

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL**

**GESTÃO DAS ÁGUAS, LOGÍSTICA REVERSA E ÁGUA DE REÚSO:
ESTUDO DE CASO DA EMPRESA TRANSFORMA
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**

RICARDO JOSÉ LEAL DE MEDEIROS

MACAÉ/RJ
2017

RICARDO JOSÉ LEAL DE MEDEIROS

**GESTÃO DAS ÁGUAS, LOGÍSTICA REVERSA E ÁGUA DE REÚSO:
ESTUDO DE CASO DA EMPRESA TRANSFORMA
GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**

Dissertação apresentada para avaliação ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense, Linha de Pesquisa: Desenvolvimento e Sustentabilidade.

Orientador: D.Sc. Marcos Antonio Cruz
Moreira

MACAÉ/RJ
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M488g Medeiros, Ricardo José Leal de, 1960-.
Gestão das águas, logística reversa e água de reúso: estudo de caso da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos / Ricardo José Leal de Medeiros. – Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.
69 f.: il. color.

Orientador: Marcos Antônio Cruz Moreira.

Dissertação (Mestrado). – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Águas residuais - Reuso. 2. Resíduos industriais - Tratamento. 3. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.). 4. Logística empresarial. 5. Gestão ambiental. 6. Transforma Gerenciamento de Resíduos (Empresa). I. Moreira, Marcos Antônio Cruz, 1965-, orient. II. Título.

CDD 628.42 23.ed.

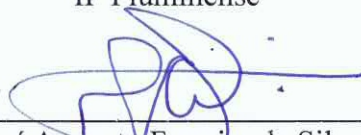
Dissertação intitulada Gestão das Águas, Logística Reversa e Água de Reúso: estudo de caso da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos; elaborado por Ricardo José leal de Medeiros e apresentado publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense.

Aprovada em 30/10/2017

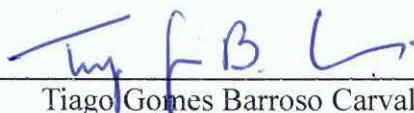
Banca Examinadora:



Marcos Antonio Cruz Moreira - Orientador
Doutor em Engenharia Elétrica / COPPE-UFRJ
IF Fluminense



José Augusto Ferreira da Silva
Doutor em Geografia / UNESP
IF Fluminense



Tiago Gomes Barroso Carvalho
Doutor em Engenharia Civil / UENF
IF Fluminense



Edwin Benito Mitacc Meza
Doutor em Computação / UFF
Universidade Federal Fluminense

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à todas as pessoas, profissionais, militantes, estudantes, técnicos e cientistas que direta ou indiretamente, trabalham ou lutam para a construção de um mundo melhor, onde o respeito ao indivíduo, à coisa comum e coletiva, prevaleçam em detrimento ao egoísmo.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Armando de Medeiros e Maria Otília por tão valiosa herança, a educação, o acesso ao conhecimento, o respeito a perseverança e a correção. Muito obrigado por tudo!!!

Aos filhos maravilhosos, Armando e Fernanda, pelos desafios, incentivos e sobretudo por simplesmente serem assim tão especiais.

Ao meu amigo, irmão por opção, patrão, apoiador, incentivador, patrocinador, Ricardo Porto Rezende. Muito obrigado por tudo Xará!!!

Ao irmão Professor, Mestre e Doutor, Sérgio de Medeiros pela referência e incentivo.

À companheira tão especial, amiga de todas as horas, Simone Vieira, pelo incentivo, paciência e compreensão.

Ao grande amigo, corretor, revisor ortográfico e editor oficial, Luiz Carlos Bernardo Baptista.

Ao professor, orientador e amigo Marco Antônio Cruz Moreira, pelo conhecimento compartilhado e pelas horas de dedicação para realização desse trabalho.

Ao amigo, Guru e Mestre Guilherme Sardenberg pela amizade e incentivo.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do IFFluminense.

Aos colegas e amigos de turma, pelo carinho, amizade e incentivo. Um agradecimento especial para o “Guru” e consultor para assuntos cibernéticos, Wilmar Wan-De-Rey.

Aos companheiros e amigos da Transforma Gerenciamento de Resíduos, pela compreensão e apoio incondicional.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a construção deste projeto.

MUITO OBRIGADO!!!!!!!!!

Resumo

Água é um recurso de uso comum assim definido pela legislação brasileira. Apesar de sua abundância em determinadas regiões, ela está sujeita à exaustão e ou à degradação. Vivenciamos atualmente o que se pode definir como um verdadeiro “Hidrocídio brasileiro: a matança das águas”. Cotidianamente anuncia-se a morte ou agonia de um rio brasileiro famoso. Afluentes dos grandes rios brasileiros, sobretudo nas regiões mais intensamente povoadas, estão sendo mortos às centenas. O homem tem usado a água não só para suprir suas necessidades metabólicas e vitais, mas também para diversos outros usos, dos quais é dependente, tais como: abastecimento industrial, irrigação, transporte, geração de energia, assimilação e transporte de nutrientes, preservação da flora e da fauna, aquicultura e recreação. Existem regiões do planeta com intensa demanda de água, principalmente junto aos grandes centros urbanos, polos industriais e zonas de irrigação. Essa demanda pode superar a oferta de água, seja em termos quantitativos, seja porque a qualidade da água local está prejudicada em virtude da poluição. Tal degradação da sua qualidade pode afetar a oferta de água e também gerar graves problemas de desequilíbrio ambiental. O acelerado processo de urbanização e industrialização gerou conflitos e desequilíbrios entre oferta e demanda de recursos hídricos. Uma das possíveis soluções para a este impasse é o reúso das águas residuais. O fluxo reverso da água residual permite sua reintegração ao ciclo sócio econômico. Em um contexto de criação e surgimento de novos empreendimentos e atividades inovadoras no robusto, porém competitivo e exigente mercado da indústria do petróleo, foi constituída e iniciou suas atividades no ano de 2003 a empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos. Em sua planta instalada de tratamento de efluentes industriais, a empresa produz água de reúso. Diante deste cenário, buscou-se com esta pesquisa validar a hipótese da viabilidade técnica, operacional, econômica e financeira da reutilização do efluente tratado (água de reúso), associado à logística reversa no caso da Transforma Gerenciamento de Resíduos. Foram considerados aspectos como caracterização da água (com base nos laudos das análises laboratoriais, parâmetros físicos, químicos e microbiológicos); diagnóstico dos geradores de efluentes (potenciais consumidores de água de reúso), tendo como base os dados obtidos do resultado da aplicação de questionário próprio; definição do custo operacional do fluxo reverso do efluente tratado (carregamento, transporte e descarga da água de reúso) e conduzida pesquisa documental e bibliográfica. Os resultados obtidos e a detida análise dos mesmos apontam e possuem fortes evidências que não confirmam a hipótese da viabilidade técnica, econômica e financeira do projeto de gestão de águas residuais a partir da adoção do sistema de logística reversa e reúso de água no caso do

tratamento de efluentes na ETE da Transforma Gerenciamento de Resíduos, por não se demonstrar sustentável do ponto de vista técnico, econômico e financeiro diante da atual situação e circunstâncias.

No caso específico deve ser considerado que a viabilidade técnica é factível de ser alcançada, sendo o comportamento/desenvolvimento do mercado, o principal e determinante fator.

Palavras-chave: Água. Efluente. Reúso. Reciclagem. Logística reversa.

ABSTRACT

Brazilian Law defines water as a common use resource. In spite of its abundance in certain regions, it is subject to exhaustion and / or degradation. One currently experiences what may be defined as “brazilian hydrocide – water killing”. Every day the death or agony of a famous Brazilian river is announced. Tributaries of the great Brazilian rivers, especially in the most intensely populated regions, are being killed by the hundreds. Man has used water not only to supply his metabolic and vital needs, but also for several other uses, of which he is dependent - industrial supplies, watering, transportation, energy generation, assimilation and transport of nutrients, environmental preservation, aquaculture and recreation. There are regions of the planet with intense demand for water, mainly near the great urban centers, industrial centers and irrigation zones. This demand may exceed water supply, either in quantitative terms, or because the quality of local water is hampered by pollution. Degradation of water quality can affect its supply and also generate serious environmental imbalance problems. The accelerated process of urbanization and industrialization has generated conflicts and imbalances between supply and demand of water resources. One possible solution to this issue is the reuse of wastewater. The reverse flow of residual water allows its reintegration into the socioeconomic cycle. In a context of creation and emergence of new ventures and innovative activities in the robust but competitive and demanding market of the oil industry, the company “Transforma Gestão de Resíduos” (*Transforma Waste Management*) was incorporated and began its activities in 2003. In its installed plant of treatment of industrial effluents, the company produces water of reuse. In this scenario, one sought to validate the hypothesis of the technical, operational, economic and financial feasibility of the reuse of the treated effluent (reuse water), associated with reverse logistics in the case of Transforma company. Issues such as water characterization were considered (based on reports of laboratory analysis, physical, chemical and microbiological parameters); as well as diagnosis of the effluent generators (potential consumers of reuse water), based on the data obtained as a result of the application of their own questionnaire; definition of the operational cost of the reverse flow of the treated effluent (loading, transport and discharge of the reuse water). Furthermore, it was conducted documentary and bibliographical research.

The results obtained and the analyzed analysis point to and have strong evidences that do not confirm the hypothesis of the technical, economic and financial feasibility of the project of waste water management from the adoption of the system of reverse logistics and water reuse

in the case of the treatment of wastewater in the Waste Management Transformer ETE, because it is not sustainable from a technical, economic and financial point of view, given the current situation and circumstances.

In the specific case, it should be considered that the technical feasibility is feasible to be achieved, and the behavior / development of the market is the main and determining factor.

Key words: Water. Effluent. Reuse. Recycling. Reverse logistic

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bacias brasileiras, demanda <i>versus</i> disponibilidade hídrica.....	6
Figura 2 – Logística reversa: Áreas de atuação e etapas reversa.....	19
Figura 3 – Ciclo de vida dos produtos: “do berço ao berço”	22
Figura 4 – Visão geral da empresa.....	38
Figura 5 – Estação de Tratamento de Efluentes – ETE.....	39
Figura 6 – Visão geral da ETE.....	54
Figura 7 – Fluxograma da ETE.....	56
Figura 8 – Ultra filtração e osmose.....	57
Figura 9 – Formulário de pesquisa – “Questionário”	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de água global por setor.....	7
Gráfico 2: Consumo de água por continente e setor.....	8
Gráfico 3: Distribuição das vazões de retirada e de consumo para diferentes usos: 2006 versus 2010.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fluxos reversos de ciclo fechado.....	21
Tabela 2 - Tipos de Reúso de Água.....	41
Tabela 3 – Classificação dos corpos de água superficiais.....	44
Tabela 4 – Padrão de qualidade para Águas Doces.....	45
Tabela 5 – Padrão de qualidade para Águas Salinas.....	46
Tabela 6 – Padrão de qualidade para Águas Salobras.....	46
Tabela 7 – Padrão de lançamento de efluentes.....	47
Tabela 8 – Padrão de lançamento de efluentes.....	48
Tabela 9 – Padrão de lançamento de efluentes estabelecidos na NT-202-R10.....	49
Tabela 10 – Parâmetros de qualidade água de reúso não potável – SABESP.....	50
Tabela 11 – Padrão médio do efluente tratado.....	59
Tabela 12 – Quadro comparativo dos resultados obtidos e valores máximos permitidos para os usos estabelecidos.....	60
Tabela 13 – Compilação dos dados obtidos a partir do “Questionário”	61
Tabela 14 - Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete).....	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental
- ACV – Análise do Ciclo de Vida
- ANA – Agência Nacional de Águas
- ANP – Agência Nacional do Petróleo
- ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre
- CBH – Comitê de Bacia Hidrográfica
- CECA – conselho Estadual de Controle Ambiental
- CEIVAP - Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul
- CEDAE – Companhia Estadual de Água e Esgoto
- CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
- CNRH Conselho Nacional de Recursos Hídricos
- CREA – Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura
- CRCC – Certificado de registro e classificação cadastral
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente
- DEC - Decantador
- DBO – Demanda biológica oxigênio
- DQO – Demanda química oxigênio
- DOERJ – Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro
- DZ - Diretriz
- EPA – Agência de Proteção Ambiental Norte Americana
- ETA – Estação de tratamento de água
- ETE – Estação de tratamento de efluentes
- FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
- FIRJAN – Confederação da Indústria do Estado do Rio de Janeiro
- H-PVDF - Fluoreto de Polivinilideno Hidrofílico
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- INEA – Instituto Estadual do Ambiente
- IPEA – Instituto de Pesquisas Econômica Aplicada
- LA – Reator aeróbico
- LR – Logística reversa

MMA – Ministério do Meio Ambiente
MVC – Método de Valoração Contingente
NBR – Norma Brasileira
NT – Norma Técnica
ONU – Organização das Nações Unidas
OR – Osmose reversa
PH – Potencial de hidrogênio
PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente
PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP – Polipropileno
PS - Poliestireno
RAFA - Reator anaeróbico de fluxo ascendente
SABESP – Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo
SAO – Sistema separador água e óleo
SIGRH - Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos
SLAP – Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras
SMWW - *Standard Methods for the examination of Water and Wastewater*
TC – Tanque de contato
UASB – Reator anaeróbico de fluxo ascendente
UF – Ultra filtração

LISTA DE SÍMBOLOS

m^3/s – metro cúbico por segundo

mg DBO/l – miligrama de DBO por litro

mg/l – miligrama por litro

NMP/100 ml – Número máximo permitido por cem mililitros

R\$/l – Real por litro

R\$/ m^3 - Real por metro cúbico

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xi
LISTA DE SÍMBOLOS	xiii
APRESENTAÇÃO.....	1
ARTIGO CIENTÍFICO 1 – GESTÃO DAS ÁGUAS, LOGÍSTICA REVERSA E ÁGUA DE REÚSO: INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR, ASPECTOS LEGAIS E TEÓRICO CONCEITUAIS	
.....	4
1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 GESTÃO RECURSOS HÍDRICOS.....	11
2.2 LOGÍSTICA REVERSA.....	17
2.3 FATORES ECONOMICOS.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	26
2.7 REFERÊNCIAS.....	27
ARTIGO CIENTÍFICO 2 – GESTÃO DAS ÁGUAS, LOGÍSTICA REVERSA E ÁGUA DE REÚSO: O CASO DA EMPRESA TRANSFORMA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	33
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	39
2.1 Classificação e Destaques de Reúso de Água.....	39
2.2 Normas Critérios e Padrões.....	41
2.3 Fatores Econômicos.....	50
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	52
3.1 Memorial Descritivo e Metodologia a ETE.....	52

3.2 Metodologia de Caracterização dos Efluentes Tratados.....	56
3.3 Avaliação do Potencial de Consumo da Água de Reúso.....	57
3.4 Composição do Custo Operacional do Fluxo Reverso (Frete).....	58
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	58
4.1 Caracterização dos Efluentes Tratados.....	58
4.2 Quadro Comparativo dos Valores Obtidos.....	59
4.3 – Resultado Obtido a partir da Aplicação do “Questionário” para avaliação do potencial de Consumo.....	60
4.4 – Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete).....	62
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
6. REFERÊNCIAS.....	64
REFERÊNCIAS.....	68

APRESENTAÇÃO

A crescente demanda de água para suprir as necessidades da agricultura, das indústrias e das cidades tem sido fonte de conflitos em diversos locais. Recentemente pudemos assistir os governantes dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro em verdadeiro embate pelo uso dos recursos hídricos disponíveis nas Bacias Hidrográficas que abastecem a Região Sudeste do Brasil. O lançamento de efluentes sem o devido tratamento adequado contribui de sobre maneira para a deterioração da qualidade dos corpos hídricos receptores. O desperdício e o mau uso dos recursos hídricos, associados ao assoreamento dos rios também podem ser responsabilizados pela escassez de água em algumas regiões.

Quase toda água existente no mundo (97%) ocorre na forma salgada e dois terços da água remanescente está sob a forma de neve ou gelo. Desta forma somente 1/3 da água doce existente no planeta está disponível, dos quais 98% é água subterrânea e menos de 2% representa a água de rios e lagos, mais facilmente aproveitável (ANDERSON, 2002).

O homem tem usado a água não só para suprir suas necessidades metabólicas e vitais, mas também para diversos outros usos, dos quais é dependente, tais como: abastecimento industrial, irrigação, transporte, geração de energia, assimilação e transporte de nutrientes, preservação da flora e da fauna, aquicultura e recreação. Existem regiões do planeta com intensa demanda de água, principalmente junto aos grandes centros urbanos, polos industriais e zonas de irrigação. Essa demanda pode superar a oferta de água, seja em termos quantitativos, seja porque a qualidade da água local está prejudicada em virtude da poluição. Tal degradação da sua qualidade pode afetar a oferta de água e também gerar graves problemas de desequilíbrio ambiental. (BRAGA, Benedito et al. 2005.)

O relatório da Organização das Nações Unidas, publicado em 24 de fevereiro de 2015, alerta: “muitos países estão perto de enfrentar situações de desespero e conflito por falta d’água. Isso seria uma barreira não só à saúde das populações, mas também ao crescimento econômico e à estabilidade política”. Segundo os pesquisadores, “daqui a dez anos, 48 países não terão água suficiente para suas populações. Isso atingiria quase três bilhões de pessoas. E até 2030, a demanda por água doce no planeta deverá ser 40% maior que a oferta”. A ONU recomenda que a agricultura busque técnicas para usar menos água sem comprometer a produção de alimentos. Que a geração de energia preserve as águas e o meio ambiente. Que a indústria adote mecanismos de reuso e uso eficiente de água. Que os governos sejam rápidos e transparentes na busca de melhorias (ONU, 2015).

Segundo Boff (2015), nenhuma questão hoje é mais importante do que a da água. Dela depende a sobrevivência de toda a cadeia da vida e, conseqüentemente, de nosso próprio futuro. Ela pode ser motivo de guerra como de solidariedade social e cooperação entre os povos.

Em nível mundial, as indústrias representam aproximadamente 23% de todo o consumo de água, caracterizando-se como sendo o segundo maior usuário da água, após a agricultura (FAO, 2016).

Racionalizar o uso da água é uma das primeiras alternativas de um programa de gerenciamento de recursos hídricos, sendo imprescindível a determinação da quantidade e do grau de qualidade necessária para cada uso, visando a proposição de medidas para reduzir o consumo a níveis aceitáveis (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

Em 1997 foi instituída no Brasil a Lei Federal N° 9.433 (BRASIL, 1997), que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água passa a ser reconhecida como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Os instrumentos de gestão das águas, como a outorga e a cobrança pela captação de água e pelo lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores, considerando suas características qualitativas e quantitativas, são estabelecidos por essa lei, estimulando a conservação e o reuso da água, pois torna-se mais vantajoso economicamente reutilizar os efluentes tratados do que simplesmente lançá-los na natureza.

Em 2006, foi publicada, no Brasil, a primeira legislação que aborda exclusivamente o reúso de água. Trata-se da Resolução N° 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH, 2006), que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água.

Diante do exposto, fica notória e premente a alteração do velho e arcaico paradigma “use uma vez e jogue fora” sob uma nova ótica sustentável e ecologicamente correta deverá se transformar em “conserve, use sabiamente e reuse”, o que certamente trará benefícios para o mundo (ANDERSON, 2002).

A crise hídrica global, o cenário atual de grave escassez de água potável que se instalou sobretudo no sudeste do Brasil nos últimos anos, o crescente custo da água e a dependência de fontes de água qualitativamente e quantitativamente disponíveis e seguras, associado à necessidade de tratamento dos efluentes líquidos, que implica muitas vezes, altos investimentos para atender às legislações ambientais vigentes, têm levado as indústrias a procurar formas mais eficientes e menos onerosas de gerenciamento do uso da água, o que faz com que o conceito de racionalização do uso e reuso da água seja considerado uma alternativa bastante apropriada.

O estudo da viabilidade do reúso dos efluentes tratados na ETE da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos, pelos próprios geradores, através do Fluxo Reverso, tem sua relevância e justifica-se pela possibilidade de criar uma alternativa ecologicamente correta e sustentável, resultando em significativa redução da demanda por água “nobre”, potável e acentuado declínio do volume de efluentes tratados e lançados nos cursos hídricos; se esta for uma prática comprovadamente viável do ponto de vista técnico e econômico.

Este trabalho tem como foco a empresa de gerenciamento de resíduos, Transforma Gerenciamento de Resíduos, localizada no município de Macaé – RJ, considerada a “Capital Nacional do Petróleo”, que abriga milhares de empresas da indústria petrolífera, geradoras de resíduos. Estas empresas, com vistas ao fiel cumprimento à legislação ambiental vigente e por força do próprio mercado, são impulsionadas à adoção de práticas e procedimentos “ambientalmente corretos”, como a racionalização e o reúso da água em seus processos.

Neste estudo cujo objetivo principal é investigar a hipótese de associar reúso de água, logística reversa e sua aplicação no caso dos efluentes tratados na Estação de Tratamento de Efluentes - ETE da Transforma Gerenciamento de Resíduos, a partir de investigação e revisão de literatura em bases de pesquisa e banco de dados. Pretende-se também caracterizar os efluentes tratados, com base nos laudos das análises laboratoriais, tendo como parâmetros as características físicas, químicas e microbiológicas, emitidos por laboratório terceirizado e devidamente credenciado pelo órgão competente – INEA; obter a classificação dos efluentes tratados e definir seus possíveis usos; avaliar e classificar os geradores de efluentes tendo como parâmetros os usos e o consumo de água de suas plantas operacionais; assim como obter o custo operacional do fluxo reverso dos efluentes, considerando as operações de carregamento, transporte e descarga do efluente tratado (água de reúso).

Esta dissertação é composta de dois artigos de comunicação científica, conforme normalização do Programa de Pós-Graduação em Engenharia ambiental do IFFluminense. No artigo 1, intitulado “*Gestão das águas, logística reversa e água de reúso: investigação preliminar, aspectos legais e teórico conceituais*”, através de revisão de literatura e documental, abordou-se a aplicação dos conceitos e normativas que regulam as atividades descritas. O artigo 2, “*Gestão das águas, logística reversa e água de reúso: o caso da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos*”, com base nos dados obtidos a partir das pesquisas de campo, revisão da literatura e documental, avaliou-se a viabilidade técnica e econômica da comercialização (fluxo reverso) dos efluentes tratados – água de reúso.

ARTIGO CIENTÍFICO 1 – GESTÃO DAS ÁGUAS, LOGÍSTICA REVERSA E ÁGUA DE REÚSO: INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR, ASPECTOS LEGAIS E TEÓRICO CONCEITUAIS

Ricardo José Leal de Medeiros – IFFluminense/PPEA

Marcos Antônio Cruz Moreira – IFFluminense/PPEA

RESUMO

Água é um recurso de uso comum assim definido pela legislação brasileira. A despeito de sua abundancia em determinadas regiões, está sujeita à exaustão e ou à degradação. O acelerado processo de urbanização e industrialização geraram conflitos e desequilíbrios entre oferta e demanda de recursos hídricos. Uma das possíveis soluções para a este impasse é o reúso das águas residuais. O fluxo reverso da água residual permite sua reintegração ao ciclo sócio econômico. Esta pesquisa documental e bibliográfica busca validar a hipótese da aplicação do conceito de reúso de água associado à logística reversa, na Transforma gerenciamento de Resíduos.

Palavras-chave: Água. Efluente. Reúso. Reciclagem. Logística reversa.

WATER MANAGEMENT, REVERSE LOGISTIC AND REUSE WATER: PRELIMINARY INVESTIGATION, LEGAL ASPECTS AND CONCEPTUAL THEORETICAL.

ABSTRACT

Water is a common resource decreed by Brazilian legislation. In spite of plentiful supply in certain regions this is subject to degradation and depletion. The level of urbanisation and recent industrialisation has created instability and conflict between the supply and demand of water resources. Possible solution for it is reuse residual water, the residual water flow treated for reuse, give reinstatement from socioeconomic cycle. This documentary and bibliographic is looking for validate the hypothesis of application the reverse logistic concept in *Transforma Gerenciamento de Resíduos* company.

Key words: Water. Effluent. Reuse. Recycling. Reverse logistic

1. INTRODUÇÃO

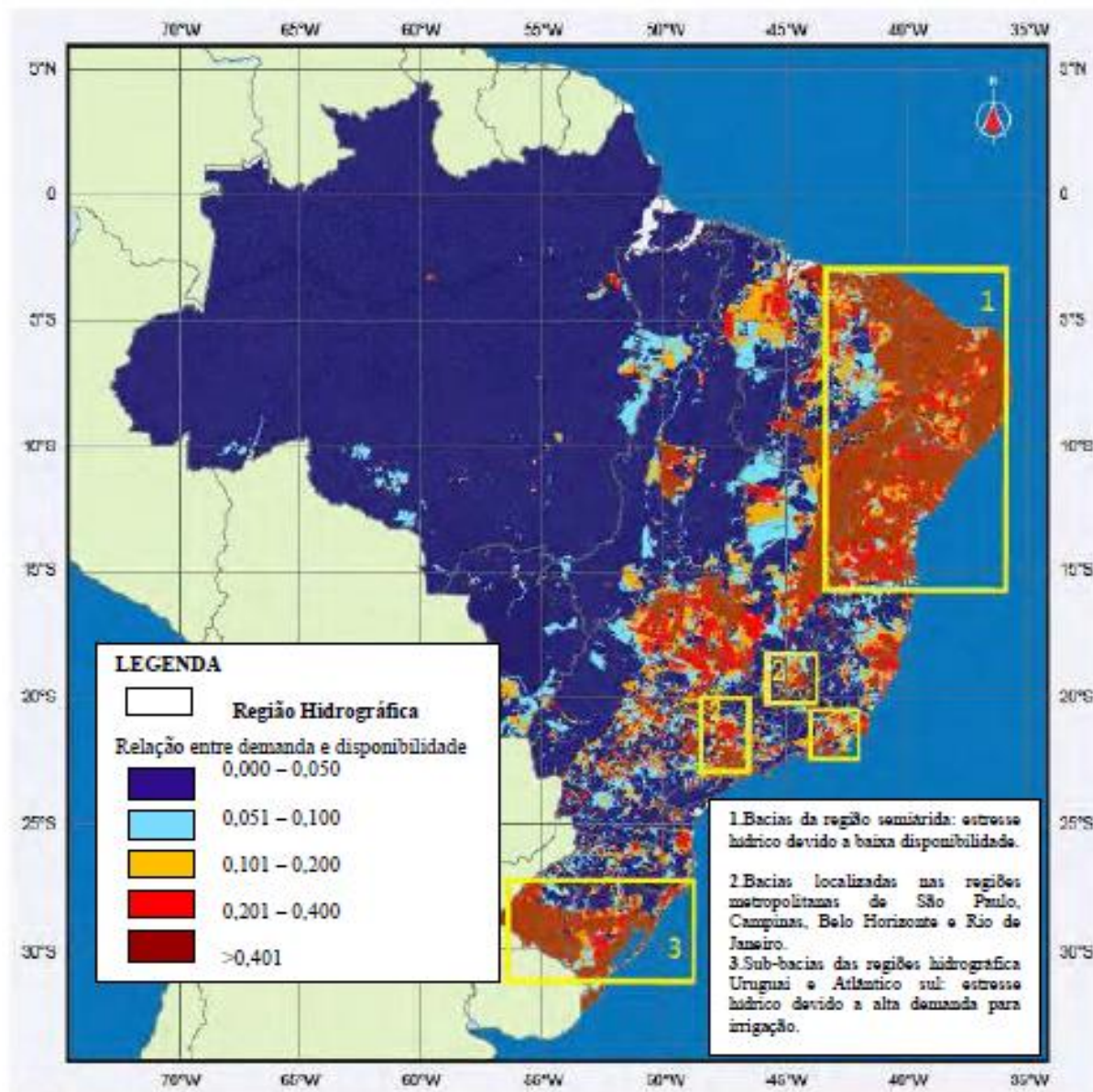
No Brasil observam-se ainda regiões em que a despeito da elevada disponibilidade natural de água, a intensa e desordenada ocupação do território tem gerado conflitos pelo seu uso em face especialmente de questões associadas à qualidade requerida para determinados usos. É o caso das regiões hidrográficas do Paraná e Uruguai, dos altos cursos dos rios Tocantins e São Francisco, além de boa parte das regiões hidrográficas do Atlântico Sudeste e Sul, onde os conflitos pelo uso da água envolvem, essencialmente, problemas de poluição ou de consumo excessivo de água para irrigação (BRAGA *et al.*, 2008).

Até recentemente, a escassez hídrica no Brasil atingia unicamente a região nordestina, entretanto, nos anos de 2014 e 2015 passou a atingir estados da região Sudeste densamente povoados e pouco habituados com manejos de conservação e aproveitamento da água. Esse fator tem a contribuição do desmatamento dos biomas terrestres regionais e deterioração dos biomas aquáticos regionais impulsionados pelo avanço da urbanização que incorpora áreas de mananciais, além disso, o processo de urbanização acompanhado do aumento da poluição atmosférica e desmatamento permite a formação de ilhas de calor, com isso aumenta-se a temperatura dos microclimas desprovidos de nebulosidades, devido a diminuição (entre 2014 e 2015) das massas de ar frio formadoras de chuvas. A queda dos volumes pluviométricos faz diminuir a diluição de efluentes agrícolas e domésticos não tratados que atingem os reservatórios, permitindo um processo acelerado de eutrofização. Esses efluentes são compostos de nitrogênio e fósforo responsáveis pela formação de cianobactérias, que liberam substâncias tóxicas e impedem a entrada de luminosidade nas camadas profundas do reservatório suprimindo grande parte do oxigênio que mantém o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Tais intercorrências resultaram na diminuição do aporte hídrico dos reservatórios e no aumento da poluição dos recursos hídricos da região Sudeste (ALMEIDA e BENASSI, 2015).

O homem tem usado a água não só para suprir suas necessidades metabólicas e vitais, mas também para diversos outros usos, dos quais é dependente, tais como: abastecimento industrial, irrigação, transporte, geração de energia, assimilação e transporte de nutrientes, preservação da flora e da fauna, aquicultura e recreação. Existem regiões do planeta com intensa demanda de água, principalmente junto aos grandes centros urbanos, polos industriais e zonas de irrigação. Essa demanda pode superar a oferta de água, seja em termos quantitativos, seja porque a qualidade da água local está prejudicada em virtude da poluição. Tal degradação da sua qualidade pode afetar a oferta de água e também gerar graves problemas de desequilíbrio ambiental (BRAGA, Benedito *et al.*, 2005).

Mesmo com bons índices da quantidade de água doce disponível no Brasil, existe uma grande variação na oferta hídrica em relação á demanda populacional. As bacias hidrográficas brasileiras com maior disponibilidade de água estão em locais com menores populações em relação ás regiões mais concentradas, o que pode ser verificado na figura 1, a seguir.

Figura 1 – Bacias brasileiras, demanda versus disponibilidade hídrica



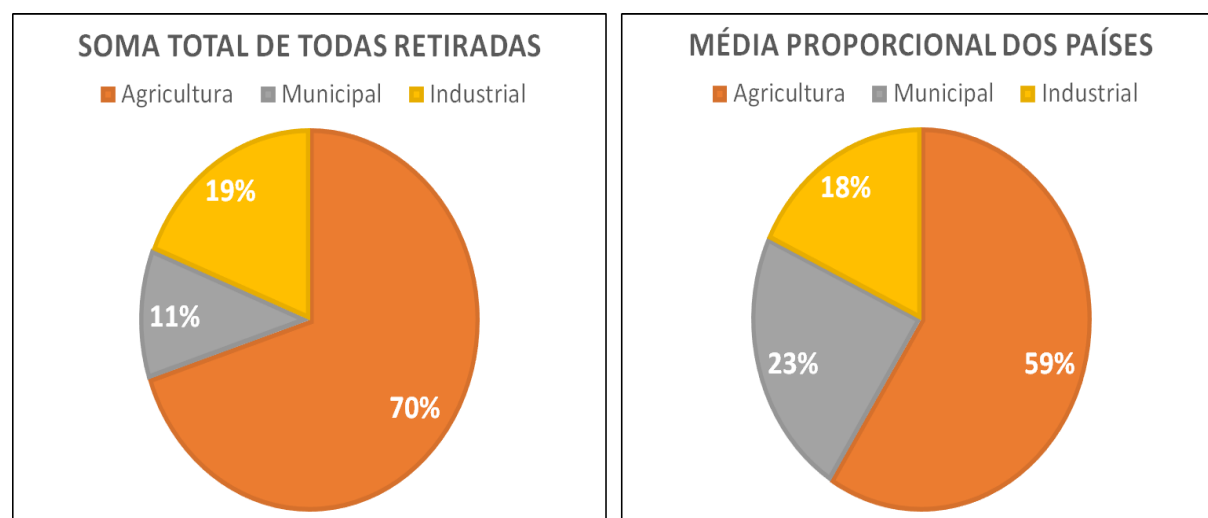
Fonte: Adaptado da ANA, 2016.

O relatório da Organização das Nações Unidas, publicado em 24 de fevereiro de 2015, alerta: “muitos países estão perto de enfrentar situações de desespero e conflito por falta d’água. Isso seria uma barreira não só à saúde das populações, mas também ao crescimento econômico e à estabilidade política”. Segundo os pesquisadores, “daqui a dez anos, 48 países não terão água suficiente para suas populações. Isso atingiria quase três bilhões de pessoas. E até 2030, a demanda por água doce no planeta deverá ser 40% maior que a oferta”. A ONU recomenda que a agricultura busque técnicas para usar menos água sem comprometer a produção de alimentos. Que a geração de energia preserve as águas e o meio ambiente. Que a indústria adote mecanismos de reuso e uso eficiente de água. Que os governos sejam rápidos e transparentes na busca de melhorias (ONU, 2015).

Segundo Boff (2015), nenhuma questão hoje é mais importante do que a da água. Dela depende a sobrevivência de toda a cadeia da vida e, conseqüentemente, de nosso próprio futuro. Ela pode ser motivo de guerra como de solidariedade social e cooperação entre os povos.

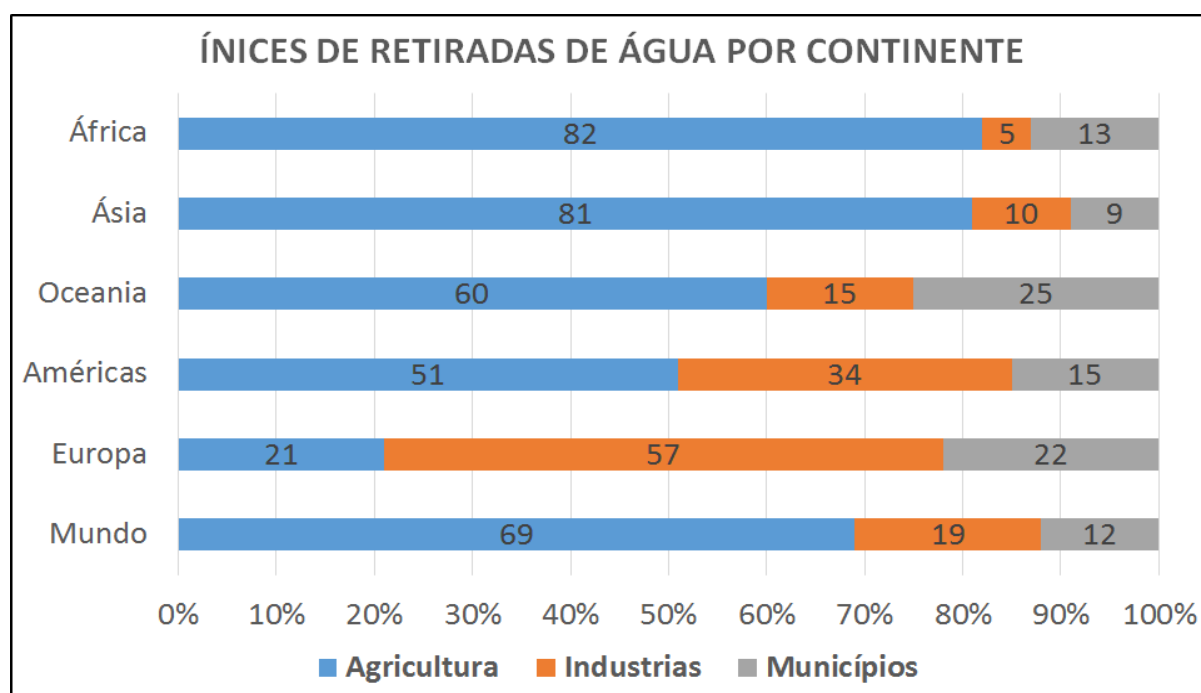
De acordo com relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura – FAO (2016), a nível global os índices de retirada ou consumo de água, por setor, são: 69% agricultura, 12% municipal e 19% industrial. Esses números, no entanto, são fortemente tendenciosos pelos poucos países que têm as retiradas de água muito elevadas. Considerando a média das proporções de cada país, estes índices são 59, 23 e 18 por cento respectivamente (FAO, 2016).

Gráfico 1 – Consumo de água global por setor



Fonte: Adaptado FAO, 2016.

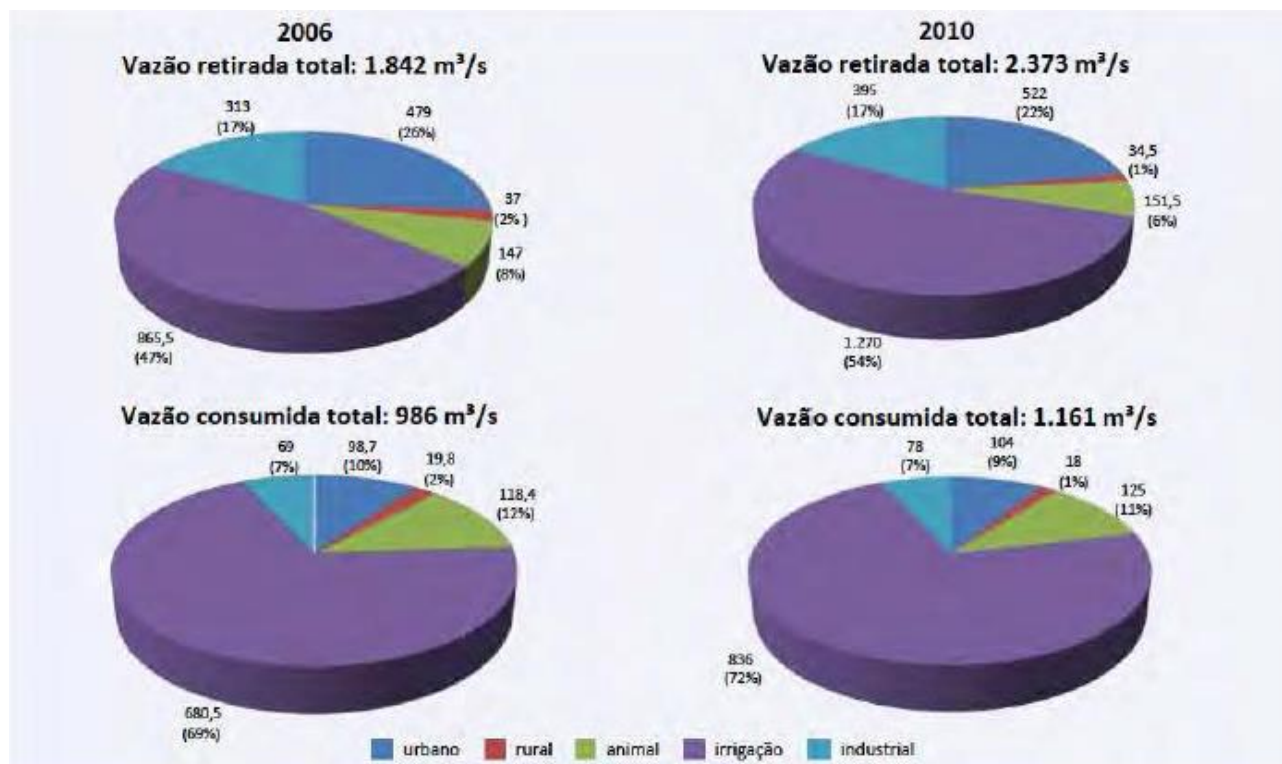
O consumo de água na agricultura é altamente dependente e está diretamente relacionado ao clima e à importância da agricultura na economia local. O gráfico abaixo mostra as razões de retirada de água por continente, onde a parte agrícola varia de mais de 80 por cento na África e Ásia para pouco mais de 20 por cento na Europa (FAO, 2016).

Gráfico 2: Consumo de água por continente e setor

Fonte: Adaptado FAO, 2016.

A demanda de água corresponde à vazão de retirada, ou seja, à água captada para atender os diversos usos consuntivos (fora do rio). Parte dessa água é devolvida ao ambiente depois do uso (vazão de retorno). A água não devolvida (vazão de consumo) é a diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno (ANA, 2013). Relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos do Brasil, divulgado em 2013 pela Agência Nacional de Águas – ANA, aponta que no Brasil, no ano de 2010, em comparação com 2006, houve aumento de cerca de 29% da vazão de retirada total de águas dos rios, passando de 1.842 m³/s para 2.373m³/s, principalmente devido à irrigação, que passou de 866m³/s para 1.270 m³/s (47% do total). Já a vazão de consumo passou de 986 m³/s para 1.161 m³/s, aumento de 18%. Portanto, em 2010 a irrigação foi responsável por 72% da vazão consumida; o uso dos animais por 11%; o uso urbano por 9%, o industrial por 7% e o rural (o consumo das pessoas e a não a atividade agrícola) por 1% do total consumido (ANA, 2013).

Gráfico 3: Distribuição das vazões de retirada e de consumo para diferentes usos: 2006 versus 2010



Fonte: ANA, 2016.

Relatório de situação da bacia da região hidrográfica VIII- Ano I, 2012/2013, divulgado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e Ostras – CBH – Macaé e Ostras, aponta que 41% da demanda hídrica do município de Macaé é para uso industrial. O mesmo relatório apresenta as demandas hídricas estimadas para a RH VIII distribuídas por município e por finalidade de uso. Segundo esta estimativa, a indústria é responsável por 52% da demanda de água da bacia, seguida do uso humano e da irrigação, entre usos de menor expressão quantitativa (CBH – MACAÉ e OSTRAS, 2016). O que evidencia a relevância do setor industrial da região de Macaé, quando se compara o parâmetro demanda ou retirada de água da bacia para uso no setor. Enquanto a demanda global na indústria é de 19%, no Brasil 17%, na região de Macaé no setor industrial representa 52% da demanda total.

Racionalizar o uso da água é uma das primeiras alternativas de um programa de gerenciamento de recursos hídricos, sendo imprescindível a determinação da quantidade e do grau de qualidade necessária para cada uso, visando a proposição de medidas para reduzir o consumo a níveis aceitáveis (MIERZWA & HESPANHOL, 2005).

O reúso da água é um importante instrumento de gestão ambiental do recurso água. A adoção dessa prática pode implicar na substituição da água potável por uma água de padrão inferior, porém atendendo aos requisitos de qualidade necessários e exigíveis (MANCUSO & SANTOS, 2003).

Em 1997 foi instituída no Brasil a Lei Federal N° 9.433 (BRASIL, 1997), que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água passa a ser reconhecida como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Os instrumentos de gestão das águas, como a outorga e a cobrança pela captação de água e pelo lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores, considerando suas características qualitativas e quantitativas, são estabelecidos por essa lei, estimulando a conservação e o reúso da água, pois torna-se mais vantajoso

economicamente reutilizar os efluentes tratados do que simplesmente lançá-los nos corpos hídricos.

Em 2006, foi publicada, no Brasil, a primeira legislação que aborda exclusivamente o reuso de água. Trata-se da Resolução N° 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH de 2006, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água.

A Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos; altera a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; define:

Resíduo sólido: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentam outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada;

Logística reversa: é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

HU *et al.* (2002) definem logística reversa como o processo de gestão de logística envolvida no planejamento, gerenciamento e controle do fluxo de resíduos para reuso, reciclagem, reutilização ou disposição final. O modelo do sistema de logística reversa proposto pelo autores consiste de quatro atividades críticas: coleta, armazenamento temporário, tratamento, e distribuição.

Para Lacerda (2002) a logística reversa poderá ser compreendida como um processo agregado à logística tradicional, por que a clássica possui a função de movimentar o produto entre o fornecedor até ao consumidor final, já a logística reversa tem como papel dar continuidade ao ciclo, possibilitando o retorno de produtos e/ou substâncias

Conforme Leite (2003), o aumento do interesse na logística reversa se deu pela crescente preocupação com o meio ambiente e acima disso, com a preocupação de atender aos desejos dos clientes e reduzir custos.

Rogers e Tibben-Lembke (1999) apresentam alguns motivadores para a implantação de programas de logística reversa como: “cidadania corporativa, obrigações legais, benefícios pela recaptura de valor econômico e proteção de margem de lucro empresarial”.

Para Kopicki *et al.* (1993), os programas empresariais, com objetivos de reuso e de reciclagem, são frequentemente motivados por legislações regulatórias, pelos próprios funcionários e por pressão da sociedade para Andrade *et al.* (2009) *apud* Pereira (2010), os principais fatores que motivam a utilização da LR são legislações, razões competitivas, melhoria da imagem corporativa, revalorização econômica, renovação de estoques, ganhos econômicos, responsabilidade socioambiental, recuperação de ativos e /ou de valor, e prestação de serviços diferenciados.

A legislação ambiental força as empresas a retornarem seus produtos e cuidar do tratamento necessário; os benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, ao invés dos altos custos do correto descarte do lixo; a crescente conscientização

ambiental dos consumidores; as razões competitivas – diferenciação por serviço; a limpeza do canal de distribuição; a proteção de margem de lucro e a recaptura de valor e recuperação de ativos, são as principais razões que levam as empresas a atuarem em Logística Reversa (MUELLER,2005).

O fluxo reverso dos efluentes tratados na Estação de Tratamento de Efluentes - ETE, da Transforma Gerenciamento de Resíduos para reuso, é uma possibilidade e a concretização desta hipótese, trará desenvolvimento econômico, social e ambiental. Ao viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo produtivo, os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos de desenvolvimento sustentável, ecoeficiência, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o reconhecimento do resíduo reutilizável e reciclável como bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; estarão sendo cumpridos pela empresa que tem papel social de cidadania e responsabilidade corporativa, melhorando sua imagem no mercado, obtendo benefícios pela recaptura do valor econômico do resíduo e protegendo sua margem de lucro empresarial.

Busca-se com este artigo a partir de pesquisa documental e bibliográfica validar a hipótese da aplicação do reuso de água tratada associado à logística reversa, no caso da Transforma Gerenciamento de Resíduos, empresa situada em Macaé – RJ, município fluminense onde a indústria é responsável por 52% da demanda de água da bacia (CBH – MACAÉ e OSTRAS, 2016).

2. REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção serão investigados através de revisão da literatura e documental, conceitos, práticas e aspectos legais considerados relevantes ao objeto trabalho, tais como: gestão de recursos hídricos, logística reversa e fatores econômicos.

2.1. Gestão de recursos hídricos

A partir da Revolução Industrial verificou-se um aumento vertiginoso da concentração populacional nas áreas urbanas, com a implantação de indústrias em locais, antes pouco ou nunca habitados, o que trouxe um aumento vertiginoso pela demanda de fontes hídricas, e consequentemente a produção de esgotos sanitários e industriais em níveis alarmantes. Visando controlar ou ao menos minimizar a situação, em 1865, na Inglaterra surgiu a primeira legislação que previa o tratamento do esgoto para evitar a poluição dos rios. O relatório da *Royal Commission on Sewage Disposal in England*, também levou em conta o reuso da água, configurando, assim, a primeira legislação a abordar oficialmente tal prática (EPA, 1980).

Essa preocupação europeia com os recursos hídricos não se repetiu no Brasil, pois, durante o período que antecedeu a Constituição do Império (1824), aplicavam-se aqui as disposições do Alvará de 1804, que permitia o livre desvio das águas dos rios, por particulares, para usos industriais e agrícolas. O direito ao uso se dava apenas com a ocupação, e assim muitos abusos foram cometidos (LEITE, 2003; REBOUÇAS *et al.*, 2006).

A Constituição do Império de 1824 não contemplou em seu texto preocupação direta com a tutela ambiental. No tocante às águas, apenas disciplinou que os rios pertenciam à Coroa (ALMEIDA, 2011).

A primeira legislação, no Brasil, a abordar o uso da água foi o Código das Águas, de 1934, instituído pelo Decreto Federal nº. 24.643, que considerava a água um recurso inesgotável, portanto passível de utilização abundante. Pelo Código das Águas os desvios das

águas dos rios passaram a depender da outorga de concessões. O Código definiu os vários tipos de água do Território Nacional, os critérios para seu aproveitamento, os requisitos relacionados às autorizações para derivação, além de abordar a questão relacionada à contaminação dos corpos d'água (MIERZWA, 2002; CUNHA, 2008).

A crise econômica do fim do século XIX e início do século XX, que determinou a passagem do modelo econômico agrário para o industrial foi o estopim para a aprovação do Código das Águas, que já tramitava no Congresso desde 1907. A industrialização demandou maior utilização de energia elétrica e as diretrizes da lei atendiam aos aspectos relacionados à geração de energia, portanto foram preteridos os meios para impedir o desequilíbrio hídrico e os conflitos quanto ao uso da água (LEITE, 2003; CETESB, 2010).

O Código revelou uma mudança de conceitos relativos ao uso e a propriedade da água, acompanhando as mudanças econômicas e sociais, que se deram no Brasil e no mundo, abrindo espaço para o estabelecimento de uma Política Nacional de Gestão de Águas. Encontram-se no Código das Águas os primeiros dispositivos legais que possibilitariam à atualidade brasileira trabalhar com instrumentos de gestão que possibilitassem a cobrança pelo uso da água (CETESB, 2010).

Durante a vigência do Código de Águas (Lei de 1934), além do Estado, a gestão dos recursos hídricos no Brasil era realizada por sistemas peritos. Por estas características tal Código pode identificar-se como dando prioridade ao que os autores denominam de “Hidro-técnica”. A mudança de perspectiva na lei 9.433/1997 envolve uma politização da gestão dos recursos hídricos. Este uso do conceito de política não se refere à política partidária, mas fundamentalmente a uma política abrangente, envolvendo a sociedade civil em processos de consulta e decisórios na gestão da água. Esta orientação corresponde com uma tendência internacional estimulada pelos graves problemas na qualidade e quantidade da água disponível no planeta, ocasionados pela forma em que foram geridos os recursos hídricos durante, principalmente, no decorrer deste século (GUIVANT e JACOBI, 2003).

Em 1965, com a Lei n.º. 4.771, que instituiu o novo Código Florestal, os locais com vegetação ao redor dos rios, lagos, lagoas ou reservatórios de água naturais ou artificiais foram considerados área de preservação permanente. O Código Florestal demonstrava, assim, uma preocupação com as áreas cuja função ambiental era de proteção dos recursos hídricos.

Quanto ao reuso de águas, a prática já começava a crescer em diversos países, porém sem controle de qualidade quanto à produção de efluentes micro biologicamente seguros. Assim, em 1971, a OMS reconheceu definitivamente a importância dos riscos à saúde relacionados à reutilização de águas residuais (PASCHOALATO *et al.*, 2004).

No âmbito internacional, em 1972, foi realizada a 1ª Conferência Internacional para o Meio Ambiente Humano, promovida pelas Nações Unidas, na Suécia. Este encontro determinou que a questão ambiental, a partir de então, seria parte integrante das relações políticas, econômicas e sociais. A Conferência foi um marco importante e, desde então, vários eventos nacionais e internacionais foram realizados para tratar do tema meio ambiente (MALINOWSKI, 2006).

Posteriormente, em 1973, a OMS publicou “*Reuse of Effluents: Methods of Wastewater Treatment and Public Health Safeguards*”, cujas diretrizes enfocavam métodos de tratamento de efluentes, visando a proteção da saúde pública. Mais tarde, em 1989, essas diretrizes foram atualizadas após estudos epidemiológicos, com o título “*Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture and Aquaculture*” e novos critérios foram propostos para o uso da água de reuso na agricultura e aquicultura (ALMEIDA, 2011).

No Brasil, apesar dos avanços na área ambiental, apenas em 1981, com a instituição da Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA), pela Lei n.º 6.983, e a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente, o país passou a contar com um arcabouço legal e com o ordenamento institucional necessário ao tratamento das questões ambientais. A PNMA

estabelecia como princípios norteadores das ações governamentais para o meio ambiente, “incentivos ao estudo e pesquisa de tecnologias orientadas para o uso nacional e a proteção dos recursos ambientais”, além da “racionalização do uso da água” (ANA, 2003).

Em 1983, as reflexões e discussões sobre a questão hídrica culminaram na realização de um Seminário Internacional, do qual participaram alguns especialistas estrangeiros. O resultado das discussões possibilitou a inclusão do assunto no texto da Constituição Federal de 1988, dando competência à União para instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e definir critérios de outorga de direito de uso da água. A maioria das constituições estaduais também apresentaram dispositivos sobre recursos hídricos (ANA, 2003).

Em 1986 foi aprovada pela Deliberação CECA nº 1007, de 04 de dezembro de 1986, publicada no DOERJ de 12 de dezembro de 1986 a NT-202.R-10 - Critérios e Padrões para Lançamento de Efluentes Líquidos; cujo objetivo foi estabelecer critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP. Esta Norma Técnica aplica-se aos lançamentos diretos ou indiretos de efluentes líquidos, provenientes de atividades poluidoras, em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro, através de quaisquer meios de lançamento, inclusive da rede pública de esgotos. Os efluentes líquidos, além de obedecerem aos padrões gerais, não deverão conferir ao corpo receptor, características em desacordo com os critérios e padrões de qualidade de água adequados aos diversos usos benéficos previstos para o corpo d'água.

Devido à falta de tradição quanto à aplicação da prática do reuso de águas residuais, no Brasil, conforme observado, não existem normas e padrões específicos para regulamentar e direcionar sua aplicação. A legislação apenas estabelece limites máximos de impureza para cada destino específico da água. Estes limites, chamados de padrões de qualidade, foram estabelecidos em 1986 pela Resolução nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A Resolução define quatro classes e mais uma especial, e classifica as águas como doces, salobras e salinas, estabelecendo parâmetros físico-químicos para cada classe dos corpos d'água, de acordo com a utilização que deve ser dada às mesmas. Apesar de a Resolução definir padrões para o lançamento de efluentes, vale ressaltar que as regras estabelecidas não satisfazem os problemas que eventualmente podem aparecer no reuso de águas residuais (MIERZWA, 2002; PASCHOLATO et al., 2004; VIVACQUA, 2005).

A Resolução Conama nº 357, de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece os padrões de lançamento de efluentes, e trata de classificar as águas em quatro classes estipulando parâmetros de qualidade de acordo com estas classes; substituiu a Resolução nº 20, porém, assim como está, não contemplou o reuso. Mas ainda imperavam no Brasil as diretrizes do Código de Águas (1934), que mesmo considerado avançado para a época, deixava transparecer o comportamento da população e dos legisladores em considerar a água como um bem inesgotável, de utilização farta e abundante. Somente com a Constituição Federal de 1988, instalou-se a consciência de que os recursos hídricos são finitos. De acordo com a Constituição compete à União legislar e instituir um sistema nacional para gerenciar os recursos hídricos, cujos direitos constitucionais serão divididos com os estados e municípios onde os cursos d'água se encontram. A Constituição também instituiu a Política Nacional dos Recursos Hídricos -PNRH, pela Lei nº 9.433, em 1997 (ALMEIDA, 2011).

Em 2006 foi publicada no Brasil a primeira legislação que aborda exclusivamente o reuso de água. Trata-se da Resolução Nº 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos –CNRH que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água (BRASIL, 2006).

Ao sediar a Eco-92, o Brasil assumiu compromissos reconhecidos internacionalmente, entre os quais conta-se a formulação da Lei do Gerenciamento dos Recursos Hídricos, Nº 9.433, sancionada em janeiro de 1997, que não só incorporou os princípios da Conferência Internacional de Dublin, em 1992, como incorporou outros, capazes de assegurar o desenvolvimento sustentável. A política brasileira de gestão dos recursos hídricos reserva à sociedade civil uma responsabilidade central na condução da política e da gestão dos recursos hídricos. Com o advento da lei federal 9.433/97 adota-se no Brasil o modelo de gestão descentralizada, participativa e integrada, como princípios norteadores, seguindo os modelos de gestão mais avançados. Os principais instrumentos são os planos de recursos hídricos (elaborados por bacia hidrográfica), a outorga do direito do uso da água, a cobrança pela água, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso e o Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos. A fórmula proposta é uma gestão pública colegiada dos recursos hídricos, com negociação social e técnica, através dos Comitês de Bacia Hidrográfica - CBH. Cabe à Agência Nacional de Águas – ANA, criada em 2000, implementar tais instrumentos, e elaborar o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e prestar apoio na esfera federal à elaboração dos planos de recursos hídricos. Estes planos, além de investimentos, incluem ações voltadas ao fortalecimento do sistema de gestão de recursos hídricos da bacia, implantação dos sistemas de informações, de redes de monitoramento e instituições de gerenciamento. Cabe também à ANA a outorga, por meio de autorização, do direito de uso de águas de domínio da União, assim como, fiscalizar diversos usos e arrecadar, distribuir e aplicar as receitas auferidas através de cobrança (GUIVANT e JACOBI, 2003).

Pela PNRH a água é reconhecida como um recurso natural limitado, como um bem de domínio público e dotado de valor econômico, portanto a cobrança pelo seu uso configura-se em um poderoso instrumento de gestão, em que é aplicado o princípio do usuário-pagador, o qual possibilitará a conscientização do usuário. A Lei determina que o montante arrecadado com a cobrança pelo uso da água será aplicado, prioritariamente na bacia hidrográfica em que foi gerado (SETTI, 2000).

A Política Nacional de Recursos Hídricos foi inspirada no modelo francês e representa um exemplo ambicioso de gestão do uso dos rios. De acordo com a legislação, as decisões sobre os usos dos rios em todo o país serão tomadas pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, que são constituídos por representantes da sociedade civil, do estado e dos municípios (CETESB, 2010).

O Brasil passou, então, a atentar para temas como a racionalização do uso primário da água, estabelecendo princípios e instrumentos para a sua utilização. Porém, não houve, mais uma vez, preocupação com a fixação de critérios para a reutilização da água (RAPOPORT, 2004).

A Lei nº 9.433 de 1997, conhecida como Lei das Águas, apresenta fundamentação legal para a racionalização do uso da água e requisitos jurídicos para o reuso de água, como alternativa viável na preservação e conservação ambiental. A Lei tem como um de seus objetivos “a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, com vistas ao desenvolvimento sustentável”. Define também como conteúdo dos planos de recursos hídricos, “as metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis” (ALMEIDA, 2011).

A Lei das Águas também instituiu duas ferramentas importantes de gestão hídrica: a outorga e a cobrança pelo uso da água. A outorga consiste em uma permissão dada pelo poder público a um determinado usuário da água pelo seu uso. Esse instrumento permite controlar a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos disponíveis, bem como garantir uma distribuição uniforme a todos os usuários. A cobrança pelo uso da água é aplicada como forma de valorizá-la, caracterizando-a como bem econômico, o que estimula a conscientização da necessidade de conservação e preservação deste recurso evitando o desperdício. Na gestão dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água representa um dos instrumentos mais contundentes, pois

auxilia no equilíbrio entre a oferta e a demanda na bacia hidrográfica (BERNARDI, 2003; BORGES, 2003).

Devido ao padrão de consumo irracional, no Brasil, a cobrança pelo uso da água é pouco difundida e paulatinamente implantada. Porém, sabe-se que, em todo o mundo, o preço cobrado pela água tratada potável é bastante alto. Assim, a aplicação do princípio poluidor-pagador, o que atribui ao poluidor o ônus relativo ao combate à poluição e à preservação do meio ambiente, deve ser considerada como forma de garantir o uso racional e a proteção ambiental (BERNARDI, 2003; VIVACQUA, 2005).

Outra tentativa de promover o uso racional da água se deu em 1997, com o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água -PNCDA, que instituiu planejamento de ações de conservação e propôs tecnologias aos sistemas públicos de abastecimento, bem como aos sistemas prediais de água e esgoto (BORGES, 2003).

Ainda em 1997, a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT lançou a Norma 13.969, que dispõe sobre providências e cuidados, bem como fornece instruções a respeito do esgoto de origem doméstica. A Norma determina que esse tipo de esgoto deve ser reutilizado para fins em que não haja exigência de água potável, desde que seja sanitariamente segura. Os usos possíveis seriam: irrigação de jardins, lavagem de pisos e veículos, descarga de vasos sanitários, manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água (ABNT, 1997).

Outra lei importante é a Lei nº 9.605, de 1998, a chamada Lei da Natureza ou dos Crimes Ambientais, cujo texto declara como crime o ato de causar poluição hídrica em cursos de água de abastecimento público. A Lei dos Crimes Ambientais forneceu o incentivo decisivo para o reuso, quando instituiu a obrigação de se tratar os efluentes (ALMEIDA, 2011).

No ano de 2002, por meio da Lei nº 9.984 a Agência Nacional de Águas (ANA) é criada, representando mais um marco dentro de todo um conjunto legal e institucional, cujo objetivo é o uso racional da água. A ANA tinha como competência a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2003).

Na visão de Oliveira Filho (2015) a gestão e o gerenciamento de qualquer recurso é sempre um grande desafio diante da complexidade das demandas sociais, das finalidades econômicas e das condições ambientais. A água, em especial, por ser um recurso indispensável ao desenvolvimento de todas as atividades econômicas e vitais, demanda especial cuidado no planejamento e gerenciamento como formas de se garantir o uso múltiplo e sustentável. O Brasil é um país que possui instrumentos legais e normativos que orientam a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos. A Constituição Federal do Brasil de 1988 estabeleceu duas dominialidades para a água: a dos Estados e a da União, portanto, não existem águas municipais e nem águas particulares. A água é, sobretudo, um bem de domínio público. Os municípios perderam a dominialidade sobre a água, mas ficaram com a autoridade sobre o uso do solo, que afeta diretamente a água. Cabe também ao município o poder concedente dos serviços de saneamento, um dos principais usos da água (Oliveira Filho, 2015).

O Sistema Nacional de Recursos Hídricos, instituído pela Lei nº. 9.433/97 introduz novos atores no cenário institucional brasileiro, no contexto da gestão dos recursos hídricos: os Comitês de Bacia - fóruns democráticos para os debates e decisões sobre as questões relacionadas ao uso das águas da bacia; as Agências de Bacia – braço executivo do Comitê ou de mais de um Comitê, que recebe e aplica os recursos arrecadados com a cobrança pelo uso da água na bacia e na jurisdição pública federal, a Agência Nacional de Águas, autarquia especial vinculada ao Ministério do Meio Ambiente - MMA, assume as funções de órgão gestor dos recursos hídricos de domínio da União, anteriormente exercida pela Secretaria de Recursos Hídricos do MMA (CEIVAP, 2015).

No Brasil, ainda não há normalização específica para os sistemas de reuso da água. O que se tem praticado é a adoção dos padrões internacionais ou mesmo a adoção de orientações técnicas produzidas por instituições privadas (CREA-PR, 2010).

Para uma prática segura de reuso, os padrões a serem estabelecidos devem englobar parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, os quais ainda podem sofrer influência de crenças e preconceitos que a população possa ter sobre a questão, o que pode até determinar negativamente a aceitação da água de reuso (ALMEIDA, 2011).

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos- CNRH, publicou a Resolução nº 54, em 2005, que estabelece os critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água (FIRJAN, 2006).

Mesmo ainda não tendo critérios estabelecidos, nem legislações específicas para o reuso, pode-se dizer que, no Brasil, já existem ações que podem servir como base para a formulação de um aparato legal sobre o tema. As leis existentes sobre lançamento de esgotos e qualidade da água potável, bem como a divisão da água em classes podem balizar e fornecer subsídios para a elaboração de critérios, padrões e códigos de prática, adaptados às características nacionais (ALMEIDA, 2011).

A Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS; altera a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; define:

Resíduo sólido: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

Reutilização: processo de aproveitamento dos resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

Logística reversa: é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Dentre os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, de acordo com a Lei 12.305/2010 destacam-se: o desenvolvimento sustentável; a ecoeficiência; a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; o reconhecimento do resíduo reutilizável e reciclável como bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania (BRASIL, 2010).

O artigo Art. 7º da referida lei define entre os principais objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar

o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético (BRASIL, 2010).

O decreto 7.404 de 23 de dezembro de 2010 regulamenta a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê orientador para a implantação dos sistemas de Logística Reversa, reitera o objetivo da Política Nacional de Resíduos Sólidos ao definir no seu Art. 35, como diretriz aplicável à gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, que deverá ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

2.2. Logística reversa

A Logística Reversa teve seus primeiros estudos nas décadas de 1970 e 1980, tendo o seu foco principal relacionado ao retorno de bens a serem processados em reciclagem de materiais, denominados e analisados como canais de distribuições reversos (LEITE, 2009).

Para Lacerda (2002), a logística reversa poderá ser compreendida como um processo agregado à logística tradicional, porque a clássica possui a função de movimentar o produto entre fornecedor até ao consumidor final, já a reversa tem como papel de dar continuidade ao ciclo, possibilitando o retorno dos produtos já utilizados para o seu local de origem.

Revlog (2001) *apud* Ferreira (2012, p.56) conceitua que a “logística reversa posiciona todas as operações relacionadas com o reuso de produtos e materiais. Refere-se a todas as atividades de coleta, desmonte e processo de produtos usados, partes de produtos, e/ou materiais para fazer assegurar a recuperação sustentável do meio ambiente”.

HU *et al.* (2002) definem logística reversa como o processo de gestão de logística que envolve planejamento, gerenciamento e controle do fluxo de resíduos para reuso, reciclagem, reutilização ou disposição final. Coleta, armazenamento temporário, tratamento e distribuição, são consideradas as atividades críticas do modelo proposto pelos autores.

A Lei Nº 12.305 de 2 de Agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, define Logística Reversa como um:

Instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Para Xavier e Corrêa (2013), a logística reversa miscigena as necessidades ambientais com as necessidades de sustentabilidade do mercado, promovendo assim uma sinergia entre essas práticas, priorizando três dimensões básicas que são a economia, o social e o ambiental, o que diferencia da relativamente recente logística verde (ou ambiental) que focaliza na dimensão ambiental, no que refere as atividades logísticas aplicadas à gestão do meio ambiente. No entanto, embora apresentem conceitos distintos, ambas atuam na proposta da sustentabilidade dos sistemas produtivos e a logística reversa a cada vez mais abrange aspectos “verdes” na gestão da cadeia reversa.

Usualmente pensamos em logística como o gerenciamento do fluxo de materiais do seu ponto de aquisição até o seu ponto de consumo. No entanto, existe também um fluxo logístico

reverso, do ponto de consumo até o ponto de origem, que precisa ser gerenciado. Este fluxo logístico reverso é comum para uma boa parte das empresas. Por exemplo, fabricantes de bebidas têm que gerenciar todo o retorno de embalagens (garrafas) dos pontos de venda até seus centros de distribuição. As siderúrgicas usam como insumo de produção em grande parte a sucata gerada por seus clientes e para isso usam centros coletores de carga. A indústria de latas de alumínio é notável no seu grande aproveitamento de matéria prima reciclada, tendo desenvolvido meios inovadores na coleta de latas descartadas. Existem ainda outros setores da indústria onde o processo de gerenciamento da logística reversa é mais recente como na indústria de eletrônicos, varejo e automobilística. Estes setores também têm que lidar com o fluxo de retorno de embalagens, de devoluções de clientes ou do reaproveitamento de materiais para produção. A Logística Reversa tem ainda baixa prioridade nas organizações. Encontra-se em estágio inicial. O Mercado e a Legislação Ambiental gerando tendência no aumento do fluxo de carga reversa e é claro do seu custo. Portanto torna-se imprescindível o aumento da eficiência, com a adoção dos conceitos de planejamento do fluxo logístico direto, com estudos de localização, roteirização, programas de entrega etc. (LACERDA, 2002).

Usualmente pensamos em logística como o gerenciamento do fluxo de materiais do seu ponto de aquisição até o seu ponto de consumo. No entanto, existe também um fluxo logístico reverso, do ponto de consumo até o ponto de origem, que precisa ser gerenciado. Este fluxo logístico reverso é comum para uma boa parte das empresas. Por exemplo, fabricantes de bebidas têm que gerenciar todo o retorno de embalagens (garrafas) dos pontos de venda até seus centros de distribuição. As siderúrgicas usam como insumo de produção em grande parte a sucata gerada por seus clientes e para isso usam centros coletores de carga. A indústria de latas de alumínio é notável no seu grande aproveitamento de matéria prima reciclada, tendo desenvolvido meios inovadores na coleta de latas descartadas. Existem ainda outros setores da indústria onde o processo de gerenciamento da logística reversa é mais recente como na indústria de eletrônicos, varejo e automobilística. Estes setores também têm que lidar com o fluxo de retorno de embalagens, de devoluções de clientes ou do reaproveitamento de materiais para produção. A Logística Reversa tem ainda baixa prioridade nas organizações. Encontra-se em estágio inicial. O Mercado e a Legislação Ambiental gerando tendência no aumento do fluxo de carga reversa e é claro do seu custo. Portanto torna-se imprescindível o aumento da eficiência, com a adoção dos conceitos de planejamento do fluxo logístico direto, com estudos de localização, roteirização, programas de entrega etc. (LACERDA, 2002).

De acordo com Xiu e Chen (2012), a logística verde apresenta diversas e distintas definições pelo mundo, mas que para o *Reverse Logistics Executive Council* (RLEC) a logística verde procura medir e minimizar os impactos ambientais causados pela logística tradicional.

Para Rogers e Tibben-Lembke (1998) apud Montoya *et al.* (2013), a logística verde está destinada a determinar e minimizar os impactos ecológicos da logística, onde exerce atividades como redução do consumo de energia e redução do uso de matérias-primas, já a LR apresenta a destinação adequada do produto para ser revalorizado.

A Logística reversa também poderá ser entendida como o campo da logística empresarial que tem como objetivo, gerenciar de forma integral, todas as questões logísticas do retorno dos bens ao ciclo produtivo, através dos canais de distribuição reversos de pós venda e de pós-consumo. Acrescentando aos mesmos, valores econômico e ambiental. (ADLMAIER; SELLITTO, 2007).

O ciclo dos produtos na cadeia comercial não termina quando, após serem usados pelos consumidores, são descartados. Há muito se fala em reciclagem e reaproveitamento dos materiais utilizados. Esta questão se tornou foco no meio empresarial, e vários fatores cada vez mais as destacam, estimulando a responsabilidade da empresa sobre o fim da vida de seu produto. Numa visão ecológica, as empresas pensam com seriedade em um cliente preocupado

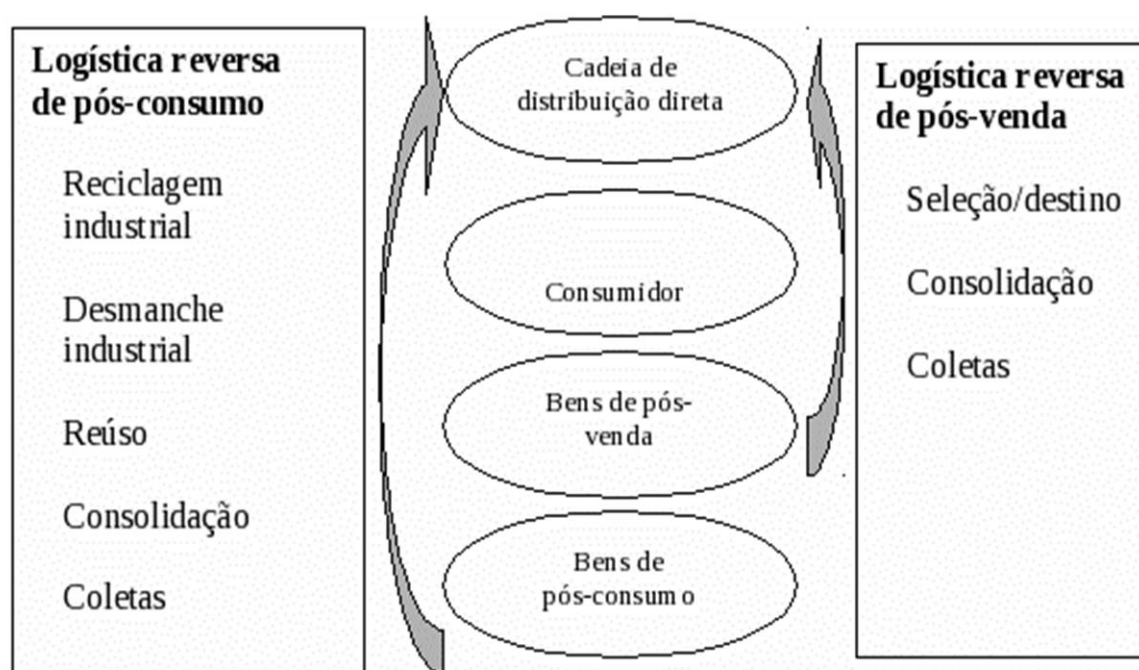
com seus descartes, sendo estes sempre vistos como uma agressão a natureza. Desta forma surge uma Logística Verde baseada nos conceitos da Logística Reversa do Pós-consumo (MUELLER, 2005).

Os Fluxos Logísticos Reversos não se dispõem de forma divergente, como os fluxos convencionais, mas sim podendo ser divergentes e convergente ao mesmo tempo. O processo produtivo ultrapassa os limites das unidades de produção no sistema de Logística Reversa. Os fluxos de retorno seguem um diagrama de processamento pré-definido, no qual os produtos (descartados) são transformados em produtos secundários, componentes e materiais. Os processos de produção aparecem incorporados à rede de distribuição. Ao contrário do processo convencional, o processo reverso possui um nível de incerteza bastante alto. Questões como qualidade e demanda tornam-se difíceis de controlar (MUELLER, 2005).

Para Mueller (2005), as empresas são levadas a atuarem em logística reversa por força da legislação ambiental, dos benefícios econômicos do uso de produtos que retornam ao processo de produção, da crescente conscientização ambiental dos consumidores e por razões competitivas.

Os canais de distribuições reversos são divididos entre pós-venda e de pós-consumo. A primeira, refere-se à área da atuação específica que se ocupa do equacionamento e da operacionalização do fluxo físico e das informações logística que correspondente de bens de pós-venda. Já a segunda, além de equacionar e operacionalizar o andamento do produto, os mesmos são caracterizados por colher informações a respeito de bens de pós-consumo descartados para uma melhor destinação final (LEITE, 2009).

Figura 2 – Logística reversa: Áreas de atuação e etapas reversa



Fonte: LEITE, 2009.

Guarnieri (2011) corrobora com o que é visto na figura 2, ressaltando que os bens de pós-consumo podem ter diversos destinos finais, como a incineração, os aterros sanitários ou a retomada destes ao ciclo produtivo comercial através da separação dos itens, reciclagem ou reutilização, aumentando sua vida útil. Para os bens de pós-venda, os produtos são recolhidos e dentro da empresa ao qual poderá ser reutilizado através do desmanche, reprocessado ou ser comercializado a negócios secundário.

Por isso é de extrema importância a diferenciação entre logística reversa – LR de pós-venda e de pós-consumo, pois existe uma destinação própria e distinta para cada uma delas. Como o bem ou recurso natural abordado é a água que só é disposta ou coletada para tratamento após ser utilizada, será dada ênfase ao canal de distribuição reverso de pós-consumo. A logística reversa de pós consumo pode ser reconhecida como uma oportunidade de negócio, pois esta representa as possibilidades econômicas, comercial e sustentável ao qual um determinado produto possui após ser utilizado.

De acordo com Juran (1998) *apud* Ballou (2004), um produto pode ser entendido como resultado de qualquer atividade e processo, possuindo uma parte física como peso, volume e forma. Assim como outra parte intangível que se refere as características do serviço prestado.

Os bens ou materiais de pós-consumo podem apresentar destinação diferentes onde são dependentes da constituição do produto, estas possibilidades são como os já tradicionais aterros sanitários e incineração para os produtos/materiais que não podem ser reaproveitados, ou o retorno ao ciclo produtivo por meio de canais de desmanche, reuso e reciclagem.

O desmanche é uma etapa de separação dos materiais dos produtos, para que cada componente possa ter o seu destino adequado. O canal reverso de reuso pode ser entendido como aquele que é alongado o tempo de utilização, ou seja, em um determinado produto de pós-consumo há uma extensão do uso do mesmo, a fim de exercer a mesma função para a qual foi destinado desde a sua concepção. A reciclagem é um canal reverso que compreende todo um processo de reaproveitamento do material para gerar um novo produto similar ou distinto. A reciclagem possui ciclos reversos abertos e fechados (GUARNIERI, 2011).

Para Leite (2009), os ciclos abertos são caracterizados por manter o foco na matéria-prima que constitui cada produto, pois os canais de distribuição reversos para este ciclo é constituído dos materiais compostos dos produtos de pós-consumo, como metais, plásticos, vidros, papéis, que são coletados de diferentes produtos e são processados com a finalidade de reintegração ao ciclo produtivo em forma de matérias-primas secundárias para a sua utilização na fabricação em diferentes tipos de produtos. Os ciclos fechados são caracterizados pelo retorno dos produtos de pós-consumo, estes que foram descartados ao fim de sua vida útil, são reaproveitados como matéria-prima e são revalorizados no processo, com a intenção de que possa ser fabricado um produto similar ao de origem.

Segundo o mesmo autor, uma das principais características dos canais reversos fechados é apresentar alta eficiência no fluxo reverso em razão da importância econômica do uso de seu material constituinte.

O quadro 1 apresenta exemplos de produtos de canais de ciclo fechado que são revalorizados na cadeia produtiva reversa devido à importância econômica, tecnológica e logística entre outras.

Tabela 1 – Fluxos reversos de ciclo fechado

Produto de origem de Pós- consumo	Principais materiais extraídos	Novo Produto
Óleos lubrificantes usados	Eliminação de impurezas e acréscimo de aditivos	Óleos lubrificantes novos
Baterias de veículos descartadas	Extração de chumbo	Baterias de veículos novas
Latas de alumínio de embalagem descartadas	Extração da liga de alumínio	Latas de alumínio novas

Fonte: Modificado de LEITE, 2009, p.56.

Considerando a água o bem de consumo e o efluente industrial gerado como resíduo de um determinado processo produtivo, este, o efluente, poderá configurar-se como um produto de origem de pós-consumo, que ao ser submetido a um processo de tratamento com eliminação de impurezas e contaminantes e acréscimo de aditivos, obtém-se um novo produto semelhante ao de origem, que pode ser retornado ao ciclo produtivo, prolongando assim o ciclo de vida do produto, no caso em estudo, a água.

Análise do Ciclo de Vida - ACV é uma técnica utilizada como ferramenta de avaliação dos efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade ao longo do seu ciclo de vida (ROY *et al.*, 2009). Este instrumento que é usualmente conhecido como análise “do berço a cova”, ou seja, da extração dos insumos ou recursos naturais à destinação tradicional, ou disposição dos resíduos em lixões, aterros ou corpos hídricos, foi modificado nos últimos tempos para que fosse inserido nos ciclos reversos e tivesse mais coesão com a destinação final ambientalmente correta dos resíduos, tendo assim a gestão de materiais evoluindo para o conceito “do berço ao berço”.

Segundo Xavier e Corrêa (2013), o conceito “do berço ao berço” demanda “que os materiais e produtos de pós-consumo sejam gerenciados considerando cadeias de suprimento de ciclo fechado”. Logo, além de desenvolver e projetar um determinado produto, também se faz necessário aplicar essas ações em todo o processo da vida do bem de consumo, com a finalidade de constituir um sistema de produção com fluxo reverso, onde toda matéria prima (recurso natural) consumida, possa retornar ao processo produtivo, conforme a figura 3.

Figura 3 – Ciclo de vida dos produtos: “do berço ao berço”



Fonte: GUARNIERI, 2011, p.71.

De acordo com Leite (2009) um produto no fluxo reverso de pós-consumo pode ser classificado em: durável, possui vida útil média (alguns anos ou décadas) e apresenta a possibilidade de ser reutilizado ou reciclado; semidurável: vida útil de poucas semanas ou anos e ainda apresenta a possibilidade de ser reutilizado ou reciclado; descartável: apresenta vida útil de horas, dias ou semanas e não tem possibilidade de ser reutilizado ou reciclado.

Sendo a água padronizada para consumo, seja humano ou industrial, um bem/produto que tradicionalmente perde sua utilidade para este fim após o uso e descarte, esta pode ser considerada como um bem semidurável, pois além da possibilidade de sua reutilização ou reciclagem, participa de um processo natural de extrema importância para a manutenção da vida no planeta denominado ciclo biogeoquímico (ROSA *et al.*, 2003).

2.3.Fatores econômicos

O item 6º da Declaração Universal dos Direitos da Água estabelece que, “A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo” (ONU, 1992).

A Lei das Águas (1997), em seu Art. 19º dispõe que a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva:

- I - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor;
- II- incentivar a racionalização do uso da água;
- III- obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

De acordo com Barros e Amin (2008), compreender a água como bem econômico constitui em estabelecer valor econômico de forma que apresente preço de mercado, que atenda aos princípios do poluidor-pagador onde estabelece a responsabilidade do consumidor de forma direta ou indireta sobre os impactos ao meio ambiente e a determinação de arcar monetariamente sobre estes. E na disposição em que cada consumidor estaria para pagar para que os recursos hídricos sejam preservados.

O valor da água depende do usuário e para qual fim a mesma se destina, sendo na indústria e nas atividades agrícolas valores mais elevados, para fins domésticos a água utilizada para beber, necessita de uma qualidade melhor, por isso oferece alto custo para a sociedade, no entanto, a água para higienização do lar, lavagem de roupas e descargas sanitárias podem possuir qualidade inferior a potável (ROGERS; BHATIA; HUBER, 1997).

Desta forma, é relevante ressaltar que a água como um bem econômico, terá preço determinado e será transacionada em mercado, onde os países que tratem a água como recurso estratégico e social e por isso obtiverem os recursos hídricos em maior quantidade e melhor qualidade, serão favorecidos pelo comércio e terão projeções de crescimento e desenvolvimento (BARROS; AMIN, 2008).

Ainda segundo estes autores o gerenciamento dos recursos hídricos é de fundamental importância até mesmo para os países que detêm grandes reservas, pois a utilização destas deve acontecer conforme os critérios de racionalidade econômica e equilíbrio financeiro, com a finalidade de preservar a água para gerações futuras e promover o uso sustentável (BARROS e AMIN, 2008).

Usualmente pensamos em logística como o gerenciamento do fluxo de materiais do seu ponto de aquisição até o seu ponto de consumo. No entanto, existe também um fluxo logístico reverso, do ponto de consumo até o ponto de origem, que precisa ser gerenciado. Este fluxo logístico reverso é comum para uma boa parte das empresas. Por exemplo, fabricantes de bebidas têm que gerenciar todo o retorno de embalagens (garrafas) dos pontos de venda até seus centros de distribuição. As siderúrgicas usam como insumo de produção em grande parte a sucata gerada

por seus clientes e para isso usam centros coletores de carga. A indústria de latas de alumínio é notável no seu grande aproveitamento de matéria prima reciclada, tendo desenvolvido meios inovadores na coleta de latas descartadas. Existem ainda outros setores da indústria onde o processo de gerenciamento da logística reversa é mais recente como na indústria de eletrônicos, varejo e automobilística. Estes setores também têm que lidar com o fluxo de retorno de embalagens, de devoluções de clientes ou do reaproveitamento de materiais para produção (LACERDA, 2002).

Para Lacerda (2012) a logística reversa tem ainda baixa prioridade nas organizações. Encontra-se em estágio inicial. O mercado e a legislação ambiental gerando tendência no aumento do fluxo de carga reversa e é claro do seu custo. Portanto torna-se imprescindível o aumento da eficiência, com a adoção dos conceitos de planejamento do fluxo logístico direto, com estudos de localização, roteirização, programas de entrega etc.

Um exemplo de programa conduzido pela parceria de instituições privadas e públicas é o projeto Aquapolo Ambiental, desenvolvido como pioneiro para a grande região do ABC paulista, a princípio o mesmo tinha como objetivo abastecer com águas de reuso industrial o polo petroquímico dessa região, onde no ano de 2011 produziu cerca de mil litros de água de reuso por segundo, economizando assim 2,58 bilhões de litros de água em um mês (AQUAPOLO AMBIENTAL, 2011).

No Brasil, os governos estaduais e federais necessitam iniciar, de forma imediata, programas de gestão para estabelecer bases políticas legais e institucionais para o reuso dos efluentes, onde as linhas de responsabilidade e princípios de alocação de recurso devem ser estabelecidos juntamente com as companhias responsáveis pela coleta e tratamento de esgotos,

os usuários que serão favorecidos dos sistemas de reuso, e o Estado, que tem como responsabilidade de fornecer o abastecimento adequado de água, a proteção do meio ambiente e da saúde pública (HESPANHOL, 2002).

De acordo com Leite (2009) e Hespagnol (2002) ao se implementar programas com base na logística reversa de pós-consumo, mesmo tendo um alto custo inicial, como é o caso da implantação de redes coletoras e estações de tratamento de efluentes - ETE, este, se empregado com devido planejamento, trará rentabilidade satisfatória, pois, ao agregar valor ao bem que antes era descartado e somente utilizado após ao descarte na natureza e ao um longo e oneroso processo em estação de tratamento de água - ETA, este, oferecerá oportunidades de redução de custos, de água potável, de insumos agrícolas, de investimento em outros setores, como por exemplo na saúde.

O transporte é o principal componente do sistema logístico. Sua importância pode ser medida através de pelo menos três indicadores financeiros: custos, faturamento e lucro. O transporte representa, em média, 60% dos custos logísticos, 3,5% do faturamento, e em alguns casos, mais que o dobro do lucro. Além disso, o transporte tem um papel preponderante na qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente o tempo de entrega, a confiabilidade e a segurança dos produtos.

O custo do transporte é composto por custos fixos e variáveis, tal classificação deve ser feita sempre em relação a algum parâmetro de comparação. Normalmente, em uma empresa industrial são considerados como itens de custos fixos, aqueles que independem do nível de atividade e itens de custos variáveis, aqueles que aumentam de acordo com o crescimento do nível de atividade. Do ponto de vista de um transportador, usualmente essa classificação é feita em relação à distância percorrida, como se a unidade variável fosse a quilometragem. Dessa forma, todos os custos que ocorrem de maneira independente ao deslocamento do caminhão são considerados fixos e os custos que variam de acordo com a distância percorrida são considerados variáveis (LIMA, 2001).

Ainda segundo Lima (2001), o processo de composição do custeio de uma operação de transporte pode ser dividido em 4 etapas: 1. Definição dos itens de custos; 2. Classificação dos itens de custos em fixos e variáveis; 3. Cálculo do custo de cada item; 4. Custeio das rotas de entrega/ coleta.

3. Material e métodos

Para o desenvolvimento do presente trabalho, propõe-se a utilização do método empírico e fenomenológico.

O método empírico pode ser caracterizado como um modelo de investigação científica que tem como base a lógica empírica, ou seja, considera o que deriva da experiência comum. Pesquisas desenvolvidas pelo método empírico são realizadas inicialmente através da observação e da experiência (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O método fenomenológico começa com uma descrição, uma situação vivida no cotidiano (GIORGI, 1985).

De acordo com Sadala (2004), o método fenomenológico permite ao pesquisador obter depoimentos sobre aquilo que está diante dos seus olhos e viver a experiência na sua totalidade, isolando julgamentos e concepções que interfira na descrição, de maneira a alcançar a parte mais invariável da experiência, a essência que consiste na natureza própria daquilo que se interroga.

Como material de pesquisa foi utilizado um notebook e as bases de dados de pesquisas científicas: Scopus do portal Capes, Scholar Google e banco de dados de sites oficiais: ANA, FAO, ONU, CBH – Macaé e das Ostras, BRASIL, CEIVAP, CETESB, FIRJAN, EPA. Para a

pesquisa foram utilizadas as palavras chaves: Água; Recursos hídricos; Reuso de Água, Logística Reversa; Reutilização; Reciclagem; Resíduo.

4. Resultados e discussão

Em 1997 foi instituída no Brasil a Lei Federal N° 9.433 (BRASIL, 1997), que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água passa a ser reconhecida como um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. Os instrumentos de gestão das águas, como a outorga e a cobrança pela captação de água e pelo lançamento de efluentes líquidos nos corpos receptores, considerando suas características qualitativas e quantitativas, são estabelecidos por essa lei, estimulando a conservação e o reuso da água, pois torna-se mais vantajoso economicamente reutilizar os efluentes tratados do que simplesmente lançá-los nos corpos hídricos.

Em 2006, foi publicada, no Brasil, a primeira legislação que aborda exclusivamente o reuso de água. Trata-se da Resolução N° 54 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH de 2006, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água.

A Lei 12.305 de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos sólidos; altera a Lei 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; define:

Resíduo sólido: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do Sisnama e, se couber, do SNVS e do Suasa;

Logística reversa: é um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Para HU *et al.* (2002), logística reversa é um processo de gestão de logística que envolve planejamento, gerenciamento e controle do fluxo de resíduos para reuso, reciclagem, reutilização ou disposição final.

Para Lacerda (2002) a logística reversa poderá ser compreendida como um processo agregado à logística tradicional, por que a clássica possui a função de movimentar o produto entre o fornecedor até ao consumidor final, já a logística reversa tem como papel dar continuidade ao ciclo, possibilitando o retorno de produtos e/ou substâncias.

De acordo com Leite (2009) e Guarnieri (2011) os canais de distribuições reversos são divididos entre pós-venda e de pós- consumo. A primeira, refere-se à área da atuação de bens de pós-venda. Já a segunda, de bens de pós-consumo descartados para uma melhor destinação final. Como a incineração, os aterros sanitários, ou a retomada destes ao ciclo produtivo comercial através da separação dos itens, reciclagem ou reutilização, aumentando sua vida útil.

A reciclagem é um canal reverso que compreende todo um processo de reaproveitamento do material para gerar um novo produto similar ou distinto. A reciclagem possui ciclos reversos abertos e fechados. Os ciclos fechados são caracterizados pelo retorno dos produtos de pós-consumo, estes que foram descartados ao fim de sua vida útil, são reaproveitados como matéria-prima e são revalorizados no processo, com a intenção de que possa ser gerado um produto similar ao de origem. (GUARNIERI, 2011).

Os efluentes industriais coletados e tratados pela empresa Transforma, por serem líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, são definidos, de acordo com PNRS, como resíduos sólidos.

O processo de tratamento dos efluentes industriais na ETE da Transforma caracteriza uma transformação dos resíduos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novo produto, água de reuso industrial. O que de acordo com a PNRS, define o processo de reciclagem.

Considerando a água o bem de consumo e o efluente industrial gerado como resíduo de um determinado processo produtivo, que após submetido a um tratamento para eliminação de impurezas e contaminantes obtém-se um novo produto semelhante ao de origem. Este, o efluente tratado, poderá retornar ao ciclo produtivo, para reuso ou reciclagem, valorizado e reaproveitado como matéria prima ou insumo. Neste caso, de acordo com os autores citados, este processo caracteriza exatamente o que os mesmos definem como logística reversa ou fluxo reverso fechado de produto de pós-consumo.

O conjunto de operações de coleta, transporte, armazenamento temporário e tratamento para eliminação de impurezas e contaminantes dos efluentes industriais (resíduos) gerados pelos mais diversos clientes da Transforma Gerenciamento de Resíduos, gerando um novo produto de pós-consumo, água não potável, que poderá retornar ao gerador para reuso ou reciclagem; este conjunto de operações é definido como logística reversa ou fluxo reverso de um bem/material semidurável de pós-consumo com ciclo reverso fechado. Sendo também aplicável ao caso em estudo de acordo com Xavier e Corrêa (2013) o moderno conceito “do berço ao berço”.

5. Considerações finais

Portanto, de acordo com o discutido na seção anterior, a pesquisa bibliográfica e documental, possui evidências fortes e confirmam a hipótese da viabilidade da aplicação dos conceitos, técnicas e normativas do sistema de logística reversa e reuso de água no caso do tratamento de efluentes na ETE da Transforma Gerenciamento de Resíduos, que não só se mostrou viável, como de extrema relevância e justifica-se pela possibilidade de criar uma prática alternativa ambientalmente correta, adequada aos preceitos legais e sustentável.

6. Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro, 1997.

ADLMAIER, Dom; SELLITTO, M. A. **Embalagens retornáveis para transporte de bens manufaturados:** um estudo de caso em logística reversa. *Produção*, v. 17, n.2. 2007.

ALMEIDA, R. **Aspectos Legais para água de reuso.** VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n. 2, p. 31-43, maio/ago. 2011.

ALMEIDA, Caroline Corrêa. **Evolução histórica da proteção jurídica das águas no Brasil.** Disponível em: <<http://jus2.uol.com.br/doutrina/texto.asp?id=3421>>. Acesso em: 17/10/2015.

ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR). **Plano Nacional de Recursos Hídricos.** 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/index.htm>> Acesso em: 19/11/2015.

ANDERSON, J. International guidelines for water recycling. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation.** IWA Publishing, 2002.

AQUAPOLO AMBIENTAL. Projeto Aquapolo: Porque ele é uma saída pra nossa região. Santo André: Lene, 2011. Disponível em: <http://www.aquapolo.com.br/wp-content/uploads/2012/02/01revista_.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

BALLOU, Ronald H. **Business Logistics/ Supply Chain Management**, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2004. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=QAHrq0r6E7cC&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Ronald+H.+Ballou%22&hl=ptPT&sa=X&ei=JhZdVJasLbLesASxnICYBQ&ved=0CCEQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 15/06/2016.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M.. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo.** Taubaté: Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional, G&DR: 2008. v. 4, n. 1, p. 75 - 108. Disponível em: <<http://www.rbgdr.net/012008/artigo4.pdf>> Acesso em: 15/06/2016.

BERNARDI, C.C. **Reuso de água para irrigação.** Dissertação (Especialização em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada) - ISEA-FGV/Ecobusiness School, 2003.

BOFF, Leonardo. **A escassez de água no Brasil e sua distribuição no mundo.** Disponível em: <<http://www.jb.com.br/leonardo-boff/noticias/2015/02/09/a-escassez-de-agua-no-brasil-e-sua-distribuicao-no-mundo/>>. Acesso em 10/05/2016.

BORGES, L.Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2003.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental.** Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Código Florestal no Brasil.** Diário Oficial da União de 16 de setembro de 1965.

BRASIL. Lei n° 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1° da Lei n°8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989.**

BRASIL. Lei n°. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei n°. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.** Diário Oficial da União, 23/12/2010.

CBH – Macaé e das Ostras. Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Macaé e das Ostras. **Relatório de situação da bacia. Ano I. 2012/2013.**

CECA. Conselho Estadual de Controle Ambiental. **NT 202 – R10: Critérios e Padrões de lançamento de Efluentes líquidos.** 1986.

CEIVAP. **Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** Apresentação. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/apresentacao.php/>>. Acesso em 27/05/2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Histórico da legislação hídrica no Brasil.** 2010. Disponível em:<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_historico.asp> Acesso em: 17/05/ 2016.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução N° 54: Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso não potável da água.** Diário Oficial da União de 09/03/2006. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14> Acesso em: 17/05/ 2016.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 375 de 17 de março de 2005:** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

CREA-PR. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. **Uso e reuso da água.** 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

CUNHA, V. D. **Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reuso urbano.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento Ambiental, 2008.

EPA. Environmental Protection Agency. **Human enteric virus survival in soil following irrigation with sewage plant effluents.** EPA-600/1-80-004. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP), 1980.

FAO. **Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação.** Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm>. Acesso em: 16 junho de 2016.

FERREIRA, Leonardo. **Logística reversa de pós-consumo como fator estratégico e sustentável dentro das organizações**. Revista Eletrônica Intellectus, Ano 8,n.20, 2012. Disponível em: < <http://goo.gl/BH6YXm>>. Acesso em 17 de maio de 2016.

FIRJAN. **Manual de conservação e reuso da água na indústria**. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: < <http://firjan.org.br> >. Acesso em: 16 junho 2016.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. PLAGEDER, 2009.

GUARNIERI, Patrícia. **Logística Reversa: em busca do equilíbrio econômico e ambiental**. Recife: Clube de Autores, 2011.

GUIVANT, J. S. e JACOBI, P. **Da hidro-técnica à hidro-política: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil**. Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas, n. 43, junho. 2003.

HESPANHOL, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos**. São Paulo: RBRH, v.7, n.4, 2002, p.75-95. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgecv3/UserFiles/Sumarios/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

HU, Tung-Lai; SHEU, Jiuh-Biing; HUANG, Kuan-Hsiung. A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 38, n. 6, p. 457-473, 2002.

KOPICKI, Ronald et al. **Reuse and Recycling-Reverse Logistics Opportunities**. O.Brooks: CLM,1993.

LACERDA, Leonardo. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, p. 6, 2002.

LEITE, A. M. F. *Reúso de água na gestão integrada de recursos hídricos*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Brasília, Planejamento e Gestão Ambiental, 2003.

LIMA, Maurício Pimenta. **O custeio do transporte rodoviário**. Artigos CEL-Coppead/UFRJ, 2001.

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2ªed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MALINOWSKI, A. **Aplicação de metodologia para a estruturação de diretrizes para o planejamento do reúso de água no meio urbano**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, 2006.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; DOS SANTOS, Hilton Felício. **Reuso de água**. Editora Manole Ltda., 2003.

MUELLER, Carla Fernanda. **Logística Reversa Meio Ambiente e Produtividade**. Grupo de Estudos Logísticos-UFSC, Florianópolis, 2005.

MIERZWA, J.C., HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reuso**. São Paulo, Oficina de Textos, 2005. 143p.

MIERZWA, J. C. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: estudo de caso da Kodak Brasileira**. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Universidade de São Paulo. Escola Politécnica, 2002.

MONTOYA, Claudia Cecilia Penã et al. **La logística de reversa y su relación con la gestión integral y sostenible de residuos sólidos en sectores productivos**. Cali, Colombia: Entramado: v. 9, n. 1, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-38032013000100015&script=sci_arttext>. Acesso em: 10/05/2016.

OLIVEIRA FILHO, G. R. **A crise da água na região metropolitana de São Paulo em 2014 e a ineficiente gestão dos recursos hídricos**. CES Revista, v. 29, n. 1, p. 5-20, 2015.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/02/onu-divulga-alerta-mundial-sobre-efeitos-da-escassez-de-agua.html>>. Acesso em 07/05/2016.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <http://www.ecolnews.com.br/direitos_da_agua.htm>. Acesso em 07/05/2016.

PASCHOALATO, C. F. P. R.; MELLIS, G. V.; CIRINO, T. M. A. **O Enquadramento legal específico para o reuso de águas residuais de ETE frente ao CONAMA 20**. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 29. 2004, Paraná.

PEREIRA, Priscila Lazzarini. **Logística Reversa na Mercedes –Benz Juiz de Fora**. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010. Disponível em: <<http://goo.gl/PW5W60>>. Acesso em 07/05/2016.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Orgs.). *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006.

ROGERS, D. S; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reno: Universidade de Nevada, 1999. Disponível em: <<http://www.rlec.org/reverse.pdf>>. Acesso em: Acesso em 07/05/2016.

RAPOPORT, B. **Água cinza: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominal**. Dissertação (Mestrado) - Fundação Osvaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública, 2004. ROGERS, D. S; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reno: Universidade de Nevada, 1999. Disponível em: <<http://www.rlec.org/reverse.pdf>>. Acesso em: Acesso em 07/05/2016.

ROY, P. *et al.* **A review of life cycle assessment (LCA) on some food products.** Journal of Food Engineering, v.90, p.1-10, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877408002793>>. Acesso em 07/05/2016.

ROSA, R. S.; MESSIAS, R. A.; AMBROZINI, B. **Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável.** São Carlos: USP, 2003. 56p. Disponível em: <<http://goo.gl/RXL8Mg>>. Acesso em 07/05/2016.

SADALA, M. L. A. **A Fenomenologia** como método para investigar a experiência vivida: uma perspectiva do pensamento de Husserl e de Merleau Ponty. FM Botucatu/UNESP. Anais do II Seminário Internacional de Pesquisa e Estudos Qualitativos Sociedade de Estudos e Pesquisas Qualitativos, Bauru, 2004.

SETTI, A. A. **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais.** In: SILVA, Demétrius David da; PRUSKI, Fernando Falco (Ed). *Gestão de Recursos Hídricos.* Brasília: DF: Editora UFV, 2000.

VIVACQUA, M.C.R. **Qualidade da água do escoamento superficial urbano: revisão visando o uso local.** Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Pós-Graduação em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

XAVIER, Lúcia Helena; CORRÊA, Henrique Luiz. **Sistema de Logística Reversa: criando cadeias de suprimento sustentáveis.** São Paulo: Atlas, 2013.

XIU, Guoyi; CHEN, Xiaohua. **Research on Green Logistics Development at Home and Abroad.** China: JOURNAL OF COMPUTERS, 2012, v. 7, n.11, p. 2765 – 2772. Disponível em: <<http://ojs.academypublisher.com/index.php/jcp/article/view/jcp071127652772>>. Acesso em 07/05/2016.

ARTIGO CIENTÍFICO 2 – REÚSO DE ÁGUA E LOGÍSTICA REVERSA: O CASO DA EMPRESA TRANSFORMA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS

Ricardo José Leal de Medeiros – IFFluminense/PPEA

Marcos Antonio Cruz Moreira – IFFluminense/PPEA

RESUMO

O acelerado processo de urbanização e industrialização gerou conflitos e desequilíbrios entre oferta e demanda de recursos hídricos. Uma das possíveis soluções para a este impasse é o reúso das águas residuais. A Transforma gerenciamento de Resíduos produz água de reúso. Este trabalho apresenta o estudo de viabilidade técnica e econômica do fluxo reverso do efluente tratado a partir da sua caracterização, definição de seus possíveis usos, do diagnóstico dos geradores de efluentes e do custo operacional do frete.

Palavras-chave: Água. Efluente. Reúso. Reciclagem. Logística reversa.

Water reuse and reverse logistic: the case of Transforma Gerenciamento de Resíduos

ABSTRACT

The accelerated process of urbanization and industrialization has produced conflicts and imbalances between water resources supply and demand. A possible solution for this issue is the reuse of wastewater. The company under study produces reusable water. This work presents the technical and economic feasibility study of the reverse flow of the treated effluent. It relies on wastewater characterization, definition of its possible uses, the diagnosis of the effluent generators and the operational cost of freight.

Key words: Water. Effluent. Reuse. Recycling. Reverse logistic

1. INTRODUÇÃO

O uso dos recursos naturais acima da capacidade da Terra está se tornando um dos principais desafios do século XXI. É um problema tanto ecológico quanto econômico. Países

com déficits de recursos e baixa renda são ainda mais vulneráveis. Até mesmo países de renda *per capita* alta, que têm a vantagem financeira de se bloquearem dos impactos mais diretos da dependência de recursos, devem saber que uma solução a longo prazo precisa abordar essas dependências antes que se transformem em uma situação de crise econômica (WACKERNAGEL, 2014).

Segundo SOLÍS (2001), a disponibilidade hídrica é determinada pelas limitações temporais e espaciais que têm os regimes hídricos de cada bacia hidrográfica. O autor relaciona a disponibilidade hídrica aos seguintes fatores:

- a concentração e o crescimento da demanda em zonas onde a oferta de água é limitada;
- a oferta hídrica natural e a regularidade hídrica, que influenciam na disponibilidade da água em quantidade e distribuição no espaço e tempo; e
- a deterioração da qualidade da água por sedimentos e contaminação. Em termos quantitativos, o total de água doce disponível no planeta é superior ao consumido pela população. No entanto, sua distribuição desigual faz com que a água não atinja às necessidades da população mundial. Em regiões onde a concentração populacional é grande, como a Ásia, ou em regiões onde não há muita disponibilidade de água, como a Europa, a situação é mais preocupante.

No Brasil observam-se ainda regiões em que a despeito da elevada disponibilidade natural de água, a intensa e desordenada ocupação do território tem gerado conflitos pelo seu uso em face especialmente de questões associadas à qualidade requerida para determinados usos. É o caso das regiões hidrográficas do Paraná e Uruguai, dos altos cursos dos rios Tocantins e São Francisco, além de boa parte das regiões hidrográficas do Atlântico Sudeste e Sul, onde os conflitos pelo uso da água envolvem, essencialmente, problemas de poluição ou de consumo excessivo de água para irrigação (BRAGA *et al.*, 2008).

Até recentemente, a escassez hídrica no Brasil atingia unicamente a região nordestina, entretanto, nos anos de 2014 e 2015 passou a atingir estados da região Sudeste densamente povoados e pouco habituados com manejos de conservação e aproveitamento da água. Esta questão teve a contribuição do desmatamento dos biomas terrestres regionais e deterioração dos biomas aquáticos regionais impulsionados pelo avanço da urbanização que incorpora áreas de mananciais. Além disso, o processo de urbanização acompanhado do aumento da poluição atmosférica e desmatamento permitiu a formação de ilhas de calor, desta forma aumentou-se a temperatura dos microclimas desprovidos de nebulosidades, devido a diminuição (entre 2014 e 2015) das massas de ar frio formadoras de chuvas. A queda dos volumes pluviométricos faz diminuir a diluição de efluentes agrícolas e domésticos não tratados que atingem os reservatórios, permitindo um processo acelerado de eutrofização. Esses efluentes são compostos de nitrogênio e fósforo responsáveis pela formação de cianobactérias, que liberam substâncias tóxicas e impedem a entrada de luminosidade nas camadas profundas do reservatório suprimindo grande parte do oxigênio que mantem o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos. Tais intercorrências resultaram na diminuição do aporte hídrico dos reservatórios e no aumento da poluição dos recursos hídricos da região Sudeste (ALMEIDA, 2002).

Nesse sentido, REBOUÇAS *et al.* (2006) afirma que, apesar da disponibilidade hídrica no Brasil, em geral, apresentar números satisfatórios, os problemas de abastecimento ocorrem em função do alto crescimento de demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas, além disso, a demanda por recursos hídricos vem se aproximando rapidamente da oferta e, no Brasil, as falhas na gestão dos recursos hídricos potencializam este problema (PERES, 2003). Diante desse quadro, a adoção de práticas de uso racional e de reúso da água se fazem necessárias, principalmente em setores "hidrointensivos" como a indústria do petróleo.

Em 1997 a gestão dos recursos hídricos ganhou força com a instituição da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) pela Lei nº 9.433. A partir deste marco regulatório a água passa a ser considerada como um bem de domínio público, um recurso natural limitado e dotado de valor econômico. É instituída a cobrança pelo uso da água, seja nas captações assim

como para os lançamentos em corpos hídricos. Segundo PERES (2003), “a expectativa com a PNRH é que as ações de gerenciamento através do sistema de outorga e fiscalização, complementado por incentivos econômicos, e o gerenciamento participativo mantenham o consumo efetivo equilibrado com a disponibilidade de água. Com a demanda sempre crescente, os setores usuários serão então pressionados a racionalizar o uso da água”.

Além do crescente consumo e da má distribuição das águas pelas regiões, as perdas provocadas pelo mau uso dos recursos hídricos e, principalmente, pelas consequências da ação humana, constituem os principais problemas da questão da água, o que faz com que a qualidade de grande parte da água doce se torne imprópria para diversos usos.

A gravidade dessa situação reside no fato de que “se a escassez quantitativa de água constitui fator limitante ao desenvolvimento, a escassez qualitativa engendra problemas muito mais sérios à saúde pública, à economia e ao meio ambiente em geral” (REBOUÇAS *et al.*, 2006).

Segundo TUNDISI (2003), as principais atividades humanas que causam impacto quantitativo e qualitativo nos recursos hídricos, ou seja, que alteram o ciclo hidrológico e a qualidade da água, são dentre outros:

- Urbanização e despejos de esgoto sem tratamento;
- Desvio de rios e construção de canais;
- Mineração;
- Construção de represas;
- Atividades industriais;
- Agricultura;
- Pesca e piscicultura;
- Disposição de resíduos sólidos (lixo urbano);
- Desmatamento nas bacias hidrográficas.

Ainda de acordo com o autor, esse conjunto de ações tem por consequência os seguintes impactos:

- Eutrofização;
- Aumento do material em suspensão e assoreamento de rios, lagos e represas;
- Perda da diversidade biológica;
- Alterações no ciclo hidrológico e no volume dos reservatórios, rios e lagos;
- Alterações na flutuação de nível dos rios e nas áreas de inundação;
- Contaminação dos aquíferos;
- Aumento da toxicidade das águas e sedimentos;
- Perda da capacidade tampão (pela remoção de áreas alagadas e florestas ripárias);
- Expansão geográfica de doenças de veiculação hídrica;

A degradação da qualidade da água é consequência direta da sua utilização pelo homem, seja para consumo pessoal, uso doméstico ou atividades industriais. Tal utilização tem como resultado uma grande quantidade de resíduos líquidos, os quais voltam novamente aos corpos hídricos, causando poluição (MOTA, 2003).

A poluição pode se dar em duas formas: de forma pontual, onde os poluentes atingem o corpo d’água de forma concentrada no espaço (como por exemplo o lançamento dos efluentes de uma indústria em um rio); ou de forma difusa onde os poluentes chegam ao corpo d’água ao longo de sua extensão (SPERLING, 1996).

Um programa de controle de poluição pode compreender ações de caráter preventivo ou corretivo. Nesse sentido, a reutilização da água por uma ETE – estação de tratamento de efluentes – pode ser considerada uma ação preventiva de combate à poluição, uma vez que

contribui para a diminuição da quantidade de efluentes despejados nos corpos d'água, além de contribuir para a melhoria da qualidade dos mesmos.

Como medida de caráter preventivo, cita-se a instituição de padrões de qualidade de água correspondentes aos usos pretendidos para a mesma e de padrões de lançamento de efluentes para a manutenção dessa qualidade. No Brasil, tais padrões estão previstos na Resolução CONAMA nº 357/05.

Em relação aos impactos negativos na qualidade dos recursos hídricos, PERES (2003) aponta para “a necessidade da redução da carga poluente lançada nos corpos de água, independentemente de as concentrações dos poluentes presentes nos efluentes industriais estarem ou não dentro dos limites estabelecidos pelos dispositivos legais em vigor.

Reduzir a carga de poluentes lançados significa adotar medidas de reciclagem do efluente final ou de redução da geração de poluentes. A lógica vigente de tratar os efluentes de modo a enquadrar a sua qualidade nos padrões de lançamento da legislação deve ser revista, pois o setor industrial será instado, em curto prazo, a adotar princípios de gestão de efluentes e recursos hídricos baseados nos fundamentos da racionalização do uso da água, da reciclagem e até mesmo da prevenção da poluição”.

De acordo com a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (*U.S. Environmental Protection Agency - EPA*), muitas comunidades ao redor do mundo estão se aproximando, ou já alcançaram seus limites de suprimento de água disponível. Nesse cenário, o reúso da água pode representar uma alternativa para o lançamento de efluentes, bem como promover a redução da poluição.

Os fatores que mais impulsionam a adoção de práticas de reúso são (EPA, 2004):

- Crescimento da demanda de água para sustentar as indústrias e o crescimento da população;
- Escassez de água e secas em determinadas regiões do planeta;
- Proteção e melhoria do meio ambiente, em conjunto com as necessidades de gerenciamento dos efluentes líquidos;
- Fatores socioeconômicos, tais como novas regulamentações, preocupação com a saúde, políticas públicas e incentivos econômicos; e
- Proteção da saúde pública, principalmente em países com pouco acesso à água limpa.

Nos EUA o reúso de água em refinarias já é uma realidade e apesar da sua não obrigatoriedade legal, o país conta com muitos instrumentos e incentivos para sua prática. Além disso, a maioria dos estados já prevê o reúso no seu ordenamento legal, além de contarem com diversas publicações, federais e estaduais, que orientam os usuários da água sobre as melhores formas para sua conservação e reúso.

No Brasil, a aparente abundância dos recursos hídricos acabou por criar o hábito da não conservação deste recurso. As práticas de uso racional de água e de reúso começam devagar a figurar no cenário nacional, principalmente após a instituição da PNRH.

Recentemente a Resolução nº 54/05 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) regulamentou o reúso, mas esta ainda não é uma técnica muito difundida. No entanto, a legislação atual de recursos hídricos prevê diversos instrumentos de gestão que podem auxiliar na sua implementação.

No final dos anos 70 a economia da região Norte do Estado do Rio de Janeiro começou a se expandir fortemente com a implantação da indústria de exploração e produção do petróleo na Bacia de Campos. Com a chegada da Petrobras, instalando sua sede na cidade de Macaé, o município e todo seu entorno passaram a sofrer as consequências dessa nova fase de crescimento econômico, transformando de forma significativa o ambiente social, político e a produção de riqueza local.

É notório que esse novo ciclo econômico vem trazendo consequências positivas na geração de emprego e renda para a população, novas oportunidades de negócios e atraindo novos investimentos públicos e privados. Mas traz a reboque, por outro lado, consequências socioambientais negativas que impactam diretamente na ocupação desordenada do solo, afetam a flora e a fauna de suas florestas, restingas e lagoas costeiras além da poluição de rios e praias da região (BINSZTOK E RAMOS 2011).

Relatório de situação da bacia da região hidrográfica VIII- Ano I, 2012/2013, divulgado pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos Rios Macaé e Ostras – CBH – Macaé e Ostras, aponta que 41% da demanda hídrica do município de Macaé é para uso industrial. O mesmo relatório apresenta as demandas hídricas estimadas para a RH VIII distribuídas por município e por finalidade de uso. Segundo esta estimativa a indústria é responsável por 52% da demanda de água da bacia, seguida do uso humano e da irrigação, entre usos de menor expressão quantitativa (CBH – MACAÉ e OSTRAS, 2016), o que evidencia a relevância do setor industrial da região de Macaé, quando se compara o parâmetro demanda ou retirada de água da bacia para uso no setor. Enquanto a demanda global na indústria é de 19%, no Brasil 17%, na região de Macaé no setor industrial representa 52% da demanda total.

No final dos anos 90 a flexibilização do regime brasileiro de atividade petrolífera, traduzido numa alteração notável do antigo monopólio da Petrobras o que provocou a chegada de numerosas empresas nacionais e estrangeiras, atuando neste ramo, sejam unidades de exploração dos blocos *offshore* leiloados pela ANP, sejam estabelecimentos de serviços industriais subcontratantes das primeiras empresas, ou ainda estabelecimentos fornecedores de bens e serviços necessários ao funcionamento da cadeia (FAURÉ, 2008).

É possível considerar dois períodos marcantes no processo de mudanças no desenvolvimento de Macaé: um, que vai de meados de 1970 a 1996 – início e fase de adaptação ao novo modelo econômico industrial – e outro, que vai de 1997 a 2010 – grande expansão urbana e aumento de investimentos de capital.

Com o novo marco regulatório do setor introduzido nos anos 90, a PETROBRAS em face da concorrência internacional e dos novos parâmetros legais, tecnológicos e ambientais, aumenta o fluxo de seus investimentos e cria mecanismos de controle para a participação de empresas prestadoras de serviços e de exigências na formalização de contratos com os seus fornecedores em geral. Esses controles se processam através do Cadastro Corporativo e do Registro Local.

Segundo Dias (2011), em ambos são feitas uma série de exigências que englobam critérios técnicos, financeiros, jurídicos e de gestão ambiental e segurança. A posse dos certificados de cadastramento (Certificado de Registro e Classificação Cadastral - CRCC, principalmente) se tornou um selo que aumenta as possibilidades de contratos com outras grandes empresas, visto que muitas delas utilizam os cadastros da Petrobras como exigência para contratação.

Esse modelo de certificação foi prontamente adotado pela maioria das grandes empresas, constituindo-se em um “padrão de conformidade” para realização de contratos no âmbito do mercado petrolífero local, ainda de acordo com Dias (2011), esse tipo de exigência, utilizada tanto pelas outras operadoras como pela Petrobras, serve para qualificar suas redes fornecedoras e de transformar as empresas fornecedoras de bens e serviços, principalmente no que tange ao atendimento aos requisitos legais e em especial à legislação aplicável à gestão dos resíduos gerados pela então pujante indústria na capital nacional do petróleo.

Neste contexto de criação e surgimento de novos empreendimentos e atividades inovadoras no robusto, porém competitivo e exigente mercado da indústria do petróleo, foi constituída e iniciou suas atividades no ano de 2003 a empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos.

Atualmente estabelecida na propriedade rural denominada Fazenda Boa Esperança, às margens da Rodovia BR 101, Km 172,8 – Córrego do Ouro – Macaé – RJ, com área total de 836.644 m², sendo 213.458 m² destinados à reserva legal, com cobertura florestal em estágio médio de regeneração e 122.805 m² de Áreas de Preservação Permanente – APP.

Figura 01 – Visão geral da empresa



Fonte: TRANSFORMA, 2015.

Sua planta industrial ocupa 72.645 m², a empresa está licenciada pelos órgãos competentes e certificada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABTN, a operar as atividades de coleta, transporte, armazenamento temporário, beneficiamento, inclusive “blendagem” (tecnologia que consiste na mistura de resíduos compatíveis, proporcionando um produto alternativo para ser usado como combustível e matéria prima na indústria cimenteira) de resíduos classe I – perigosos e classe II – não perigosos; tratamento físico, químico, biológico, filtração e osmose reversa de efluentes industriais e sanitários.

O beneficiamento consiste na valorização dos resíduos através dos processos de “blendagem”, tratamento de efluentes industriais e sanitários, beneficiamento de lâmpadas, compostagem e britagem dos resíduos classe A da construção civil, criando assim uma cadeia produtiva cujo resultado concreto é a melhora do ambiente.

A Estação de Tratamento de Efluentes – ETE tem capacidade instalada para tratar 3,30 m³ por hora ou 2.376 m³ por mês, produz atualmente em média 1.115 m³ de efluente industrial tratado e 552 m³ de efluente sanitário tratado, com produção média mensal de 1.667 m³ de água de reúso.

Figura 02 – Estação de Tratamento de Efluentes - ETE



Fonte: TRANSFORMA, 2015.

Sperling (1996) afirma que devemos entender a estação de tratamento de efluentes como uma indústria, transformando uma matéria prima (efluente bruto) em um produto final, água de reúso. Ainda segundo o autor todos os cuidados, como otimização e qualidade dos serviços das indústrias modernas devem estar presentes na indústria de tratamento de efluentes.

O fluxo reverso dos efluentes tratados na Estação de Tratamento de Efluentes - ETE, da Transforma Gerenciamento de Resíduos para reúso, é uma possibilidade e a concretização desta hipótese, trará desenvolvimento econômico, social e ambiental. Ao viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo produtivo, os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos de desenvolvimento sustentável, ecoeficiência, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o reconhecimento do resíduo reutilizável e reciclável como bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania; estarão sendo cumpridos pela empresa que tem papel social de cidadania e responsabilidade corporativa, melhorando sua imagem no mercado, obtendo benefícios pela recaptura do valor econômico do resíduo e protegendo sua margem de lucro empresarial.

Busca-se com este artigo validar a hipótese da viabilidade técnica, operacional, econômica e financeira da reutilização do efluente tratado (água de reúso), associado à logística reversa no caso da Transforma Gerenciamento de Resíduos a partir de sua caracterização (com base nos laudos das análises laboratoriais, parâmetros físicos, químicos e microbiológicos); do diagnóstico dos geradores de efluentes (potenciais consumidores de água de reúso), tendo como base os dados obtidos como resultado da aplicação de questionário próprio; da definição do custo operacional do fluxo reverso do efluente tratado (carregamento, transporte e descarga da água de reúso), da pesquisa documental e bibliográfica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção são investigados através de revisão da literatura e documental, normativas, conceitos, práticas e aspectos legais considerados relevantes ao objeto trabalho.

2.1-Classificação e destaques de reúso de água

A Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES (2015) classificou o reúso de água em duas grandes categorias: potável e não potável.

Reúso potável:

- . Reúso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- . Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reúso não potável:

Este tipo de reúso apresenta um potencial muito amplo e diversificado. Por não exigir níveis elevados de tratamento, vem se tomando um processo viável economicamente e, conseqüentemente, com rápido desenvolvimento.

- . Reúso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratica essa modalidade de reúso via de regra haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo principal dessa prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc., e plantas não alimentícias tais como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para dessedentação de animais.
- . Reúso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo para utilização em caldeiras, etc.
- . Reúso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.
- . Reúso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- . Reúso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carregadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- . Aguacultura ou aquicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- . Reúso para recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

O papel de reúso como recurso hídrico sustentável está crescendo ao redor do mundo, incluindo o reúso potável, através de exemplos de projetos que foram implementados. O potencial de reúso de água se apresenta como solução emergencial e por vezes, estrutural. O reúso é geralmente uma solução estrutural nascida das crises hídricas, embora já tenha sido uma solução emergencial em certas circunstâncias.

Dentre os fatores de sucesso que se repetem inclui-se a necessidade clara para o recurso natural - água, comprometimento dos líderes do projeto e dos parceiros, qualidade e informação ao público. O Brasil de hoje apresenta algumas das condições que fazem do reúso de água uma solução viável (como uma parte de um conjunto de soluções de gestão de recursos hídricos que deve ser aplicado), sendo importante definir e apoiar os melhores próximos passos (incluindo do ponto de vista de políticas públicas, das regulamentações, e da informação ao público). Nos EUA, a Associação *WaterReuse* teve um papel importante no desenvolvimento do reúso de água que poderia ser o papel da ABES no Brasil (ABES, 2015).

O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior. Essa prática, atualmente muito discutida, posta em evidência e já utilizada em alguns países é baseada no conceito de *substituição de fontes*. Tal substituição é possível em função da qualidade requerida para um uso específico. Dessa forma, grandes volumes de água potável podem ser poupados pelo reúso quando se utiliza água de qualidade inferior (geralmente efluentes tratados) para atendimento das finalidades que podem prescindir desse recurso dentro dos padrões de potabilidade.

A tabela 1 mostra os diversos tipos de reúso de água que têm sido empregados em países industrializados, geralmente usos não potáveis. Com referência ao reúso potável direto, em que a água residuária tratada é disponibilizada em um sistema público de abastecimento, temos um exemplo clássico deste tipo de reúso de água com fins de potabilização na cidade de Windhoek - capital da Namíbia, onde vem sendo realizado, com sucesso, desde 1968 (LEITÃO, 1999).

Tabela 1 - Tipos de Reúso de Água

Tipos de reúso	Aplicações
Irrigação paisagística	Parques, cemitérios, campos de golfe, faixas de domínio de autoestradas, <i>campi</i> universitários, cinturões verdes, gramados residenciais
Irrigação de campos para cultivos	Plantio de forrageiras, plantas fibrosas e de grãos, plantas alimentícias, viveiros de plantas ornamentais, proteção contra geadas
Usos industriais	Refrigeração, alimentação de caldeiras, lavagem de gases, água ,de processamento
Recarga de aquíferos	Recarga de aquíferos potáveis, controle de recalques de subsolo
Usos urbanos não-potáveis	Irrigação paisagística, combate ao fogo, descarga em vasos sanitários, sistemas de ar condicionado, lavagem de veículos, lavagem de ruas e pontos de ônibus, etc.
Finalidades ambientais	Aumento de vazão em cursos de água, aplicação em pântanos, terras alagadas, indústrias de pesca
Usos diversos	Aquicultura, fabricação de neve, construções, controle de poeira, dessedentação de animais

Fonte: LEITÃO, 1999.

Hespanhol (1999) destaca três potenciais de reúso não potável: urbano, agrícola e industrial. Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados

como a primeira opção de reúso na área urbana. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com a água reutilizada. Os maiores potenciais desse processo são os que empregam efluentes tratados para:

- . Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos em avenidas e rodovias.
- . Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais.
- . Reserva de proteção contra incêndios.
- . Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas-d'água.
- . Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais.
- . Lavagem de ruas, trens e ônibus públicos.

Alguns dos usos citados requerem distribuição em caminhões como lavagem de ruas, por exemplo, enquanto para outros são necessários sistemas separados de distribuição, o que a literatura designa como *sistemas duplos*. Dentre as restrições e problemas associados ao reúso urbano para fins não potáveis são, principalmente, os custos elevados do transporte rodoviário, assim como dos sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novas fontes para o abastecimento.

2.2-Normas, critérios e padrões

As normas e critérios de qualidade da água variam dependendo do tipo de reúso e, geralmente, dependendo do país e até dos estados. Nos EUA, por exemplo, a *United States Environmental Protection Agency* (US EPA) publicou em 2004 diretrizes para nível de tratamento e critérios de qualidade de água para vários tipos de reúso (US EPA, 2004); mas cada estado geralmente tem adotado normas e critérios de qualidade de água específicos. As normas e critérios de qualidade de água de reúso mais difundidos são os adotados na Califórnia e conhecidos como “Title 22” (*California Code of Regulations*, 2015). Adotar normas e critérios comuns a todos os estados está sendo considerado há alguns anos, mas ainda está sujeito a debate. A Organização Mundial pela Saúde também publicou diretrizes para nível de tratamento e critérios de qualidade de água para vários tipos de reúso (WHO, 2006).

De acordo com a ABES (2015) as normas vão de menos restritas para mais restritas para as diversas aplicações, considerando as categorias principais: reúso agrícola para produtos não-comestíveis; reúso ambiental; reúso industrial; reúso recreacional com restrições; reúso municipal em áreas restritas; reúso municipal em áreas públicas; reúso recreacional sem restrições; reúso agrícola para produtos comestíveis; reúso potável, incluindo reabastecimento de aquíferos.

Apesar de a utilização racional e integrada dos recursos hídricos ser um dos objetivos da PNRH (art. 2º, II), a Lei não prevê o reúso da água como instrumento da Política.

Atualmente no Brasil, o único diploma legal que trata especificamente do reúso é a Resolução CNRH nº 54/05, que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. De acordo com a referida resolução, “o reúso de água se constitui em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos”.

A citada resolução prevê as seguintes modalidades de reúso direto não potável de água (art. 3º):

- Reúso para fins urbanos: utilização de água de reúso para fins de irrigação paisagística; lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- Reúso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- Reúso para fins ambientais: utilização de água de reúso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- Reúso para fins industriais: utilização de água de reúso em processos, atividades e operações industriais; e
- Reúso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

A edição da referida resolução, no entanto, não significa que a implantação do reúso de água se dará de forma imediata, pois ela ainda carece de regulamentação na maioria dos seus pontos. Um exemplo disso é o §2º do artigo 3º, que dispõe que “as diretrizes, critérios e parâmetros específicos para as modalidades de reúso definidas nos incisos deste artigo serão estabelecidos pelos órgãos competentes”.

A resolução remete aos órgãos integrantes do Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos - SIGRH ao dispor sobre a competência para avaliar os efeitos sobre os corpos hídricos decorrentes da prática do reúso e estabelecer instrumentos regulatórios e de incentivo para as diversas modalidades de reúso (art. 4º). Especificamente em relação aos comitês de bacia, estes deverão incentivar o reúso através da cobrança pelo uso dos recursos hídricos (art. 8º, I). Dispõe também que os Planos de Recursos Hídricos deverão contemplar, entre os estudos e alternativas, a utilização de águas de reúso e seus efeitos sobre a disponibilidade hídrica (art. 6º).

Segundo FINK e SANTOS (2003), da análise da referida resolução, podemos dizer que um passo importante foi dado, no sentido de ter trazido a prática do reúso para o ordenamento jurídico brasileiro, no entanto, ainda nos faltam mecanismos que possibilitem sua efetiva implementação. A falta de preocupação específica com a disciplina jurídica do reúso de água pode dar a impressão de que, para o legislador brasileiro, depois de utilizadas as águas, seu descarte na forma de efluentes é um problema secundário.

Contudo é importante destacar que a gestão de recursos hídricos na atual legislação brasileira possui princípios e instrumentos que não só incentivam o reúso da água como forma de utilização racional e de preservação ambiental como possibilitam sua prática.

A necessidade de racionalização do uso da água como garantia da manutenção desse recurso também está presente em diversos dispositivos da PNRH. Além da racionalização do uso da água, a PNRH possui diversos instrumentos capazes de incentivar a adoção de outras formas de uso da água, que não o uso primário (FINK e SANTOS,2003).

Afirmam ainda os autores que a classificação das águas é outro instrumento utilizado pela PNRH intimamente ligado ao reúso. Isto porque se o reúso é o reaproveitamento de águas já utilizadas, qualquer utilização que não seja primária constitui reúso. Assim, classes inferiores de águas podem ser chamadas de águas para reúso, e ressaltam os autores ainda que se as águas comportam classes definidas segundo os usos preponderantes, o reúso é levado em consideração para estabelecer tais classes. Assim, a classificação das águas tem por objetivo assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas (art. 9º, I); diminuir os custos do combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (art. 9º, II) - inclusive por meio de reúso; e determinar a possibilidade de utilizações menos exigentes por meio de reúso.

De acordo com a Resolução Nº 357/2005 a classificação das águas doces, salobras e salinas é essencial a defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes. A resolução também considera que

o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade, assim como à saúde e o bem-estar humano, bem como ao equilíbrio ecológico aquático, que não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas.

Considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água, a citada resolução dispõe, conforme Art. 1º, sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, estabelecendo os usos permitidos, as condições e padrões de lançamento de efluentes. Na Tabela 02 estão relacionadas as classes de água superficiais e seus possíveis usos e destinações.

Tabela 02 – Classificação dos corpos de água superficiais

Classes	Usos permitidos
1 - Águas doces	Águas destinadas ao:
I – Classe especial	Abastecimento para consumo humano; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
II – Classe 1	Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; Recreação de contato primário, tais como natação; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas; Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
III – Classe 2	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário, tais como natação; Irrigação de hortaliças e de frutas que são consumidas cruas; Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; Aqüicultura e a atividade de pesca.
IV – Classe 3	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; Recreação de contato secundário; Dessedentação de animais.
V – Classe 4	Navegação; Harmonia paisagística.
2 - Águas salinas	
I – Classe especial	Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
II – Classe 1	Recreação de contato primário, Proteção das comunidades aquáticas; Aqüicultura e a atividade de pesca.
III – Classe 2	Pesca amadora; Recreação de contato secundário.

IV – Classe 3	Navegação; Harmonia paisagística.
2 - Águas salobras	
I – Classe especial	Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral; Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.
II – Classe 1	Recreação de contato primário, Proteção das comunidades aquáticas; Aquicultura e a atividade de pesca. Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, e a irrigação de parques, jardins, campos de práticas esportivas. Esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto.
III – Classe 2	Pesca amadora; Recreação de contato secundário.
IV – Classe 3	Navegação; Harmonia paisagística.

Fonte: CONAMA, 2005.

O Art. 7º da Resolução 357/2005 estabelece os padrões de qualidade das águas estabelecendo os limites individuais para cada substância ou parâmetro para cada classe de água, conforme Tabelas 03, 04 e 05. Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Tabela 03 – Padrão de qualidade para Águas Doces

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Valores máximos permitidos mg/L				
Parâmetros				
Alumínio	0,1	0,1	0,2	0,2
Chumbo	0,01	0,01	0,033	0,033
Cobre	0,009	0,009	0,013	0,013
Cromo	0,05	0,05	0,05	0,05
DBO	3	5	10	10
Fenóis Totais	0,003	0,003	0,01	1
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	5
Fósforo Total	0,1	0,1	0,15	0,1
Fosforo total (ambiente lântico)	0,02	0,03	0,05	0,05
Manganês	0,1	0,1	0,5	0,5
Surfactantes (com LAS)	0,5	0,5	0,5	0,5
Nitrogênio Total (ambiente lântico)	1,27	1,27	10	10
Nitrogênio Total (ambiente lótico)	2,18	2,18	10	10
Óleos e Graxas Totais	0	0	0	< 5

PH (a 25°C)	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Sólidos suspenso totais	500	500	500	500
Zinco Total	0,18	0,18	5	5
Coliformes Termotolerantes	200	1.000	2.500	2.500
Cloreto	250	250	250	250

Fonte: CONAMA, 2005.

Tabela 04 – Padrão de qualidade para Águas Salinas

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Valores máximos permitidos mg/L				
Parâmetros				
Alumínio	1,5	1,5	1,5	-
Chumbo	0,01	0,21	0,21	-
Cobre	0,005	0,0078	0,0078	-
Cromo	0,05	1,1	1,1	-
DBO	-	-	-	-
Fenóis Totais	0,06	0,06	0,06	-
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	0,3	-
Fósforo Total	0,062	0,093	0,093	-
Manganês	0,1	0,1	0,1	-
Surfactantes (com LAS)	0,2	0,2	0,2	-
Nitrogênio Amoniacal Total	0,4	0,7	0,7	-
Óleos e Graxas Totais	-	-	< 5	-
PH (a 25°C)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	-
Zinco Total	0,09	0,12	0,12	-
Coliformes Termotolerantes	1.000	2.500	4.000	-
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01	0,019	0,01	-

Fonte: CONAMA, 2005.

Tabela 05 – Padrão de qualidade para Águas Salobras

	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Valores máximos permitidos mg/L				
Parâmetros				
Alumínio	0,1	1,5	1,5	-
Chumbo	0,01	0,21	0,21	-
Cobre	0,005	0,0078	0,0078	-
Cromo	0,05	1,1	1,1	-

DBO	-	-	-	-
Fenóis Totais	0,003	0,003	0,06	-
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	0,3	-
Fósforo Total	0,124	0,186	0,093	-
Manganês	0,1	0,1	0,1	-
Surfactantes (com LAS)	0,2	0,2	0,2	-
Nitrogênio Amoniacal Total	0,4	0,7	0,7	-
Óleos e Graxas Totais	0	< 5	< 5	-
PH (a 25°C)	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5	5 a 9	-
Zinco Total	0,09	0,12	0,12	-
Coliformes Termotolerantes	1.000	2.500	4.000	-
Cloro residual total (combinado + livre)	0,01	0,019	0,01	-

Fonte: CONAMA, 2005.

Conforme mencionado anteriormente, as águas do Território Nacional são classificadas em doces, salobras e salinas (Resolução CONAMA N° 357/05), e a gestão dos recursos hídricos recai especificamente sobre as águas doces. Nesse sentido, ao analisar suas cinco classes em função do reúso percebemos que as águas da classe especial são as únicas que não podem ser indicadas para reúso uma vez que são reservadas ao uso primário inicial destinadas “ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral” (art. 4º, I). São, portanto, as águas naturais, tal como encontradas originalmente na natureza, e ainda não utilizadas ou aproveitadas (FINK e SANTOS, 2003).

Em relação às outras quatro classes, ao classificar as águas, a referida resolução já indica e define os usos preponderantes, definindo conseqüentemente, o reúso indireto. Assim, os usos a que as águas das demais classes se destinam serão os mesmos no caso de reúso indireto.

De acordo com SCHOR (2006), “não há uma qualidade pré-estabelecida para a água de reúso”, assim as águas para reúso industrial podem, potencialmente, ser originárias de quaisquer das classes, dependendo do fim a que se destinam.

No que diz respeito ao lançamento de efluentes tratados nos corpos de água, a Resolução CONAMA N° 357/05 estabelece, conforme disposto no Capítulo IV, *Condições e Padrões de Lançamento de Efluentes*, o valor máximo permitido para os parâmetros determinados a serem observados na Tabela 06.

Tabela 06 – Padrão de lançamento de efluentes

Parâmetros	Valores máximos permitidos mg/L
Alumínio	-
Chumbo	0,5
Cobre	1,0
Cromo	0,5
DBO	-
DQO	-
Fenóis Totais	0,5
Ferro Dissolvido	15,0

Ferro	-
Fósforo Total	-
Manganês	1,0
Surfactantes (com o LAS)	-
Nitrogênio Amoniacal Total	20,0
Óleos e Graxas Totais	-
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	20,0
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	50,0
PH (a 25°C)	5 a 9
Sólidos Suspensos Totais	-
Zinco Total	5,0
Coliformes Termotolerantes	-
Coliformes Totais	-
Ovos Viáveis de Helmintos	-
Cloreto	-
Temperatura	40

Fonte: CONAMA, 2005.

O Conselho Nacional do Meio ambiente – CONAMA, no uso de suas atribuições resolve, através da Resolução N° 430, de 13 de maio de 2011 complementar e alterar o disposto na Resolução N° 357/2005, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes, conforme disposto na Tabela 07, que evidencia a correlação e as alterações ocorridas.

Tabela 07 – Padrão de lançamento de efluentes

Parâmetros	Valores máximos permitidos mg/L	
	Resolução 357/2005	Resolução 430/2011
Alumínio	-	-
Chumbo	0,5	0,5
Cobre	1,0	1,0
Cromo	0,5	1,0
DBO	-	Remoção 60% ou 120 mg/L
DQO	-	-
Fenóis Totais	0,5	0,5
Ferro Dissolvido	15,0	15,0
Ferro	-	-
Fósforo Total	-	-
Manganês	1,0	1,0
Surfactantes (com o LAS)	-	-
Nitrogênio Amoniacal Total	20,0	20,0
Óleos e Graxas Totais	-	-
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	20,0	20,0
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	50,0	50,0

PH (a 25°C)	5 a 9	5 a 9
Sólidos Suspensos Totais	-	-
Zinco Total	5,0	5,0
Coliformes Termotolerantes	-	-
Coliformes Totais	-	-
Ovos Viáveis de Helmintos	-	-
Cloreto	-	-
Temperatura	40	40

Fonte: CONAMA, 2005, 2011.

Aprovada pela deliberação CECA – Conselho Estadual de Controle Ambiental do Estado do Rio de Janeiro N° 1007, de 04 de dezembro de 1986 e publicada no DOERJ- Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro de 12 de dezembro de 1986, a norma técnica NT-202.R-10 - Critérios e padrões para Lançamento de Efluentes líquidos, estabelece critérios e padrões para o lançamento de efluentes líquidos, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SLAP. Esta Norma Técnica aplica-se aos lançamentos diretos ou indiretos de efluentes líquidos, provenientes de atividades poluidoras, em águas interiores ou costeiras, superficiais ou subterrâneas do Estado do Rio de Janeiro, através de quaisquer meios de lançamento, inclusive da rede pública de esgotos. A Tabela 08, enumera os limites máximos permitidos para os parâmetros listados.

Tabela 08 – Padrão de lançamento de efluentes estabelecidos na NT-202-R10

Parâmetros	Valores máximos permitidos mg/L	
	NT- 202 – R-10	
Alumínio	3,0	
Chumbo	0,5	
Cobre	0,5	
Cromo	0,5	
DBO	-	
DQO	-	
Fenóis Totais	-	
Ferro Dissolvido	15,0	
Ferro	-	
Fósforo Total	1,0	
Manganês	1,0	
Surfactantes (com o LAS)	2,0	
Nitrogênio Total	10,0	
Óleos e Graxas Totais	-	
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	20,0	
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	30,0	
PH (a 25°C)	5 a 9	
Sólidos Suspensos Totais	-	
Zinco Total	1,0	
Coliformes Termotolerantes	-	

Coliformes Totais	-
Ovos Viáveis de Helminthos	-
Cloreto	-
Temperatura	40

Fonte: CECA, 1986.

Em São Paulo a Sabesp já realiza - e vai ampliar ainda mais - o reúso planejado de água em suas instalações de tratamento de esgotos. Já em 2004, 780 mil metros cúbicos de água são reaproveitados por mês, volume suficiente para abastecer toda a população de um município como Taubaté.

Para o setor industrial, a empresa realiza negócios em torno do reúso da água com sistemas apropriados de distribuição. A reutilização da água apresenta atrativos como menor custo, confiabilidade tecnológica e suprimento garantido. No aspecto qualidade, os riscos inerentes são gerenciados com adoção de medidas de planejamento, monitoramento, controle e sinalização adequados. A Coats Correntes foi a pioneira e, desde 1997, aproveita a água de reúso no tingimento das linhas. A economia chega a 70 mil litros de água por hora (SABESP, 2017).

A qualidade da água de reúso a ser fornecida para os usuários atenderá a um padrão básico definido em função das necessidades indicadas pelo "mercado" a ser abastecido. Assim, essa água será adequada aos processos industriais, principalmente, resfriamento em sistemas semiabertos e a sua qualidade permitirá ainda o uso não potável mais restritivo, de modo a não causar riscos à saúde pública.

A lavagem de veículos faz parte do grupo "urbano mais restritivo". Esse uso requer níveis de qualidade da água de reúso superiores aos outros. Também fazem parte desse grupo: descarga de toaletes, lavagem de pisos, fontes luminosas, espelhos d'água, lavagem de ruas, desobstrução de redes de esgoto, irrigação de parques e jardins e irrigação de vegetais comestíveis (SABESP, 20002).

Dessa forma, são indicadas as características necessárias da água de reúso visando aos referidos usos na Tabela 09

Tabela 09 – Parâmetros de qualidade água de reúso não potável - SABESP

Parâmetros	Valores máximos permitidos mg/L		
	Padrão água industrial (**)	Classe 1 (***)	Classe 2 (****)
Alumínio	0,1	0,1	0,1
Chumbo	-	-	-
Cobre	-	-	-
Cromo	-	-	-
DBO	10	≤ 20	-
DQO	20	-	75
Fenóis Totais	-	-	-
Ferro Dissolvido	-	-	-
Ferro	0,5	0,5	0,5
Fósforo Total	-	-	1
Manganês	0,5	0,5	0,5

Surfactantes (com o LAS)	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	< 1	< 1	< 1
Óleos e Graxas Totais	< 15	< 15	< 15
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	-	-	-
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	-	-	-
PH (a 25°C)	6 a 7	6 a 9	6,8 a 7,2
Sólidos Suspensos Totais	5	5	5
Zinco Total	1,0	1,0	1,0
Coliformes Termotolerantes	-	200 NMP/100ml	-
Coliformes Totais	2	2	2
Ovos Viáveis de Helmintos	-	<1/L	-
Cloreto	80 (70*)	100	500
Temperatura	-	-	-

OBS: (*) Limites requeridos pela indústria
 (**) Padrão água industrial *Guidelines for Water Reuse Camp*
 (***) Classe 1 – Irrigação paisagística, lavagem logradouros e espaços públicos, construção civil, desobstrução de rede pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio.
 (****) Classe 2 – Uso em torre de resfriamento.

Fonte: SABESP, 2017.

2.3-Fatores econômicos

O item 6º da Declaração Universal dos Direitos da Água estabelece que, “A água não é uma doação gratuita da natureza; ela tem um valor econômico: precisa-se saber que ela é, algumas vezes, rara e dispendiosa e que pode muito bem escassear em qualquer região do mundo” (ONU, 1992).

A Lei das Águas (1997), em seu Art. 19º dispõe que a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor.

De acordo com Barros e Amin (2008), compreender a água como bem econômico constitui em estabelecer valor econômico de forma que apresente preço de mercado, que atenda aos princípios do poluidor-pagador onde estabelece a responsabilidade do consumidor de forma direta ou indireta sobre os impactos ao meio ambiente e a determinação de arcar monetariamente sobre estes, na disposição em que cada consumidor teria que pagar para que os recursos hídricos sejam preservados.

O valor da água depende do usuário e para qual fim a mesma se destina, sendo na indústria e nas atividades agrícolas valores mais elevados, para fins domésticos a água utilizada para beber necessita de uma qualidade melhor, por isso, oferece alto custo para a sociedade, no entanto, a água para higienização do lar, lavagem de roupas e descargas sanitárias podem possuir qualidade inferior à potável (ROGERS; BHATIA; HUBER, 1998).

Sendo assim, é relevante ressaltar que a água como um bem econômico, terá preço determinado e será transacionada em mercado, onde os países que tratem a água como recurso estratégico e social e por isso obtiverem os recursos hídricos em maior quantidade e melhor qualidade, serão favorecidos pelo comércio e terão projeções de crescimento e desenvolvimento (BARROS; AMIN, 2008).

Usualmente pensamos em logística como o gerenciamento do fluxo de materiais do seu ponto de aquisição até o seu ponto de consumo. No entanto, existe também um fluxo logístico

reverso, do ponto de consumo até o ponto de origem, que precisa ser gerenciado. Este fluxo logístico reverso é comum para uma boa parte das empresas. Por exemplo, fabricantes de bebidas têm que gerenciar todo o retorno de embalagens (garrafas) dos pontos de venda até seus centros de distribuição. As siderúrgicas usam como insumo de produção em grande parte a sucata gerada por seus clientes e para isso usam centros coletores de carga. A indústria de latas de alumínio é notável no seu grande aproveitamento de matéria prima reciclada, tendo desenvolvido meios inovadores na coleta de latas descartadas. Existem ainda outros setores da indústria onde o processo de gerenciamento da logística reversa é mais recente como na indústria de eletrônicos, varejo e automobilística. Estes setores também têm que lidar com o fluxo de retorno de embalagens, de devoluções de clientes ou do reaproveitamento de materiais para produção (LACERDA, 2002).

Para Lacerda (2002) a logística reversa tem ainda baixa prioridade nas organizações. Encontra-se em estágio inicial. O mercado e a legislação ambiental gerando tendência no aumento do fluxo de carga reversa e é claro do seu custo. Portanto torna-se imprescindível o aumento da eficiência, com a adoção dos conceitos de planejamento do fluxo logístico direto, com estudos de localização, roteirização, programas de entrega etc.

Um exemplo de programa conduzido pela parceria de instituições privadas e públicas é o projeto Aquapolo Ambiental, desenvolvido como pioneiro para a grande região do ABC paulista, a princípio o mesmo tinha como objetivo abastecer com águas de reúso industrial o polo petroquímico dessa região, onde no ano de 2011 produziu cerca de mil litros de água de reúso por segundo, economizando assim 2,58 bilhões de litros de água em um mês (AQUAPOLO AMBIENTAL, 2011).

No Brasil, os governos estaduais e federais necessitam iniciar, de forma imediata, programas de gestão para estabelecer bases políticas legais e institucionais para o reúso dos efluentes, onde as linhas de responsabilidade e princípios de alocação de recurso devem ser estabelecidos juntamente com as companhias responsáveis pela coleta e tratamento de esgotos, os usuários que serão favorecidos pelos sistemas de reúso e o Estado, que tem como responsabilidade fornecer o abastecimento adequado de água, a proteção do meio ambiente e da saúde pública (HESPANHOL, 2002).

De acordo com Leite (2009) e Hespanhol (2002) ao se implementar programas com base na logística reversa de pós-consumo, mesmo tendo um alto custo inicial, como é o caso da implantação de redes coletoras e estações de tratamento de efluentes - ETE, este, se empregado com devido planejamento, trará rentabilidade satisfatória, pois, ao agregar valor ao bem que antes era descartado e somente utilizado após ao descarte na natureza e ao um longo e oneroso processo em estação de tratamento de água - ETA, este oferecerá oportunidades de redução de custos da água potável, dos insumos agrícolas e de investimento em outros setores, como por exemplo na saúde.

O transporte é o principal componente do sistema logístico. Sua importância pode ser medida através de pelo menos três indicadores financeiros: custos, faturamento e lucro. O transporte representa, em média, 60% dos custos logísticos, 3,5% do faturamento, e em alguns casos, mais que o dobro do lucro. Além disso, o transporte tem um papel preponderante na qualidade dos serviços logísticos, pois impacta diretamente o tempo de entrega, a confiabilidade e a segurança dos produtos.

O custo do transporte é composto por custos fixos e variáveis, tal classificação deve ser feita sempre em relação a algum parâmetro de comparação. Normalmente, em uma empresa industrial são considerados como itens de custos fixos, aqueles que independem do nível de atividade e itens de custos variáveis, aqueles que aumentam de acordo com o crescimento do nível de atividade. Do ponto de vista de um transportador, usualmente essa classificação é feita em relação à distância percorrida, como se a unidade variável fosse a quilometragem. Dessa forma, todos os custos que ocorrem de maneira independente ao deslocamento do caminhão

são considerados fixos e os custos que variam de acordo com a distância percorrida são considerados variáveis (LIMA, 2001).

Ainda segundo Lima (2001), o processo de composição do custeio de uma operação de transporte pode ser dividido em 4 etapas: 1. Definição dos itens de custos; 2. Classificação dos itens de custos em fixos e variáveis; 3. Cálculo do custo de cada item; 4. Custeio das rotas de entrega/ coleta.

3.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento do presente trabalho, propõe-se a utilização do método empírico e fenomenológico.

O método empírico pode ser caracterizado como um modelo de investigação científica que tem como base a lógica empírica, ou seja, considera o que deriva da experiência comum. Pesquisas desenvolvidas pelo método empírico são realizadas inicialmente através da observação e da experiência (GERHARDT; SILVEIRA,2009).

O método fenomenológico começa com uma descrição, uma situação vivida no cotidiano (GIORGI, 1985).

De acordo com Sadala (2004), o método fenomenológico permite ao pesquisador obter depoimentos sobre aquilo que está diante dos seus olhos e viver a experiência na sua totalidade, isolando julgamentos e concepções que interfiram na descrição, de maneira a alcançar a parte mais invariável da experiência, a essência que consiste na natureza própria daquilo que se interroga.

Como material de pesquisa central tem-se a Estação de Tratamento de Efluentes – ETE e o banco de dados da Transforma Gerenciamento de Resíduos; pesquisa, através da aplicação de “Questionário” realizada junto aos geradores de efluentes, clientes da Transforma e possíveis compradores do produto água de reúso, além de um *notebook* e as bases de dados de pesquisas científicas: Scopus do portal Capes, Sholar Google e banco de dados de sites oficiais: ANA, FAO, ONU, CBH – Macaé e das Ostras, BRASIL, CEIVAP, CETESB, FIRJAN, EPA. Para a pesquisa foram utilizadas as palavras chaves: Água; Recursos hídricos; Reúso de Água, Logística Reversa; Reutilização; Reciclagem; Resíduo.

3.1 – Memorial descritivo e metodologia da ETE

Seguem a descrição e as características das unidades componentes, da Estação de Tratamento de Efluente - ETE e do processo de reúso - Ultra Filtração e Osmose, contemplando as 3 etapas seguindo a sequência de tratabilidade:

Etapa 1: Estação de Tratamento de Efluente- ETE

O efluente bruto é recebido inicialmente em um reator físico químico e posteriormente segue a um sistema de gradeamento e separação de areia e óleo (SAO), onde são retidos os sólidos grosseiros e sedimentáveis por gravidade. O efluente da SAO é direcionado para a elevatória. Na elevatória também será recebido o efluente sanitário e toda demanda de efluente é recalcado em vazão máxima e ingressa no reator anaeróbio (UASB), onde ocorre a digestão anaeróbia através da ação de bactérias, e pré-decantação através dos compartimentos internos, bem como a geração de biogás que segue à um Selo Hídrico que equaliza a pressão do biogás gerado. Logo após o UASB, o efluente chega ao Reator Aeróbio (LA), onde ocorre a digestão aeróbia com aeração proporcionada por aerador tipo "roots" e difusores de ar por micro-bolhas, ingressando posteriormente no Decantador (DEC), onde ocorre a sedimentação do lodo. Parte do lodo decantado é

retornado ao tanque de aeração (LA) através de sistema *Air Lifting*, e parte do lodo em excesso é retornado para o UASB também pelo sistema *AirLifting*.

A primeira unidade da ETE constitui-se em um tanque cilíndrico de fundo cônico adaptado para preparação físico química do efluente. O tanque seguinte da ETE constitui-se em uma caixa com gradeamento e dispositivo para separação de areia e óleo (SAO) executado em polipropileno (PP). Sua finalidade consiste na separação de sólidos grosseiros em suspensão e materiais flutuantes através de grade grossa e fina internas e compartimento para deposição de areia, e a remoção prévia de possíveis gorduras prejudiciais ao funcionamento do UASB

A alimentação do reator UASB (sigla no idioma Inglês, ou RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente) dar-se-á pela bomba existente na elevatória. O UASB tem como objetivo, degradar parcialmente a matéria orgânica presente, gerando biogás como subproduto. Essa unidade é responsável pela grande economia de energia elétrica que seria gasta num processo estritamente aeróbio, acarretando também numa baixa geração de lodo a ser descartado da ETE. Devido às características particulares dos microrganismos anaeróbios a serem aí formados, a operação em condições de equilíbrio desse reator deverá acontecer após, no mínimo, três meses de operação normal do sistema. Todo o biogás formado é captado isoladamente da fase líquida e encaminhado até a cobertura da edificação, sendo liberado na atmosfera;

Figura 03 – Visão geral da ETE



Fonte: TRANSFORMA, 2017.

A zona superior do UASB apresenta uma canaleta de coleta dos efluente pré-tratados e clarificados na zona de decantação proporcionada por tronco cônico invertido, tradicionalmente conhecido como "separador trifásico", já que proporciona a separação entre as fases líquida (efluente pré-tratado - segue para canaleta e, a seguir, ao Reator Aerado (LA)), sólida (lodo - segue para a zona de digestão anaeróbia por sedimentação) e gasosa (biogás - segue para câmara confinada no topo interno do separador trifásico e, a seguir, para tubulação de exaustão até atmosfera).

Este sistema anaeróbio pode vir a apresentar a formação de espuma ao longo de sua operação podendo gerar o bloqueio da passagem do biogás até o sistema de desodorização, ocasionando odores desagradáveis por este motivo o reator UASB é dotado de tubo de coleta de espuma localizado na parte superior do tronco cônico invertido e abaixo da canaleta de coleta do efluente clarificado. Sendo possível identificar a formação de espuma devido ao borbulhamento (escape de biogás) externo ao separador trifásico.

O Reator Aeróbio tem por finalidade proporcionar oxigênio aos microrganismos e evitar a deposição dos flocos bacterianos e os misturar homogêneo ao efluente compondo a digestão aeróbia, a qual será proporcionada por aeração difusa a partir de um soprador tipo "roots" e difusores tubulares de membrana elástica para geração microbolhas.

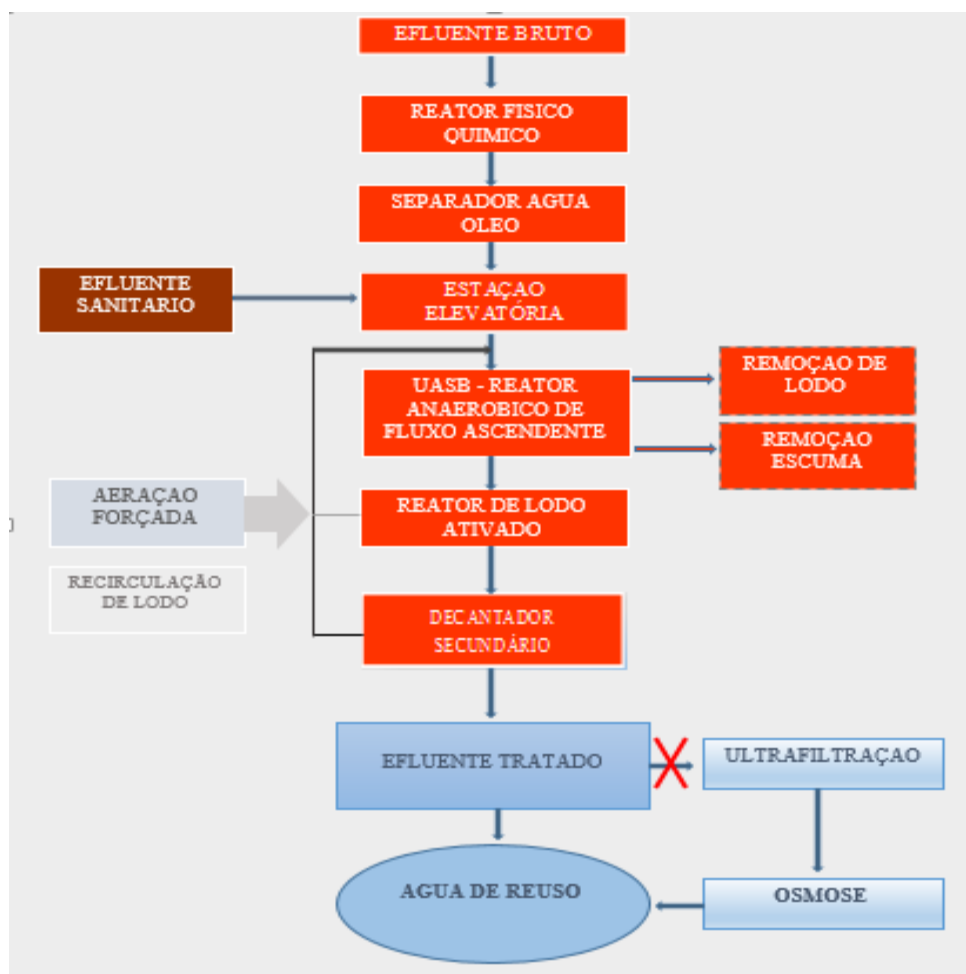
No Decantador Secundário (DEC) ocorre remoção dos sólidos suspensos gerados por sedimentação e possibilidade de retorno dos mesmos aos processos biológicos para o reator de aeração - LA, através de bombas *air-lift*, para digestão aeróbia dos mesmos. No retorno de sólidos (lodo), inclui-se bomba *air-lift* para sucção do lodo sedimentado no fundo do DEC.

O Decantador Secundário tem como finalidade a clarificação final dos efluentes tratados, na zona superior, encontra-se a canaleta anelar de coleta dos efluentes clarificados, enquanto que em sua zona inferior, posicionou-se o setor de sedimentação e adensamento do lodo sedimentado, interligado à linha de sucção da bomba *air-lift*.

O sistema possui características que garantem os seguintes desempenhos:

- Eficiência de remoção de DBO: 85 % (< 150 mgDBO/L) para tratamento biológico;
- Atendimento por completo aos padrões de lançamento exigidos pelo **CONAMA 430**: "Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA." e **Artigo 18 do DECRETO 8468** da CETESB que aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

Figura 04 – Fluxograma da ETE



Fonte: TRANSFORMA, 2015.

Etapa 2: Processo de reúso por UltraFiltração

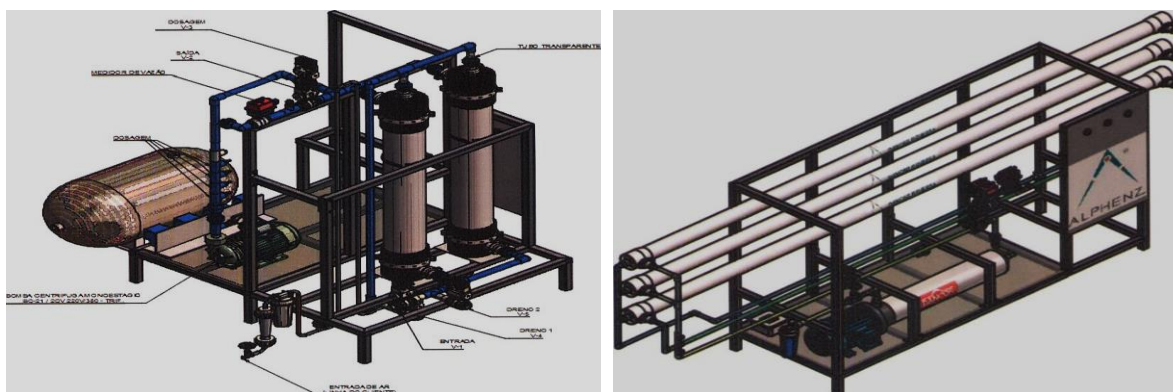
O efluente tratado é direcionado por gravidade do Decantador Secundário do sistema de tratamento de efluente - ETE para o Tanque de Contato (TC) de onde será bombeado para um Filtro de Zeólita e Carvão ativado. Na linha pressurizada entre o TC e o Filtro haverá dosagem de coagulante (Cloreto Férrico) e Hipoclorito de Sódio para auxiliar no pré-tratamento do efluente para ultra filtração.

A tecnologia UF está baseada em fibras ocas de Fluoreto de Polivinilideno Hidrofílico (H-PVDF) de dupla parede. A natureza mais hidrofílica deste material reduz sua tendência à sujeira orgânica característica de outros materiais mais hidrófobos como o PS, o PES e o PP. A dupla parede confere à fibra maior robustez e menor tendência à ruptura. O PVDF possui uma grande resistência térmica, mecânica e química, especialmente aos oxidantes normalmente utilizados nos processos de limpeza, o que o converte em um material ideal para aplicações de tratamento de águas.

Após o pré-tratamento o efluente será encaminhado ao sistema de Ultra filtração composto por dois módulos de membranas. Após a filtragem o efluente é direcionado ao Tanque de Acúmulo para posterior etapa (OSMOSE).

Estes sistemas estão em fase final de instalação e pré-operação. Portanto todos os resultados analíticos obtidos são baseados em amostras de bateladas que não sofreram os polimentos finais através da Ultrafiltração e Osmose.

Figura 05 – Ultra filtração e osmose



Fonte: TRANSFORMA, 2015.

Etapa 3: Processo de desmineralização por Osmose

O efluente tratado é direcionado da ultrafiltração para o tanque de armazenamento de onde será bombeado por bomba centrífuga para o Filtro Cartucho, sendo dosado em linha anti-incrustante. A bomba "booster" será alimentada pela bomba centrífuga pressurizando o efluente para passar pelas membranas nos vasos de OSMOSE REVERSA (OR). Na saída da OR terão duas linhas: rejeito e permeado. Sendo o permeado direcionado para o tanque de efluente tratado e o rejeito para descarte.

O fenômeno da Osmose é de fundamental importância na natureza já que o transporte seletivo através de membranas é essencial à vida e foi descrito pela primeira vez há mais de duzentos anos. A osmose natural, vital para os sistemas biológicos, envolve a ação da água quando duas soluções de concentrações diferentes são separadas por uma membrana semipermeável. A água pura fluirá, através da membrana, da solução menos concentrada em direção da mais concentrada, até que as duas soluções atinjam o equilíbrio. O fluxo se processa porque a solução concentrada encontra-se em um estado de energia maior.

A Osmose Reversa é obtida através da aplicação mecânica de uma pressão superior à pressão osmótica do lado da solução mais concentrada. Assim sendo, pelo processo então denominado de Osmose Reversa, a água pura pode ser retirada de uma solução salina por meio de uma membrana semipermeável, contando que a solução em questão se encontre a uma pressão superior à pressão osmótica relativa à sua concentração salina. Na prática, isto é obtido pressionando-se a solução por meio de uma bomba e passando esta solução sob alta pressão por um vaso de pressão onde está contida a membrana, vaso este denominado de permeador. As figuras abaixo ilustram o processo de osmose reversa.

3.2 – Metodologia de caracterização dos efluentes tratados

A empresa além dos testes realizados por batelada em laboratório próprio, são realizadas análises semanais no laboratório contratado Bioagri Ambiental Ltda., devidamente licenciado e credenciado pelo órgão ambiental competente – INEA.

Para caracterizar os efluentes tratados – água de reúso da ETE, foram compilados os dados analíticos e obtido o padrão médio por parâmetro, tendo como fonte a base de dados dos laudos “Resumo de Resultados da Amostra” obtidos na primeira fase do processo, antes da Ultra Filtração e da Osmose, posto que estes sistemas se encontram em fase de pré-operação.

As amostragens são realizadas conforme estabelecido na norma SMWW (*standard methods for the examination of water and wastewater*), 22ª Edição, 2012 - Método 1060B e POP LB 010 rev.11 (BIOAGRI, 2016).


Referências metodológicas adotadas pela Bioagri Ambiental:

Temperatura: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2550 B
 DBO: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5210 B
 DQO: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5220 D
 Sólidos: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 2540 A, B, C, D, E
 pH: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 4500H+ B
 Óleos e Graxas: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5520 B, F
 Coliformes: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 9223 A e B
 Surfactantes: SMWW, 22ª Edição, 2012 - Método 5540 C


3.3 – Avaliação do potencial de consumo da água de reúso

A fim de se avaliar o mercado potencial para o produto água de reúso produzido na ETE, foi aplicado “Questionário” em universo amostral composto por 57 (cinquenta e sete) geradores de efluentes industriais e sanitários, todos clientes e contratantes dos serviços de coleta, transporte e tratamento de resíduos da Transforma e potenciais consumidores do produto em questão – água de reúso.


Figura 06 – Formulário de pesquisa – “Questionário”



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense



Ministério da
Educação



GOVERNO FEDERAL
BRASIL
PÁTRIA EDUCADORA

QUESTIONÁRIO

Questionário de avaliação do Projeto de Pesquisa intitulado “Reúso de água e Logística reversa: O caso da empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos”; elaborado por Ricardo José leal de Medeiros do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Fluminense, Linha de Pesquisa: Desenvolvimento e Sustentabilidade.

Quesitos:

- 1- Qual ou quais as fontes de água da planta operacional?
 CEDAE () Poço (Outorga) () Caminhão Pipa|
- 2- Volume total de água consumida por mês?
 _____ M³
- 3- Preço pago por metro cúbico? (No caso de mais de uma fonte, informar)
 R\$ _____
- 4- A organização tem interesse explícito em adotar a prática do reúso do efluente tratado para fins específicos não potáveis?
- SIM ()- NAO
- 5- Estrutura de armazenamento e distribuição de água de reúso para fins não potáveis?
- SIM ()- NAO
- 6- Disposição a pagar pela água de reúso em relação ao valor pago pela água potável
 _____ %

Fonte: Elaboração Própria

3.4 – Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete)

A simulação da composição do custo operacional do fluxo reverso (frete) do efluente tratado – água de reúso, tendo como ponto de partida a ETE/Transforma, situada na Rodovia BR 101, KM 172 – Macaé/RJ e destino a sede do município de Macaé, considerando um raio máximo de 22 KM, foi baseada na metodologia disponível na Resolução ANTT N° 4.810 de 18 de agosto de 2015, considerando os seguintes dados e valores:

- Conjunto cavalo mecânico VW 19330, ano 2010 e carreta tanque 03 eixos Marca Randon, ano 2014 – Valor atual de revenda do conjunto - R\$ 215.000,00
- Salário Bruto Motorista Categoria E – R\$ 4.900,00
- Tributos anuais sobre o veículo (11%) – R\$ 2.463,94
- Seguro dos veículos (4,5%) – R\$ 9.600,00
- Percurso – 22 Km
- Capacidade carga – 27 M³
- Preço do diesel – R\$ 3,29/L

Os custos inerentes às operações de carregamento e descarregamento foram devidamente contemplados na composição do custo do frete.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 - Caracterização dos efluentes tratados

Compilados os dados analíticos foi obtido o padrão médio por parâmetro do efluente tratado – água de reúso, cujo resultado é demonstrado na Tabela 10.

Tabela 10 – Padrão médio do efluente tratado

Parâmetros	Resultados médios obtidos mg/L
Alumínio	2,31
Chumbo	< 0,01
Cobre	0,025
Cromo	< 0,01
DBO	70,84
DQO	144,38
Fenóis Totais	< 0,02
Ferro Dissolvido	0,88
Ferro	3,37
Fósforo Total	3,98
Manganês	1,30
Surfactantes (com o LAS)	1,84
Nitrogênio Total Kjeldahl	30,35
Óleos e Graxas Totais	< 10
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	< 10
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	< 10
PH (a 25°C)	7,31

Sólidos Suspensos Totais	51,41
Zinco Total	0,41
Coliformes Termotolerantes	150
Coliformes Totais	0,9
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1
Cloreto	702,96
Temperatura	27,43

Fonte: TRANSFORMA, 2015.

4.2 – Quadro comparativo dos valores obtidos

Comparando-se os valores obtidos para estabelecer o padrão médio dos efluentes tratados – água de reúso e comparando-os aos valores estabelecidos e encontrados na bibliografia e normativas consultadas, foi possível definir os possíveis e permitidos usos, conforme demonstrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Quadro comparativo dos resultados obtidos e valores máximos permitidos para os usos estabelecidos.

Parâmetros	Resultados médios obtidos mg/L	Padrão água industrial (**)	Classe 1 (***)	Classe 2 (****)
Alumínio	2,31	0,1	0,1	0,1
Chumbo	< 0,01	-	-	-
Cobre	0,025	-	-	-
Cromo	< 0,01	-	-	-
DBO	70,84	10	≤ 20	-
DQO	144,38	20	-	75
Fenóis Totais	< 0,02	-	-	-
Ferro Dissolvido	0,88	-	-	-
Ferro	3,37	0,5	0,5	0,5
Fósforo Total	3,98	-	-	1
Manganês	1,30	0,5	0,5	0,5
Surfactantes (com o LAS)	1,84	-	-	-
Nitrogênio Total Kjeldahl	30,35	-	-	-
Nitrogênio amoniacal	-	< 1	< 1	< 1
Óleos e Graxas Totais	< 10	< 15	< 15	< 15
Óleos e Graxas Minerais (Hidrocarbonetos)	< 10	-	-	-
Óleos e Graxas Vegetais e Animais	< 10	-	-	-
PH (a 25°C)	7,31	6 a 7	6 a 9	6,8 a 7,2

Sólidos Suspensos Totais	51,41	5	5	5
Zinco Total	0,41	1,0	1,0	1,0
Coliformes Termotolerantes	150	-	200 NMP/100ml	-
Coliformes Totais	0,9	2	2	2
Ovos Viáveis de Helmintos	< 1	-	<1/L	-
Cloreto	702,96	80 (70*)	100	500
Temperatura	27,43	-	-	-

OBS: (*) Limites requeridos pela indústria
 (**) Padrão água industrial Guidelines for Water Reuse Camp
 (***) Classe 1 – Irrigação paisagística, lavagem logradouros e espaços públicos, construção civil, desobstrução de rede pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio.
 (****) Classe 2 – Uso em torre de resfriamento.

Fonte: SABESP, 2017 e TRANSFORMA, 2017.

Da análise comparativa dos dados obtidos com o nível de tratamento atual, sem o processo de Ultrafiltração e Osmose, sugere o que segue:

- O padrão de qualidade do efluente tratado atende para todos os parâmetros analisados aos padrões de lançamento estabelecidos nas normas, resoluções e diretrizes, tanto a nível federal (Conama 375/05, Conama 430/11), assim como a nível estadual (NT 202-R-10/86, DZ 215-R4/ 07 e DZ 205-R5/91).

- Para os parâmetros: Chumbo, Cobre, Cromo, Fenóis, Surfactantes, Nitrogênio Total, Óleos e Graxas, PH, Zinco, Coliformes, Ovos viáveis de Helmintos e Temperatura, o padrão médio do efluente tratado na ETE obtido enquadra-se aos limites máximos permitidos para água de reúso industrial, Classe 1 (Irrigação paisagística, lavagem logradouros e espaços públicos, construção civil, desobstrução de rede pluvial, lavagem de veículos e combate a incêndio) e Classe 2 – Uso em torre de resfriamento (SABESP, 2017).

- Para os parâmetros: Alumínio, DBO, DQO, Ferro, Fósforo, Manganês, Sólidos suspensos e Cloreto, o padrão médio do efluente tratado na ETE obtido não atende aos limites máximos estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso indústria, Classe 1 e Classe 2.

4.3 – Resultado obtido a partir da aplicação do “Questionário” para avaliação do potencial de consumo

Os dados gerados a partir das respostas aos quesitos obtidos com a aplicação do “Questionário”, em um universo amostral composto por 57 (cinquenta e sete) geradores de efluentes industriais e sanitários, encontram-se compilados na Tabela 12.

Tabela 12 – Compilação dos dados obtidos a partir do “Questionário”

Quesitos	Consultados (un.)	%
1 – Fonte de água potável da planta		
CEDAE	35	61%
PIPA	5	9%

POÇO	10	18%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%
2 – Volume médio consumido m³/mês	235,6	
3 – Preço médio pago por metro cúbico	R\$/m ³	
CEDAE	8,064	
PIPA	23,25	
POÇO	0,036	
4- A organização tem interesse explícito em adotar a prática do reúso do efluente tratado		
SIM	44	77%
NÃO	6	11%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%
5 – A organização possui estrutura de armazenamento e distribuição de água de reúso		
SIM	9	16%
NÃO	41	72%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%
6 – Disposição a pagar em relação ao valor pago pela água potável (%)		
0	11	19%
50	22	39%
75	5	9%
80	9	16%
100	3	5%
Não responderam	7	12%
Total	57	100%

Fonte: Elaboração própria

- O resultado da pesquisa realizada junto aos 57 consultados retrata o seguinte cenário:
- O consumo médio de água potável, das 57(cinquenta sete) empresas consultadas é de 235,6 m³/mês.
 - A maioria das consultadas (61%) possui fornecimento regular de água potável através da concessionária, Companhia Estadual de Águas e Esgotos – CEDAE; 19% tem suas demandas supridas por extração de água subterrânea (poço) e 9% tem seu fornecimento realizado através de caminhão pipa.
 - O preço médio obtido, a partir da consulta realizada, praticado no mercado de Macaé/RJ, é de R\$ 8,06 (oito Reais e seis centavos) por metro cúbico cobrado pela concessionaria CEDAE, Caminhão Pipa R\$ 23,25 (vinte três Reais e vinte cinco centavos) por metro cúbico e R\$ 0,036 (trinta e seis centésimos de Real) por metro cúbico de água de captação subterrânea, valor este cobrado pela Agencia Nacional de Águas – ANA.
 - Dos que responderam 88% declararam pela organização ter interesse explícito em adotar a pratica do reúso do efluente tratado. Contra 12% que, ao contrário, não demonstraram interesse.
 - Apenas 18% dos que responderam possuem estrutura de armazenamento e distribuição de água de reúso em suas instalações.
 - 6% dos consultados que responderam, tem disposição de pagar pela água de reúso 100% do valor pago pela água potável (todos com extração de subterrânea); 18% pagariam pela água de reúso até 80% do valor pago pela água potável; 10% pagariam até 75%, 44% pagariam até 50% e 22% dos consultados que responderam, não teriam disposição a pagar pela água de reúso.

4.4 – Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete)

A simulação da composição do custo operacional do fluxo reverso (frete) do efluente tratado – água de reúso, tendo como ponto de partida a ETE/Transforma, situada na Rodovia BR 101, Km 172 – Macaé/RJ e destino a sede do município de Macaé, considerando um raio máximo de 22 Km, foi baseada na metodologia disponível na Resolução ANTT N° 4.810 de 18 de agosto de 2015.

Tabela 13 - Composição do custo operacional do fluxo reverso (frete)

Custo fixo mensal			Custo variável por Km		
Descrição	Unidade	Valor	Descrição	Unidade	Valor
Quanto custa o veículo automotor de cargas novo?	R\$	229.000,00	Qual é a proporção de gasto com manutenção em relação ao preço do veículo?	%	10,00%
Qual é o preço de revenda do veículo automotor de cargas?	R\$	120.000,00	Qual é a média mensal de quilômetros percorridos pelo veículo?	Km	R\$ 5.300,00
Quantos anos possui o veículo, considerando a data atual e o ano de fabricação?	Anos	7	Custo de manutenção por Km		R\$ 4,32
Valor da depreciação mensal do veículo	R\$	1.297,62	Qual é o preço médio ou mensal, considerando os locais que geralmente atende o veículo?	R\$/Litro	R\$ 3,29
Quanto custa o implemento novo?	R\$	127.000,00	Qual é o rendimento médio de combustível no seu veículo?	Km/Litro	3,10
Qual é o preço de revenda do implemento?	R\$	95.000,00	Custo com combustível por Km		R\$ 1,06
Quantos anos possui o implemento, considerando a data atual e o ano de fabricação?	Anos	2,00	Qual é o preço do litro do aditivo ARLA 32	R\$/Litro	R\$ 2,50
Valor da depreciação do implemento	R\$	1.333,33	Qual é o rendimento médio do ARLA 32 no seu veículo?	Km/Litro	50,00
Qual foi o rendimento da poupança no último mês	%	0,40%	Custo do ARLA 32 por Km		R\$ 0,05
Valor médio do veículo e implemento	R\$	285.500,00	Quanto custa o litro do lubrificante usado no motor?	R\$/Litro	R\$ 13,95
Remuneração mensal do capital	R\$	1.142,00	Qual é a capacidade de óleo do carter do veículo?	Litros	20,00
Qual é o percentual de encargos sociais pagos sobre o salário do motorista?	%	100,00%	Com quantos quilômetros ocorre a troca do óleo de motor?	Km	10.000,00
Qual é o valor do salário pago ao motorista	R\$	2.450,00	Quantos litros de lubrificantes é reposto a cada 1000 km?	Litros	0,50
Quantos motoristas são empregados por veículo?	Número	1	Custo com lubrificantes por Km		R\$ 7,00
Custo mensal de mão-de-obra	R\$	4.900,00	Quanto custa a lavagem completa do veículo?	R\$	R\$ 150,00
IPVA	R\$	2.150,00	Qual é a distância percorrida entre as lavagens do veículo?	Km	1300
DPVAT	R\$	63,69	Custo com lavagem por Km		R\$ 0,12
Licenciamento	R\$	135,32	Quanto custa um pneu novo para o seu veículo?	R\$	R\$ 1.368,00
Taxa de vistoria tacógrato	R\$	230,00	Quanto custa uma câmara nova? (se houver)	R\$	
Custo mensal com tributos sobre veículo	R\$	205,33	Quanto custa um protetor novo? (se houver)	R\$	50,00
Qual é o valor do contrato anual de seguro do veículo automotor de carga?	R\$	R\$ 9.600,00	Quanto custa a recauchutagem ou recapagem do pneu?	R\$	R\$ 600,00
Custo mensal com seguro do veículo	R\$	800,00	Quantas vezes o pneu é recauchutado ou recapado até ser descartado?	Número	2,00
Qual é o valor do contrato anual de seguro do implemento?	R\$	R\$ 7.600,00	Quantos pneus são utilizados no veículo trator e no implemento?	Número	18,00
Custo mensal com seguro do implemento	R\$	633,33	Quantos quilômetros dura, em média, o pneu utilizado?	Km	60.000,00
Custo fixo mensal	R\$	10.311,62	Custo com pneus e recauchutagens por Km		R\$ 0,79
			Custo variável por Km		R\$ 13,34

Operação de Transporte			Simulação - Custo Total		
Descrição	Unidade	Valor	Descrição	Unidade	Valor
Na média, quantas horas o(s) motorista(s) trabalha(m) por mês?	Horas	176,00	Custo por tonelada		R\$ 13,83
Na média, quantas horas se leva para carga e descarga nas operações?	Horas	1,00	Custo por Km		R\$ 16,98
Na média, qual é a velocidade do veículo nas operações de transporte?	Km/Hora	60,00	Custo por viagem		R\$ 373,46
Qual é a capacidade de carga do veículo?	Toneladas	27,00			
Qual é a distância percorrida na operação de transporte, considerando a saída ou embarcador até a chegada no destinatário?	Km	22			

Fonte: ANTT,2015.

Considerando os valores de referência utilizados e descritos no item 3.4 e aplicando-se a metodologia proposta pela ANTT, obteve-se o custo operacional do fluxo reverso - frete de R\$ 16,83(dezesseis Reais e oitenta três centavos) por Km ou R\$ R\$ 373,46 (trezentos e setenta e três Reais e quarenta e seis centavos) por viagem (ou por fluxo reverso).

Porém considerando que a metodologia adotada pela ANTT não considera a incidência de tributos e a margem de lucro da empresa; aplicando-se os percentuais de 14,5% de impostos sobre o preço final do frete e 10% sobre o valor do custo, respectivamente, o resultado para o valor por fluxo reverso (frete) é de R\$ 480,45 (quatrocentos e oitenta Reais e quarenta cinco centavos) ou R\$ 17,80 (dezessete Reais e oitenta centavos) por m³.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o padrão médio dos efluentes tratados na ETE/Transforma atendem e encontram-se dentro dos limites máximos permitidos para lançamento de efluentes, para todos os parâmetros analisados, de acordo com as normativas vigentes;

Considerando que para a maioria dos parâmetros analisados o padrão médio dos efluentes tratados na ETE/Transforma atendem e encontram-se dentro dos limites máximos de referência estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso para a indústria, Classe 1 e Classe 2.

Considerando, que para os parâmetros: Alumínio, DBO, DQO, Ferro, Fósforo, Manganês, Sólidos suspensos e Cloreto, o padrão médio do efluente tratado na ETE obtido **não** atende aos limites máximos estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso para a indústria, Classe 1 e Classe 2;

Considerando que a grande maioria das organizações consultadas (88%) declararam ter interesse explícito na adoção da prática do reúso de água, apenas 18% das consultadas que responderam possuem sistema independente para armazenamento e distribuição de água de reúso;

Considerando que a maioria dos consultados que responderam se dispõem a pagar até 50% pelo valor da água de reúso em relação ao preço pago pela água potável praticado no mercado de Macaé/RJ, de R\$ 8,06 (oito Reais e seis centavos) por metro cúbico, cobrado pela concessionária CEDAE, Caminhão Pipa R\$ 23,25 (vinte três Reais vinte cinco centavos) por metro cúbico e R\$ 0,036 (trinta e seis centésimos de Real) por metro cúbico de água de captação subterrânea valor este cobrado pela Agencia Nacional de Águas – ANA.

Considerando ainda o preço mínimo viável a ser praticado pela empresa para a operação do fluxo reverso (frete) da ETE até o gerador ser da ordem de R\$ 17,80 (dezesete Reais e oitenta centavos) por m³;

Sugerimos que, de acordo com o discutido nas seções anteriores, a pesquisa bibliográfica e documental, os resultados obtidos e a detida análise dos mesmos apontam e possuem fortes evidencias que não confirmam a hipótese da viabilidade técnica, econômica e financeira do projeto de sistema de logística reversa e reúso de água no caso do tratamento de efluentes na ETE da Transforma Gerenciamento de Resíduos, por não se demonstrar sustentável do ponto de vista técnico, econômico e financeiro diante da atual situação e circunstâncias.

Porém, a de ser considerado que a viabilidade técnica é factível de ser alcançada com a complementação do sistema de tratamento (processos de desmineralização – Ultrafiltração e Osmose), através do qual projeta-se o pleno atendimento aos limites máximos estabelecidos e propostos para o padrão de qualidade de água de reúso para a indústria, Classe 1 e Classe 2.

Além da análise da técnica, questões de ordem prática também devem ser analisadas para a escolha da adoção do reúso como prática de gestão. Uma das principais é a questão do custo do reúso em função dos custos de outras alternativas de abastecimento. É preciso analisar o comportamento/desenvolvimento do mercado, que pode, sozinho, induzir ao reúso, se esta for a alternativa economicamente mais viável, independente dos incentivos trazidos pelos outros instrumentos de gestão.

6. REFERÊNCIAS

ABES. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, 1997.

ALMEIDA, Caroline Corrêa de. **Evolução histórica da proteção jurídica das águas no Brasil**. Jus Navigandi, Teresina, ano, v. 7, 2002.

ANA. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos (SPR). **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. 2003. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/prnh/index.htm>> Acesso em: 19/11/2015.

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Resolução ANTT nº 4.810 de 18 de agosto de 2005**. Disponível em: <http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/41405/Resolucao_n__4810.html>. Acesso em **05/08/2017**

AQUAPOLO AMBIENTAL. Projeto Aquapolo: Porque ele é uma saída pra nossa região. Santo André: Lene, 2011. Disponível em: <http://www.aquapolo.com.br/wp-content/uploads/2012/02/01revista_.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

BARROS, Fernanda Gene Nunes; AMIN, Mário M. **Água: um bem econômico de valor para o Brasil e o mundo**. Taubaté: Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional, G&DR: 2008. v. 4, n. 1, p. 75 - 108. Disponível em: <<http://www.rbgr.net/012008/artigo4.pdf>> Acesso em: 15/06/2016.

BIOAGRI AMBIENTAL. **Relatórios de Ensaio Transforma Gerenciamento de Resíduos**. Macaé, 2016.

BINSZTOK, J.; RAMOS, T. C. Q. **Espaços Agrários: Desafios Ambientais para a Exploração e Produção de Petróleo em Macaé**, RJ. ABIDES, 24 Jan. 2011. Disponível em <<http://www.abides.org.br/espacos-agrarios-desfios-ambientais-para-a-exploracao-e-producao-de-petroleo-em-macae-tj/>>. Acesso em: 24/05/2017.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Código Florestal no Brasil**. Diário Oficial da União de 16 de setembro de 1965.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1º da Lei nº8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989**.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 23/12/2010.

CBH – Macaé e das Ostras. Comitê das Bacias Hidrográficas dos rios Macaé e das Ostras. **Relatório de situação da bacia. Ano I. 2012/2013.**

CECA. Conselho Estadual de Controle Ambiental. **NT 202 – R10: Critérios e Padrões de lançamento de Efluentes Líquidos.** 1986.

CECA. Conselho Estadual de Controle Ambiental. **DZ – 205.R-5: Diretrizes de Controle de Carga Orgânica em Efluentes Líquidos de Origem Industrial.** 1991.

CECA. Conselho Estadual de Controle Ambiental. **DZ – 215.R-4: Diretrizes de Controle de Carga Orgânica Biodegradável em Efluentes Líquidos de Origem Sanitária.** 1991.

CEIVAP. **Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.** Apresentação. Disponível em: <<http://www.ceivap.org.br/apresentacao.php/>>. Acesso em 27/05/2016.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. **Histórico da legislação hídrica no Brasil.** 2010. Disponível em:<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_historico.asp> Acesso em: 17/05/ 2016.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução N° 54: Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso não potável da água.** Diário Oficial da União de 09/03/2006. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=14> Acesso em: 17/05/ 2016.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 375 de 17 de março de 2005:** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução N° 430 de 13 de maio de 2011:** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.

DIAS, Robson Santos. **O arranjo produtivo de petróleo e gás natural em Macaé – RJ.** Petróleo, Royalties & Região, Campos dos Goytacazes – RJ: UcamCidades, ano 8, n. 32, p. 5-7, jun. 2011.

CREA-PR. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. **Uso e reúso da água.** 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

EPA. Environmental Protection Agency. **Human enteric virus survival in soil following irrigation with sewage plant effluents.** EPA-600/1-80-004. National Service Center for Environmental Publications (NSCEP), 1980.

FAO. **Organização das nações Unidas para Agricultura e Alimentação.** Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.stm>. Acesso em: 16 junho de 2016.

FAURÉ, Yves A. **Macaé: continuidade do crescimento municipal e ampliação das transformações locais nos anos 2000**. In: FAURÉ, Yves A.; HARENCLER, Lia; SILVA NETO, Romeu e (Orgs.). *Novos Rumos para a Economia Fluminense: oportunidades e desafios do crescimento do interior*. Rio de Janeiro: E-papers, 2008, cap. 5.

FINK, D.; SANTOS, H. **A legislação de Reúso da Água**. In: Mancuso, P. e Santos, H. (ed.). *Reúso de Água*. 1ª edição, Barueri, SP: Manole, 2003.

FIRJAN. **Manual de conservação e reúso da água na indústria**. Rio de Janeiro. 2006. Disponível em: < <http://firjan.org.br> >. Acesso em: 16 junho 2016.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. PLAGEDER, 2009.

GIORGI, Amedeo. **The phenomenological psychology of learning and the verbal learning tradition**. *Phenomenology and psychological research*, p. 23-85, 1985.

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios e recarga de aquíferos**. São Paulo: RBRH, v.7, n.4, 2002, p.75-95. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgecv3/UserFiles/Sumarios/2371239d0aaf41e014681d6d437c79e7_f553b090dfd516bcc00c055844c42f21.pdf>. Acesso em: 15/06/2016.

LACERDA, Leonardo. **Logística reversa: uma visão sobre os conceitos básicos e as práticas operacionais**. Rio de Janeiro: COPPEAD/UFRJ, p. 6, 2002.

LEITÃO, Sanderson A. M. **Bases para estruturação das atividades de reúso de água no Brasil – Estágio atual**. Artigo apresentado no II Encontro das águas, Montividéu, 1999

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. 2ªed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

LIMA, Maurício Pimenta. **O custeio do transporte rodoviário**. Artigos CEL-Coppead/UFRJ, 2001.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/02/onu-divulga-alerta-mundial-sobre-efeitos-da-escassez-de-agua.html>>. Acesso em 07/05/2016.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <http://www.ecolnews.com.br/direitos_da_agua.htm>. Acesso em 07/05/2016.

PERES, A e SALATI, E (coord.). **Construção de Cenários de Disponibilidade Hídrica**. Rio de Janeiro: Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável, 2003.
REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B; TUNDISI, J. G. (Orgs.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3. ed. São Paulo: Escrituras Editoras, 2006.

ROGERS, Peter; BHATIA, Ramesh; HUBER, Annette. **Water as a social and economic good: How to put the principle into practice**. Stockholm, Sweden: Global Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency, 1998.

ROGERS, D. S; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going backwards: reverse logistics trends and practices**. Reno: Universidade de Nevada, 1999. Disponível em: < <http://www.rlec.org/reverse.pdf>. > Acesso em: Acesso em 07/05/2016.

ROSA, R. S.; MESSIAS, R. A.; AMBROZINI, B. **Importância da compreensão dos ciclos biogeoquímicos para o desenvolvimento sustentável**. São Carlos: USP, 2003. 56p. Disponível em: <<http://goo.gl/RXL8Mg>>. Acesso em 07/05/2016.

SABESP – Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, disponível em < <http://www.sabesp.com.br> >. Acesso em 30/07/2017.

SADALA, M. L. A. **A Fenomenologia como método para investigar a experiência vivida: uma perspectiva do pensamento de Husserl e de Merleau Ponty**. FM Botucatu/UNESP. Anais do II Seminário Internacional de Pesquisa e Estudos Qualitativos Sociedade de Estudos e Pesquisas Qualitativos, Bauru, 2004.

SCHOR, A. **Riscos e Alternativas para o Abastecimento de Água em uma Refinaria de Petróleo. Estudo de Caso: Refinaria Duque de Caxias – REDUC**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2006.

SETTI, A. A. **Gestão de Recursos Hídricos: aspectos legais, econômicos e sociais**. In: SILVA, Demétrius David da; PRUSKI, Fernando Falco (Ed). *Gestão de Recursos Hídricos*. Brasília: DF: Editora UFV, 2000.

SOLÍS, E. **Água e saúde: um brinde à vida**. Tradução Cecy Oliveira, Rio de Janeiro: Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2001.

SPERLING, M.V. **Princípios Básicos do tratamento de Esgoto**. Belo horizonte, Vol II, EDUFMG, 1996.

TRANSFORMA. **Memorial Descritivo e Fluxograma da Estação de Tratamento de Fluentes**. Macaé, 2015.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. Rima, 2003.

EPA - U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *2004 Guidelines for Water Reuse*. On line. Disponível na Internet em: <http://www.epa.gov>. Acesso em 07/05/2017.

WACKERNAGEL, Mathis. **19 de agosto o dia em que a terra ultrapassou o limite de recursos naturais 2014**. Disponível em: < <http://ciclovivo.com.br/noticia/19-de-agosto-o-dia-em-que-a-terra-ultrapassou-o-limite-de-recursos-naturais-para-2014>. > Acesso em 01/08/2017.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Geneva, Switzerland. 2006.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, J. International guidelines for water recycling. In: **Water recycling and resource recovery in industry: Analysis, technologies and implementation**. IWA Publishing, 2002.

BOFF, Leonardo. **A escassez de água no Brasil e sua distribuição no mundo**. Disponível em: <<http://www.jb.com.br/leonardo-boff/noticias/2015/02/09/a-escassez-de-agua-no-brasil-e-sua-distribuicao-no-mundo/>>. Acesso em 10/05/2016.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. Prentice Hall, 2002.

BRASIL. Lei nº. 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências**. Diário Oficial da União, 23/12/2010.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; DOS SANTOS, Hilton Felício. **Reuso de água**. Editora Manole Ltda., 2003.

MIERZWA, J.C., HESPANHOL, I. **Água na Indústria: uso racional e reuso**. São Paulo, Oficina de Textos, 2005. 143p.

ONU. **Organização das Nações Unidas**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/02/onu-divulga-alerta-mundial-sobre-efeitos-da-escassez-de-agua.html>>. Acesso em 07/05/2016.