auxiliar a tomada de decisão no ponto de vista econômico. Além disso, torna-se possível o mapeamento das etapas que trazem maiores despesas, permitindo estudos e modificações do processo que levem, ao menos, a redução de tais custos e economias no processo de tratamento.

## 6 RECOMENDAÇÕES

O escopo da metodologia de ACCV avançou significativamente nos últimos anos, entretanto, na literatura ainda são poucos os estudos voltados para sistemas de tratamento de esgoto.

As aplicações no âmbito ambiental são recentes, havendo estudos principalmente desde de 2000, desenvolvidos basicamente no exterior.

Sabendo-se do potencial da ACCV como ferramenta para colaborar na decisão de tecnologias para tratamento de esgoto, verifica-se a necessidade de aprofundar o conhecimento acerca dos custos de uma estação, alcançado por meio do estudo do processo e do acompanhamento planejado das despesas, muitas vezes ausente nas estações.

Em termos do gerenciamento de custo, há a necessidade de monitoramento e análise, tanto do tratamento propriamente dito quanto dos demais processos relacionados. Como exemplo, tem-se a implantação de planilhas de gestão realizada pela CASAN desde outubro de 2016, as quais apoiaram a realização da ACCV conduzida neste trabalho. As planilhas controlam o consumo de produtos químicos e a quantidade de lodo, areia e sólidos produzidos em cada estação, além de apresentarem dados mensais de salários, energia elétrica, serviços de manutenção e despesas com análises laboratoriais.

Ainda, no que diz respeito à análise econômica, a fim de se obter valores mais precisos dos custos futuros, são necessários estudos e avaliações acerca das variações dos preços e das taxas de juros ao longo dos anos, que foram desconsideradas no presente trabalho. Através da consideração da variabilidade dos custos com o tempo, podem-se obter dados mais precisos para as categorias dos custos e conseqüentemente valores mais próximos do real para custo do ciclo de vida.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura - NBR ISO 14.040, ABNT, Rio de Janeiro, 2009.

BARBIERI, José Carlos; ÁLVARES, Antonio Carlos Teixeira; MACHLINE, Claude. Taxa Interna de Retorno: controvérsias e interpretações. **Gepros**, São Paulo, p.131-142, out. 2007. Disponível em: <<http://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/184>>. Acesso em: 10 out. 2016.

BHOYE, V y et al. Life Cycle Cost Analysis of Sewage Treatment Plants. **International Journal Of Modern Trends In Engineering And Research**. Bhavnagar, p. 426-429. 28 abr. 2016.

BOUSSABAINÉ, Halim A.; KIRKHAM, Richard J. Whole Life-cycle Costing Risk and Risk Responses. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2004.

DHILLON, B. Life Cycle Costing: Techniques, Models and Applications. Ontario: Routledge, 2013. 354 p.

DHILLON, Balbir S. Life cycle cost: A survey. *Microelectronics Reliability*, [s.l.], v. 21, n. 4, p.495-511, jan. 1981. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0026-2714\(81\)90241-9](http://dx.doi.org/10.1016/0026-2714(81)90241-9).

EISENBERGER, I.; LORDEN, G.. Life-Cycle Costing: Practical Considerations. The Deep Space Network Progress Report, Dsn Pr 42-40: The Deep Space Network Progress Report. California, p. 102-109. maio 1977.

EKVALL, Tomas; FINNVEDEN, Goran. Allocation in ISO 14041 - a critical review. *Jornal Of Cleaner Production* 9.Goteborg, Sweden, p. 197-208. 22 jun. 2000.

EMBLEMSVÅG, Jan. Life-Cycle Costing: Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Costs and Risks. New York: John Wiley & Sons, 2003. 320 p.

GLUCH, Pernilla; BAUMANN, Henrikke. The life cycle costing (LCC) approach: a conceptual discussion of its usefulness for environmental

decision-making. *Building And Environment*, [s.l.], v. 39, n. 5, p.571-580, maio 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2003.10.008>.

GREENE, L.e.; SHAW, B.l.. The steps for successful life cycle cost analysis. *Ieee Conference On Aerospace And Electronics*, [s.l.], v. 3, p.1209-1216, maio 1990. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <http://dx.doi.org/10.1109/naecon.1990.112942>.

HUNKELER, David et al. *Environmental Life Cycle Costing*. Webster, Nova York: Setac, 2008. 211 p.

KOUL, Abhishek; JOHN, Siby. A Life Cycle Cost Approach for Evaluation of Sewage Treatment Plants. **International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (ijirae)**. Chandigarh, p. 15-20. jul. 2015.

MASHIAH, Greg. Considering Sewage Treatment Plant Operation and Maintenance during design: The Clarence Valley Council methodology. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE**, 11., 2008, Edinburgh. Paper. Edinburgh: Iahr/iwa, 2008. p. 1 - 8.

REBITZER, Gerald; HUNKELER, David; JOLLIET, Olivier. LCC-The economic pillar of sustainability: Methodology and application to wastewater treatment. *Environ. Prog.*, [s.l.], v. 22, n. 4, p.241-249, dez. 2003. Wiley-Blackwell. <http://dx.doi.org/10.1002/ep.670220412>.

SCHULTZ, Charles Albino; BORGERT, Altair; SILVA, Marcia Zanievicz da. Depreciação e obsolescência: uma abordagem teórico-empírica dos fatores envolvidos no planejamento e na alocação de custos, e na substituição de ativos de alta tecnologia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS**, 15., 2008, Curitiba. **Anais...** . Curitiba: Cbc, 2008. p. 1 – 16

SHERIF, Yosef S; KOLARIK, William J. Life cycle costing: Concept and practice. *Omega*, [s.l.], v. 9, n. 3, p.287-296, jan. 1981. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483\(81\)90035-9](http://dx.doi.org/10.1016/0305-0483(81)90035-9).







APÊNDICE A – CONSUMO MENSAL DOS QUATRO PRODUTOS QUÍMICOS NA ETE DE BOMBINHAS, ENTRE OS MESES DE JANEIRO E JULHO.

<b>ETE Bombinhas</b>								
<b>Consumo de Produtos Químicos</b>								
<b>2016</b>	<b>Hipoclorito (L)</b>	<b>Custo</b>	<b>Polímero Catiônico (kg)</b>	<b>Custo</b>	<b>PAC (L)</b>	<b>Custo</b>	<b>Antiespumante (kg)</b>	<b>Custo</b>
Janeiro	1300	R\$ 1 495,00	60	R\$ 621,60	Sem info	*	125	R\$ 375,00
Fevereiro	1800	R\$ 2 070,00	90	R\$ 932,40	1500	R\$ 2 535,00	200	R\$ 600,00
Março	2000	R\$ 2 300,00	60	R\$ 621,60	800	R\$ 1 352,00	60	R\$ 180,00
Abril	2000	R\$ 2 300,00	40	R\$ 414,40	700	R\$ 1 183,00	40	R\$ 120,00
Junho	400	R\$ 460,00	25	R\$ 259,00	1400	R\$ 2 366,00	80	R\$ 240,00
Julho	500	R\$ 575,00	10	R\$ 103,60	450	R\$ 760,50	80	R\$ 240,00
<b>Média</b>	<b>1333,30</b>	<b>R\$ 1 533,33</b>	<b>47,5</b>	<b>R\$ 492,10</b>	<b>970,0</b>	<b>R\$ 1 639,30</b>	<b>97,5</b>	<b>R\$ 292,50</b>

## ANEXO B – VALORES DA TAXA SELIC DO PERÍODO DE 1995 A 2015

TAXA SELIC																					
Mês/Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	0,00%	2,58%	1,73%	2,67%	2,18%	1,46%	1,27%	1,53%	1,97%	1,27%	1,38%	1,43%	1,08%	0,93%	1,05%	0,66%	0,86%	0,89%	0,60%	0,85%	0,94%
Fevereiro	3,63%	2,35%	1,67%	2,13%	2,38%	1,45%	1,02%	1,25%	1,83%	1,08%	1,22%	1,15%	0,87%	0,80%	0,86%	0,59%	0,84%	0,75%	0,49%	0,79%	0,82%
Março	2,60%	2,22%	1,64%	2,20%	3,33%	1,45%	1,26%	1,37%	1,78%	1,38%	1,53%	1,42%	1,05%	0,84%	0,97%	0,76%	0,92%	0,82%	0,55%	0,77%	1,04%
Abril	4,26%	2,07%	1,66%	1,71%	2,35%	1,30%	1,19%	1,48%	1,87%	1,18%	1,41%	1,08%	0,94%	0,90%	0,84%	0,67%	0,84%	0,71%	0,61%	0,82%	0,95%
Mai	4,25%	2,01%	1,58%	1,63%	2,02%	1,49%	1,34%	1,41%	1,97%	1,23%	1,50%	1,28%	1,03%	0,88%	0,77%	0,75%	0,99%	0,74%	0,60%	0,87%	0,99%
Junho	4,04%	1,98%	1,61%	1,60%	1,67%	1,39%	1,27%	1,33%	1,86%	1,23%	1,59%	1,18%	0,91%	0,96%	0,76%	0,79%	0,96%	0,64%	0,61%	0,82%	1,07%
Julho	4,02%	1,93%	1,60%	1,70%	1,66%	1,31%	1,50%	1,54%	2,08%	1,29%	1,51%	1,17%	0,97%	1,07%	0,79%	0,86%	0,97%	0,68%	0,72%	0,95%	1,18%
Agosto	3,84%	1,97%	1,59%	1,48%	1,57%	1,41%	1,60%	1,44%	1,77%	1,29%	1,66%	1,26%	0,99%	1,02%	0,69%	0,89%	1,07%	0,69%	0,71%	0,87%	1,11%
Setembro	3,32%	1,90%	1,59%	2,49%	1,49%	1,22%	1,32%	1,38%	1,68%	1,25%	1,50%	1,06%	0,80%	1,10%	0,69%	0,85%	0,94%	0,54%	0,71%	0,91%	1,11%
Outubro	3,09%	1,86%	1,67%	2,94%	1,38%	1,29%	1,53%	1,65%	1,64%	1,21%	1,41%	1,09%	0,93%	1,18%	0,69%	0,81%	0,88%	0,61%	0,81%	0,95%	1,11%
Novembro	2,88%	1,80%	3,04%	2,63%	1,39%	1,22%	1,39%	1,54%	1,34%	1,25%	1,38%	1,02%	0,84%	1,02%	0,66%	0,81%	0,86%	0,55%	0,72%	0,84%	1,06%
Dezembro	2,78%	1,80%	2,97%	2,40%	1,60%	1,20%	1,39%	1,74%	1,37%	1,48%	1,47%	0,99%	0,84%	1,12%	0,73%	0,93%	0,91%	0,55%	0,79%	0,96%	1,16%
1+ acumulada	1,462679	1,274061	1,247689	1,287859	1,255895	1,174464	1,173181	1,191607	1,233343	1,162354	1,190437	1,150807	1,118481	1,12481	1,099239	1,097825	1,116158	1,084823	1,082134	1,109101	1,132858
Acumulada	46,27%	27,41%	24,77%	28,79%	25,59%	17,45%	17,32%	19,16%	23,33%	16,24%	19,04%	15,08%	11,85%	12,48%	9,92%	9,78%	11,62%	8,48%	8,21%	10,91%	13,29%

## ANEXO C – VALORES DA INFLAÇÃO DO PERÍODO DE 1995 A 2015.

INFLAÇÃO																					
Mês/Ano	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	1,7%	1,3%	1,2%	0,7%	1,2%	0,6%	0,9%	0,5%	2,3%	0,8%	0,6%	0,6%	0,4%	0,5%	0,5%	0,8%	0,8%	0,6%	0,9%	0,6%	1,2%
Fevereiro	1,0%	1,0%	0,5%	0,5%	1,2%	0,7%	0,6%	0,4%	1,6%	0,6%	0,6%	0,4%	0,4%	0,5%	0,6%	0,8%	0,8%	0,5%	0,6%	0,7%	1,2%
Março	1,6%	0,4%	0,5%	0,3%	1,3%	0,9%	0,5%	0,6%	1,2%	0,5%	0,6%	0,4%	0,4%	0,5%	0,2%	0,5%	0,8%	0,2%	0,5%	0,9%	1,3%
Abril	2,4%	1,3%	0,9%	0,2%	0,7%	0,7%	0,6%	0,8%	1,0%	0,4%	0,9%	0,2%	0,3%	0,6%	0,5%	0,6%	0,8%	0,6%	0,6%	0,7%	0,7%
Maiο	2,7%	1,2%	0,4%	0,5%	0,7%	0,5%	0,4%	0,2%	0,6%	0,5%	0,5%	0,1%	0,3%	0,8%	0,5%	0,4%	0,5%	0,4%	0,4%	0,5%	0,7%
Junho	2,3%	1,2%	0,5%	0,0%	0,8%	0,4%	0,3%	0,4%	-0,2%	0,7%	0,0%	-0,2%	0,3%	0,7%	0,4%	0,0%	0,2%	0,1%	0,3%	0,4%	0,8%
Julho	2,4%	1,1%	0,2%	-0,1%	0,6%	0,0%	0,0%	1,2%	0,2%	0,9%	0,3%	0,2%	0,2%	0,5%	0,2%	0,0%	0,2%	0,4%	0,0%	0,0%	0,6%
Agosto	1,0%	0,4%	0,0%	-0,5%	0,2%	0,3%	0,2%	0,7%	0,3%	0,7%	0,2%	0,1%	0,5%	0,3%	0,2%	0,0%	0,4%	0,4%	0,2%	0,3%	0,2%
Setembro	1,0%	0,2%	0,1%	-0,2%	0,5%	0,6%	0,4%	0,7%	0,8%	0,3%	0,4%	0,2%	0,2%	0,3%	0,2%	0,5%	0,5%	0,6%	0,4%	0,6%	0,5%
Outubro	1,4%	0,3%	0,2%	0,0%	0,8%	0,4%	0,6%	1,3%	0,3%	0,4%	0,8%	0,3%	0,3%	0,5%	0,3%	0,8%	0,4%	0,6%	0,6%	0,4%	0,8%
Novembro	1,5%	0,3%	0,2%	-0,1%	1,0%	0,5%	0,5%	3,0%	0,3%	0,7%	0,6%	0,3%	0,4%	0,4%	0,4%	0,8%	0,5%	0,6%	0,5%	0,5%	1,0%
Dezembro	1,6%	0,5%	0,4%	0,3%	1,0%	0,8%	0,9%	2,1%	0,5%	0,9%	0,4%	0,5%	0,7%	0,3%	0,4%	0,6%	0,5%	0,8%	0,9%	0,8%	1,0%
1+ acumulada	1,22409	1,09564	1,05225	1,01656	1,10673	1,06408	1,05911	1,1253	1,093	1,07601	1,0569	1,03142	1,04457	1,05902	1,04312	1,05909	1,06503	1,05839	1,05911	1,06408	1,10673
Acumulada	22,41%	9,56%	5,22%	1,66%	10,67%	6,41%	5,91%	12,53%	9,30%	7,60%	5,69%	3,14%	4,46%	5,90%	4,31%	5,91%	6,50%	5,84%	5,91%	6,41%	10,67%