



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**MAYKON JOHNNY DE SOUZA ABREU**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO REUSO DOS  
EFLUENTES DA LAVANDERIA DO HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE  
PALMAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

**Palmas - TO  
2015**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**MAYKON JOHNNY DE SOUZA ABREU**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO REUSO DOS  
EFLUENTES DA LAVANDERIA DO HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE  
PALMAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Monografia apresentada como requisito parcial da disciplina de TCC II do curso de Engenharia Civil, orientado pelo Professor M.Sc Fábio Moreira Spinola de Castro.

**Palmas - TO  
2015**



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**MAYKON JOHNNY DE SOUZA ABREU**

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DO REUSO DOS  
EFLUENTES DA LAVANDERIA DO HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE  
PALMAS PARA FINS NÃO POTÁVEIS**

Monografia apresentada como requisito  
parcial da disciplina de TCC II do curso de  
Engenharia Civil, orientado pelo Professor  
M.Sc Fábio Moreira Spinola de Castro.

Aprovado em 07 de Novembro de 2015.

**BANCA EXAMINADORA**

Profº. M.Sc Fábio Moreira Spinola de Castro  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Profª. M.Sc. Walkíria Régis de Medeiros  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc José Geraldo Delvaux Silva  
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas - TO  
2015

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>6</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>8</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1. Objetivos .....	11
1.1.1. Objetivo Geral.....	11
1.1.2. Objetivos Específicos.....	11
1.2. Justificativa.....	12
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
2.1. A água e sua importância .....	13
2.2. Saneamento básico.....	13
2.3. Águas residuais.....	15
2.3.1. Águas cinzas .....	15
2.3.2. Águas Amarelas .....	16
2.3.2. Águas negras.....	16
2.4. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA .....	16
2.4.1. Características físicas .....	17
2.4.2. Características químicas .....	18
2.4.3. Características biológicas.....	22
2.5. REUSO DE ÁGUA .....	24
2.5.1. Casos de reuso de água .....	25
2.5.2. Conceitos de reuso.....	26
2.5.3. Tipos de reuso.....	27
2.5.4. Análise da possibilidade de reuso .....	29
2.5.5. Usos urbanos para fins não potáveis .....	30
2.5.6. Usos industriais para fins não potáveis .....	31
2.5.7. Reuso de águas de lavanderias hospitalares.....	34
2.6. PARTICULARIDADES DE EFLUENTE HOSPITALAR .....	37
2.6.1. Características dos efluentes de setores hospitalares .....	39
2.6.2. Processamento de roupas em lavanderias hospitalares .....	40
2.6.3. Efluentes de lavanderias hospitalares .....	43
2.7. Processos convencionais de tratamento de efluentes industriais.....	49
2.7.1. Processos de tratamento físico-químicos.....	51
2.7.2. Processos de tratamento biológicos.....	53
2.7.3. Tratamento por processos oxidativos avançados .....	54
2.7.4. Estação de tratamento de efluentes compacta – ETEC .....	55
2.8. Tecnologias para o tratamento de efluentes de lavanderias hospitalares..	56
2.8.1. Casos de tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar .....	57
2.9. Estudos de viabilidade e econômica.....	58
2.9.1. Tempo de retorno do investimento.....	59
3.0. METODOLOGIA .....	60
3.1. Avaliação global do hospital .....	60
3.1.1. Estudo preliminar .....	60
3.2. Lavanderia do hospital estudado .....	60
3.2.1. Características da lavanderia do hospital estudado .....	60
3.2.2. Características dos efluentes gerados em lavanderias hospitalares.....	61

3.2.3. Determinação do consumo de água.....	62
3.2.4. Determinação do percentual de água consumido na lavanderia.....	64
<b>3.3. Avaliação do potencial de reuso de água .....</b>	<b>64</b>
<b>3.4. Estudo de viabilidade econômica.....</b>	<b>66</b>
3.4.1. Determinação do tempo de retorno do investimento .....	67
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>68</b>
<b>4.1. Avaliação global do hospital.....</b>	<b>68</b>
4.1.1. Diagnóstico do estudo preliminar do hospital .....	68
4.1.2. Histórico do consumo de água do HGPP .....	72
<b>4.2. Diagnóstico da lavanderia hospitalar.....</b>	<b>73</b>
4.2.1. Características da lavanderia do hospital estudado .....	73
4.2.2. Características efluentes gerados em lavanderias hospitalares.....	76
4.2.3. Consumo de água da lavanderia.....	77
4.2.4. Relação entre consumo da lavanderia e consumo global do hospital.....	77
<b>4.3. Potencial de reuso dos efluentes da lavanderia.....</b>	<b>78</b>
<b>4.4. Estudo de viabilidade econômica.....</b>	<b>82</b>
4.4.1. Instalações existentes e custos a serem considerados.....	82
4.4.2. Tempo de retorno do investimento .....	84
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>86</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE A – Detalhamento do Sistema de Distribuição de Água – HGPP.....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE B – Fluxograma Simples da Distribuição De Água – HGPP.....</b>	<b>98</b>
<b>APÊNDICE C – Fluxo de Coleta e Destinação Final dos Efluentes – HGPP.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE D - Fluxo de Coleta, Tratamento e Reuso dos Efluentes - Lavanderia .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO I – PROJETO DE DETALHAMENTO DOS RESERVATÓRIOS ENTERRADOS .....</b>	<b>101</b>

## RESUMO

A escassez hídrica, aliada ao alto consumo de água no Hospital Geral Público de Palmas, juntamente com a carência de recursos financeiros do sistema público, tem exigido a utilização de novas tecnologias para uma melhor gestão da água. Diante disso, o reuso dos efluentes da lavadeira deste hospital surge como uma possibilidade de mitigar o consumo dessa substância promovendo a redução dos custos com abastecimento e indiretamente diminuição da degradação ambiental na região. Portanto, este trabalho apresenta um estudo sobre o reuso dos efluentes gerados na lavanderia de um hospital público para fins não potáveis, de maneira a informar se a implantação deste sistema de reuso de águas vai gerar algum retorno financeiro. Para tanto, realizou-se um estudo aprofundado dos efluentes de diversas lavanderias hospitalares, definiu-se que neste meio não é permitido utilizar os efluentes sem tratamento, estabeleceu o parâmetro mínimo de tratamento, foi mensurado o volume mensal de água consumida no processamento de roupas, foi determinado o potencial de reuso desses efluentes em outras atividades internas e por fim, realizado o estudo de viabilidade econômica. Como resultados obtiveram-se uma economia de 20,28% de água por meio da lavanderia que poderá ser reusada na irrigação de jardins e descargas sanitárias, sendo que este sistema, ao ser implantado, poderá gerar uma economia mensal de R\$ 34.672,54, que será abatido na conta de água. O investimento aplicado neste sistema poderá ser recuperado dentro de 14 meses.

**Palavras-chave:** Reuso de água tratada, Conservação de água, Lavanderia hospitalar, Consumo hospitalar de água, Análise de água, Efluentes de lavanderia.

## ABSTRACT

The water scarcity, coupled with high consumption of water in the Public General Hospital of Palmas, along with the lack of financial resources from the public system, has required the use of new technologies for a better water management. In this sense, the reuse of the effluent laundry this hospital comes as an opportunity to mitigate the consumption of water promoting the reduction of supply costs and indirectly decrease environmental degradations in the region. Therefore, this monograph presents a study on the reuse of effluents generated in the laundry room of a public hospital for non-potable purposes in order to inform the implementation of this water reuse system will generate a financial return. For this proposal, we carried out a study of effluents from various hospital laundries, it was decided that this means you may not use the effluent untreated, established the minimum treatment parameter, was measured the monthly volume of water consumed in washing process, was determined the potential for reuse of wastewater in other indoor activities and finally realized the economic feasibility study. The results yielded a savings of 20.28% water through the laundry room that can be reused for irrigation of gardens and toilet flushing, with this system, when implemented, could generate a monthly savings of R\$ 34,672.54 which will be shot in the water bill. The investment made on this system can be recovered within 14 months.

**Key words:** Treated water reuse, water conservation, Laundry hospital, hospital water consumption, water analysis, laundry effluent.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Escala do pH.....	18
Figura 2 - Diversos tipos de reuso de águas. ....	27
Figura 3 - Reuso direto planejado de água. ....	31
Figura 4 - Principais tipos de reuso industrial .....	34
Figura 5: Gráfico da distribuição do consumo de água em vários estabelecimentos.....	36
Figura 6 - Atividades realizadas no processamento de roupas. ....	41
Figura 7 - Processos de lavagem de roupas. ....	42
Figura 8 – Classes de tratamento de efluentes industriais. ....	49
Figura 9 – Processos de tratamentos de efluentes.....	50
Figura 10 - Classificação dos diversos tipos de filtros. ....	53
Figura 11: Fluxograma de uma ETEC. ....	55
Figura 12: Representação do procedimento de cálculo do consumo de água da lavanderia. ....	63
Figura 13: Resumo da análise de potencial de reuso.....	65
Figura 14: Gráfico do consumo de água de um ano.....	72
Figura 15: Máquina lavadora de roupas do HGPP (modelo).....	74
Figura 16: Gráfico de representatividade do consumo médio de água da lavanderia em relação ao consumo médio do hospital referente ao período de set/14 a ago/15. ....	77
Figura 17: Gráfico de representatividade do consumo médio de água de 3 atividades do hospital em relação ao consumo médio do hospital referente ao período de set/14 a ago/15. ....	80



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de tipos de microrganismos biológicos.....	23
Tabela 2 - Parâmetros de água de reuso. ....	33
Tabela 3 - Valores mínimos para águas de lavagem de roupas hospitalares.....	35
Tabela 4 - Classificação de hospitais em função do número de leitos.....	38
Tabela 5 - Relação entre tipo de hospital e carga de roupa de leitos.....	43
Tabela 6 - Composição de efluentes específicos de lavanderias industriais. ....	45
Tabela 7 - Características do efluente de hospital Português (lavanderia). ....	46
Tabela 8 - Características dos efluentes em lavanderias hospitalares.....	46
Tabela 9 - Características analíticas de efluentes de lavanderia hospitalar.....	47
Tabela 10 - Resultados de caracterização da amostra de água bruta e tratada (método Fenton). ....	48
Tabela 11 - Características analíticas de águas residuais de lavanderia hospitalar. ....	48
Tabela 12 - Potencial Redox dos principais oxidantes. ....	54
Tabela 13: Percentual de roupas médio referente ao período de setembro de 2014 a agosto de 2015 separados por sujidade.....	62
Tabela 14: Volume de água consumido por quilo de roupa da lavadora. ....	62
Tabela 15: Relação de despesas e receitas para implantação do sistema de reuso.....	66
Tabela 16: Lista de setores relacionados com o consumo de água.....	69
Tabela 17: Volumes médios anuais, mensais e diários consumidos entre set/14 e ago/15. ....	73
Tabela 18: Especificações e funcionamento das máquinas da lavanderia. ....	73
Tabela 19: Detalhamento do processo de lavagem de roupa no programa de sujidade leve. ....	74
Tabela 20: Detalhamento do processo de lavagem de roupa no programa de sujidade contaminada. .....	75
Tabela 21: Peso exato de roupas lavadas anual, mensal e diário. ....	75
Tabela 22: Comparação entre os padrões de reuso da NBR 13.969/97 com bibliografia de análises de caracterização de efluentes de lavanderias hospitalares.....	76
Tabela 23: Volumes médios anuais, mensais e diários consumidos entre set/14 e ago/15. ....	77
Tabela 24: Área de jardins interna e externa do HGPP.....	78
Tabela 25: Relação entre refeições servidas e quantidade média diária de pessoas dentro do hospital. .....	78

Tabela 26: Estimativa do volume de água consumida na irrigação de jardins do HGPP.....	79
Tabela 27: Estimativa do volume de água consumida em descargas sanitárias do HGPP.....	79
Tabela 28: Comparativo entre estimativas de consumo.....	80
Tabela 29: Capacidade dos reservatórios e suas câmaras e volume consumido em irrigação de jardins e descargas sanitárias .....	81
Tabela 30: Receitas e despesas inerentes ao sistema de reuso de água. ....	83
Tabela 31: Valores de tarifa por metro cúbico de água na categoria pública.....	84
Tabela 32: Tempo de retorno do investimento aplicado no sistema de reuso na lavanderia do HGPP. .....	85
Tabela 33: Análise detalhada do tempo de retorno do capital investido. ....	85

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Antes de Cristo
Abes	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária
AHA	Associação Americana de Hospitais
ANA	Agência Nacional de Águas
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOX	Organohalogenados
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde
COT	Carbono Orgânico Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DNA	Ácido Desoxirribonucléico
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETEC	Estação de Tratamento de Esgoto Compacta
HGPP	Hospital Geral Público de Palmas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
N	Nitrogênio
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NMP	Número Mais Provável
NTK	Nitrogênio Kjeldahl
NTU	Unidades de Turbidez Nefelométricas
OD	Oxigênio Dissolvido
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogênioônico
Pnuma	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
POA	Processos Oxidativos Avançados
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RNA	Ácido Ribonucléico
Sabesp	Saneamento Básico do Estado de São Paulo
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
SSMA	Saúde Segurança e Meio Ambiente
SST	Sólidos Suspensos Totais
THM	Trihalometanos
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
WHO	Organização Mundial de Saúde

## 1. INTRODUÇÃO

A água, um recurso indispensável à sobrevivência de todas as espécies, exerce influência decisiva na qualidade de vida da população. Contudo, o modo como são usados e gerenciados os recursos hídricos tem levado a um nível de degradação ambiental e risco de escassez comprometendo as gerações futuras (Cunha 2005). Há tempos atrás o homem possuía um conceito no qual a água era inesgotável, contudo, em 1992 a Organização das Nações Unidas (ONU), afirmou que por volta do ano de 2020 a carência de água iriam afetar dois terços da população mundial, tornando obsoleto tal conceito.

Segundo Cunha (2005) o planeta terra possui grande quantidade de água, mas apenas 2% é potável, distribuídos em lagos, rios, aquíferos, poços e solos. O planeta Terra é finito; e, nesse sentido, há limitações para o crescimento populacional, principalmente no ritmo atual, de mais de 1,5% ao ano. O autor reitera que, até 2025, mais de 3 bilhões de pessoas se somarão aos atuais 7 bilhões, o que agravará os problemas ambientais no contexto das cidades e representará um grande desafio para os gestores urbanos

Por outro lado, muitos dos mananciais de abastecimento estão a cada dia mais poluídos e deteriorados, tanto pela falta de controle, quanto pela falta de investimentos em coleta, tratamentos e disposição final de esgotos (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Neste contexto, medidas que fomentem a conscientização, mudança de hábitos, criação de políticas públicas e sensibilização conjunta das pessoas, poder público e empresas, podem ser implantadas em organizações de todos os setores da economia. Fazendo-os reconhecer a real importância de adotarem novas práticas e comportamentos, não descartando a utilização e criação de novas tecnologias de reutilização da água.

Portanto, reuso de água surge como uma medida para a mitigação dos problemas relacionados à escassez de hídrica. Fernandes (2004) define que reuso de água é a utilização dessa substância, por duas ou mais vezes, após tratamento. A autora ressalta ainda que o reuso da água possui diversas classificações baseadas na maneira como ela ocorre, no grau de planejamento e utilização ao qual se destina.

É importante a redução do consumo de água em todos os setores econômicos da sociedade. No setor terciário, destacam-se os hospitais, instituições que usam uma quantidade significativa de água por dia, entre 400 e 1200 l/leito/dia, gerando ainda grandes quantidades de efluentes (EMMANUEL et al., apud SOUZA, 2012).

Assim, o reuso de água surge como alternativa sustentável de gerenciamento dos recursos hídricos em qualquer meio da sociedade. Considerando que a lavagem de roupas transforma a água potável em efluentes, a lavanderia de um hospital também é responsável pelo alto consumo de água da rede de abastecimento e como consequência, eleva o valor esta receita.

Portanto, realizou-se um estudo de viabilidade econômica para avaliar a possibilidade do reuso dos efluentes da lavanderia do Hospital Geral Público de Palmas – HGPP de forma correta, sustentável e economicamente viável. Atenuando a degradação do meio ambiente e reduzindo o valor da conta de água, podendo este montante economizado, ser utilizado para melhorar o atendimento de outras demandas. Sendo que a água que seria lançada nas linhas de esgoto sanitário, poderá ser reutilizada em fins não potáveis do próprio hospital. Podendo este estudo ser aplicado, desde que não comprometam a saúde pública e que sejam viáveis do ponto de vista econômico.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

Estudar a viabilidade econômica do reuso de efluentes da lavanderia do Hospital Geral Público de Palmas para fins não potáveis, gerando economia e indiretamente reduzir os danos ambientais causados pelo processo industrial de lavagem de roupas desta organização.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

- Analisar por meio de pesquisas bibliográficas as características dos efluentes de lavanderia hospitalar e indicar a forma de reuso mais adequada dentro de atividades potenciais de consumo de água;
- Estimar o volume desses efluentes e definir uma forma viável de tratamento;
- Verificar a viabilidade econômica da implantação deste sistema;

## 1.2. Justificativa

O consumo de água para qualquer lavagem de roupa, seja industrial ou residencial, demanda enorme quantidade de água. O processo torna-se oneroso e gera-se danos ambientais. Todos os anos a população palmense sofre com o racionamento de água estabelecido pela concessionária.

Do ponto de vista de Souza (2012), de todos os tipos de efluentes descartados por uma unidade hospitalar, os de lavanderias são os que causam maiores danos ao meio ambiente. A autora justifica que isto se deve por causa de suas características refratárias, presença de sanitizantes, desinfetantes, antibióticos, agentes de limpeza e outros surfactantes, consumindo metade da água utilizada em todo hospital.

Ainda assim, grande parcela das atividades industriais lançam seus dejetos nos rios, mares e esgoto sanitário, sem tratamento adequado. E o mais preocupante vem em seguida, quando por problemas econômicos e/ou mau gerenciamento do sistema de saneamento, muitas cidades não possuem meios de tratamento adequado para todos os tipos de efluentes descartados por suas indústrias, o que propicia o agravamento o quadro da segurança hídrica mundial.

A situação possui um nível de agravamento tão preocupante que o relatório GEO 5 divulgado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (RIO+20, 2012) sobre as tendências e panorama do meio ambiente global e análise de estados, alerta que 80 por cento da população mundial reside em áreas com graves ameaças à segurança hídrica, sendo que a mais grave categoria de ameaça afeta 3,4 bilhões de pessoas, quase todas nos países em desenvolvimento.

O tema abordado advém de processos industriais prejudiciais à saúde do indivíduo, gerando elevado consumo de água, tendo como consequência o superfaturamento desta receita, a degradação do meio ambiente e o comprometimento das gerações futuras. Ante a este cenário, se desperta o interesse ao conhecimento de meios e métodos que melhor responderão as necessidades atuais de se desenvolver com responsabilidade ambiental e ao mesmo tempo reduzir os custos de uma organização.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. A água e sua importância**

A água é a substância de maior abundância na matéria viva, sendo na espécie humana em média 60% de seu peso composto por água, em certos animais este percentual se eleva a 98%, portanto, a água desempenha papel fundamental na manutenção da vida (VON SPERLING, 2005).

Um dos fatores que mais influenciam a qualidade de vida é a maneira pela qual o homem se utiliza da água. Como um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento da vida, a água tem sido objeto de preocupação da humanidade desde os tempos mais remotos. É notável, na história das civilizações, o progresso tecnológico na utilização racional da água, para as mais diversas finalidades (GRAÇA apud FREIRE, 1999).

Segundo Tundisi (2006) a água é um recurso útil nas mais diversas atividades humanas, tornando possível a realização de uma gama de “serviços” ligados à geração de eletricidade, ao suprimento de alimentos, à navegação, transporte e recreação. O autor reforça que, todas as formas de uso da água refletem impactos complexos de maneira direta e indireta na economia, na saúde humana e no abastecimento.

### **2.2. Saneamento básico**

Para Cavinatto (2003), desde os tempos primórdios o homem tem ciência de que a água é poluída por dejetos sólidos capazes de transmitir doenças. A autora explica ainda que uma das principais funções do saneamento básico é evitar a disseminação de doenças contraídas por resíduos provenientes de esgotos e lixo, tornando-o sinônimo de higiene e limpeza, portanto, o saneamento básico é fundamental na prevenção de doenças.

O saneamento básico é um instrumento a favor da saúde e de fundamental importância, por isso, é considerada preocupação mundial. Inclusive A World Health Organization - WHO (2004) determinou que saneamento é o “controle de todos os fatores do meio físico que do homem, que exercem efeito deletério sobre seu bem-estar físico, mental e social”. A mesma instituição define que, para um indivíduo ter



saúde, é necessário não apenas a ausência de doenças, mas também manter um estado de completo bem-estar físico, mental e social.

Para Di Bernardo (2003), o saneamento tem por objetivo proteger a saúde humana por meio de um conjunto de medidas de controle ambiental. Tradicionalmente, os serviços associados à oferta de saneamento são:

- Abastecimento de água;
- Coleta, tratamento e disposição adequada de esgotos sanitários;
- Coleta, tratamento e disposição adequada dos resíduos sólidos;
- Coleta e disposição adequada, das águas pluviais; e
- Controle dos vetores de doenças transmissíveis.

Todo e qualquer efluente urbano, tem sua destinação final junto a um corpo hídrico. Por causa disso, existe a probabilidade de se despertarem alguns problemas no meio, como por exemplo, o aparecimento de maus odores, dissabores na água, a diminuição da fauna aquática e outros. Sendo assim, em função da contaminação dos mananciais de abastecimento, dos balneários e dos gêneros alimentícios a saúde pública fica comprometida. A partir desta problemática, há grande risco de haver a disseminação das principais doenças de veiculação hídrica: cólera, febre tifoide, disenteria, e hepatite infecciosa (IMHOFF; IMHOFF, 1986).

Na década de 90, houve um grande avanço, contudo devido sua deficiência e precariedade, o saneamento no Brasil ainda carece de maior atenção, principalmente no que diz respeito a determinados serviços, como drenagem urbana juntamente com a coleta e tratamento dos esgotos sanitários, que por sua vez, o volume tratado é extraordinariamente baixo, atendendo somente uma parcela da população (DI BERNARDO, 2003).

Por esses e outros motivos, o saneamento básico tornou-se uma preocupação governamental de bastante importância para a sociedade e objeto de criação da Lei nº 11.445/07, que por sua vez, define de forma mais ampla, saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais.

## **2.3. Águas residuais**

Águas Residuais podem ser definidas como aquelas que foram adversamente afetadas em qualidade por ação antrópica. Águas residuais podem se originar a partir de uma combinação de usos: domésticos, industriais, comerciais ou atividades agrícolas, águas pluviais e de esgoto influxo ou infiltração, dentre as águas residuárias podemos citar a água cinza, amarela e águas negras (TILLEY et al., 2008). Cavinatto (2003) destaca que águas residuais também são conhecidas como resíduos líquidos e também como esgoto propriamente dito.

### **2.3.1. Águas cinzas**

As águas cinzas são aquelas servidas que não possuem contribuição de efluentes de vasos sanitários. É um tipo de água residual proveniente do uso de lavatórios, chuveiros, banheiras, pias de cozinha, máquina de lavar, lavanderias e tanque (OTTOSON; STENSTRÖM, 2003). Nolde (1999) ressalva que por causa da presença de óleos e gorduras, alguns autores não consideram como água cinza o efluente proveniente de cozinhas.

Em outra definição, segundo Jerfferson et al., (1999) na água cinza podemos encontrar componentes provenientes do uso de sabão ou de outros produtos para lavagem do corpo, de roupas ou de limpeza em geral.

Em termos de quantidade e composição, suas características variam conforme os seguintes fatores: localização, nível de ocupação, faixa etária, estilo de vida, classe social e costumes dos moradores e com tipo de fonte de água cinza utilizada (NOLDE, 1999).

Estudos realizados no Brasil e no exterior, indicam que as águas cinzas contêm em sua composição elevados teores de matéria orgânica, sulfatos, possuindo turbidez e pouca contaminação fecal (FRANCI, 2006). O autor complementa que outros estudos indicam a presença de compostos orgânicos ligeiramente biodegradáveis.

Nesse contexto, Dixon et al (1999) descarta o reuso dessas águas sem que haja tratamento, alertando sobre a possibilidade de produção de mau cheiro nas instalações sanitárias.

### **2.3.2. Águas Amarelas**

Para Franci (2006), águas amarelas são águas residuárias servidas a partir de dispositivos separadores de fezes e urina. O autor reitera que podem ser geradas, principalmente em mictórios, e também em vasos sanitários com cas específicos para urina e fezes, sendo a urina o principal componente deste resíduo, levando também em consideração à própria água do aparelho sanitário.

### **2.3.2. Águas negras**

De acordo com Franci (2006), as águas residuárias são formadas basicamente por fezes, urina e papel higiênico, encontradas nos vasos sanitários são denominadas de águas negras, contendo alto índice de matéria orgânica e apresentando grande quantidade de sólidos em suspensão, em sua maioria sedimentáveis.

## **2.4. CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA**

A água possui alta solubilidade, e geralmente é encontrada em seu estado de absoluta pureza, apresentando várias impurezas. O fator determinante das impurezas adicionais da água depende da natureza e composição do solo sobre o qual ela escoa, sendo o fator mais agravante o aumento da densidade demográfica, aliada às atividades econômicas na indústria e agricultura, tornando obrigatório outra forma de tratamento porque nenhuma fonte de água superficial é considerada segura (RICHTER; AZEVEDO, 1991). Segundo Von Sperling (2005), a água pode ser parametrizada por meio de suas características físicas, químicas e biológicas.

Para Braga (2005), cada característica é mensurada de diferentes formas, as variáveis físicas são medidas em escalas próprias, as químicas são medidas por concentração (mg/L ou ppm), e as variáveis biológicas são mensuradas por meio da densidade populacional do organismos em estudo.

Durante a aferição dos parâmetros da água, devem ser coletadas amostras para que sejam realizados exames e análises, obedecendo aos métodos padronizados por entidades especializadas, de modo a seguir os cuidados e técnicas, utilizando o volume e número de amostras adequado (BRAGA, 2005).

### **2.4.1. Características físicas**

Braga (2005) separa os indicadores físicos em cor, turbidez, sabor e odor. Para Richter e Azevedo (1991), estas características possuem pouca importância sanitária, e simples para ser determinada.

#### **2.4.1.1 Cor**

A água no estado puro não possui cor, sua alteração se dá quando são misturadas substâncias dissolvidas ou suspensas. Em condições normais, a coloração da água acontece por causa da presença de ácidos húmicos e tanino, provenientes da decomposição de vegetais, o que não coloca em risco a saúde humana (RICHTER; AZEVEDO, 1991). Braga (2005) é bastante sucinto ao descrever que a cor é uma característica decorrida por causa da existência de substâncias solúveis, que na maior parte dos eventos são de natureza orgânica, a cor pode colocar em risco o seu uso na produção de bebidas, alimentos, e até mesmo nas indústrias têxteis.

#### **2.4.1.2 Turbidez**

Esta propriedade está associada à dificuldade de absorver raios luminosos, devido à presença de materiais em suspensão, finalmente divididos ou em estado coloidal, e de organismos microscópicos. Se a turbidez das águas naturais for acentuada, a falta de raios solares pode comprometer a fotossíntese e causar problemas ecológicos para o manancial (BRAGA, 2005).

Von Sperling (2005) faz menção ao aspecto turvo, que causa grande desconforto estético na água potável, e os sólidos em suspensão presentes nestas águas podem conter organismos patogênicos.

#### **2.4.1.3 Sabor e odor**

Braga (2005) afirma que esta característica física da água está associada contaminação da água por meio de poluentes industriais e outras substâncias indesejáveis, como por exemplo, matéria orgânica em decomposição e algas. O

autor reforça que as águas com sabor e odor acentuados tornam-se impróprias para consumo humano.

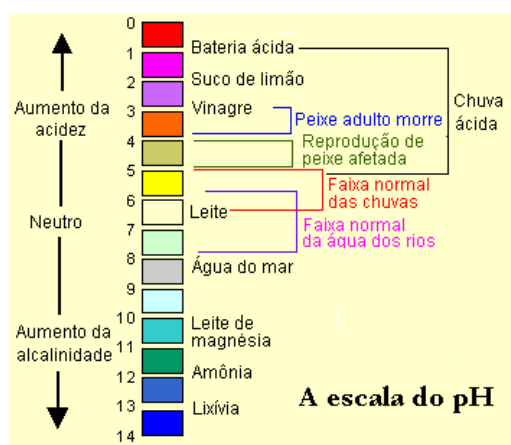
## 2.4.2. Características químicas

Braga (2005) informa que as características químicas de um corpo hídrico, ocorrem por causa da presença de substâncias dissolvidas. Richter e Azevedo (1991) destacam que do ponto de vista sanitário e econômico, os parâmetros químicos deste líquido são de suma importância.

### 2.4.2.1 pH

O pH é o indicador físico que representa o potencial hidrogeniônico dos corpos hídricos, por meio desta concentração podemos saber qual a condição de acidez, neutralidade e alcalinidade, o pH varia de 0 a 14, conforme apresentado abaixo na Figura 1 (VON SPERLING, 2005). Contudo, Richter e Azevedo (1991) considera o pH como um indicador físico da água.

Figura 1 - Escala do pH.



Fonte: Environment Canada, disponível em: <<http://www.ns.ec.gc.ca/>>).

O pH possui importância em diversas formas de tratamento da água. Se o pH for baixo, o fluido apresenta corrosividade e agressividade nas águas de abastecimento, ao passo que quando está elevado, pode haver incrustações nas águas de abastecimento (VON SPERLING, 2005).

#### **2.4.2.2 Alcalinidade**

A alcalinidade ocorre em função da presença de bicarbonatos, carbonatos, ou hidróxidos. Sendo umas das determinações mais importantes para controlar a água, estando intrinsecamente ligada a coagulação, redução da dureza e prevenção da corrosão nas canalizações (RICHTER; AZEVEDO, 1991). Von Sperling (2005) considera que a alcalinidade é uma medição da capacidade de neutralizar ácidos, resistindo às mudanças do pH.

Von Sperling (2005) cita que esta propriedade é bastante utilizada na caracterização de águas de abastecimento brutas e tratadas, além de águas residuárias brutas.

#### **2.4.2.3 Acidez**

É a facilidade com que um corpo hídrico tem de corroer em função da presença de ácidos minerais ou por causa do oxigênio, gás carbônico e gás sulfúrico presentes em solução no fluido (BRAGA, 2005).

Para Richter e Azevedo (1991), esta propriedade química não possui muita importância do ponto de vista sanitário, contudo em vários casos é necessário manter a estabilidade do carbonato de cálcio por meio da adição de um alcalinizante, a fim de evitar problemas de corrosão em função da presença de gás carbônico. Von Sperling (2005) exemplifica que é bastante utilizada na caracterização das águas de abastecimento bruta e tratada, incluindo as águas industriais.

#### **2.4.2.4 Dureza**

A presença de alguns íons metálicos em maior parte o cálcio e o magnésio e em menor presença os íons de ferrosos e estrôncio, conferem à água a propriedade dureza, que por sua vez, tem a propriedade de impedir a formação de espuma de espuma como sabão. Além de produzir incrustações nos sistemas de água quente (RICHTER; AZEVEDO, 1991). Von Sperling (2005) considera que esta propriedade pode ser utilizada na caracterização das águas de abastecimento bruta e tratada, incluindo as águas industriais.

#### **2.4.2.5 Ferro e manganês**

O ferro, associado ao manganês, com certa frequência, sabor adstringente, associado à coloração avermelhada quando em processo de precipitação. A presença de ferro na água mancham as roupas, aparelhos sanitários e podem ficar depositadas nas tubulações. O manganês se assemelha ao ferro, acometido com probabilidade menor e sua coloração é marrom (BRAGA, 2005).

#### **2.4.2.6 Cloretos**

Em maior ou menor escala todas as águas naturais contêm íons resultantes de dissolução de minerais. Os cloretos são provenientes da dissolução de sais, como por exemplo, o cloreto de sódio (VON SPERLING, 2005).

Richter e Azevedo (1991) destacam que o teor de cloretos indica poluição por parte de esgotos domésticos nas águas naturais e auxilia de forma eficiente o estudo hidráulico de reatores como traçador. Os autores complementam que as águas naturais devem ser investigadas quando apresentam variação no teor de cloretos, pois é provável que esteja poluída.

#### **2.4.2.7 Nitrogênio**

Richter e Azevedo (1991) afirmam que o nitrogênio possui papel importante no ciclo biológico. Para que ocorra o tratamento biológico de esgotos é necessário uma quantidade suficiente de nitrogênio. No tratamento biológico dos esgotos necessita de certa quantidade de nitrogênio para que possa ser realizado.

O nitrogênio, por seguir um ciclo que o conduz à mineralização total sob forma de nitritos, permite avaliar o grau e a distância de uma poluição pela quantidade e forma de apresentação dos derivados nitrogenados. Independente de sua origem, que também pode ser mineral, os nitratos presentes na água em quantidades maiores provocam em crianças o estado mórbido denominado cianose ou metemoglobinemia. (BRAGA, 2005).

#### **2.4.2.8 Oxigênio dissolvido**

O oxigênio dissolvido (OD) possui importância substancial para os organismos aeróbios. As bactérias utilizam o oxigênio nos seus processos respiratórios durante a decomposição da matéria orgânica, podendo reduzir a

quantidade deste elemento no meio. Se este fenômeno causar a redução drástica do oxigênio, poderá haver mortandade de diversos seres aquáticos, podendo gerar maus odores se for totalmente consumido (VON SPERLING, 2005).

Do ponto de vista de Richter e Azevedo (1991), a determinação da taxa de oxigênio dissolvido possui importância significativa no controle de qualidade da água. Os autores complementam que ao se misturar dióxido de carbono com oxigênio na água, a capacidade de corrosão dos metais ferrosos é diminuída consideravelmente.

#### **2.4.2.9 Fenóis e detergentes**

O fenol é tóxico e dependendo do teor é prejudicial à saúde, contudo, mesmo em concentração pequena causa inconvenientes em águas tratadas com cloro, porque a combinação destes, provoca gosto e cheiro desagradável (RICHTER; AZEVEDO, 1991).

Os detergentes ao serem dissolvidos na água, provocam sabor desagradável, geram espuma em águas agitadas, causam problemas em estações de tratamento de água e tratamento de esgoto em função da espuma e toxicidade, quando em concentrações elevadas. Estes problemas têm maior magnitude quando os detergentes não são biodegradáveis (BRAGA, 2005).

#### **2.4.1.10 Matéria orgânica**

Uma característica de suma importância presente nos corpos hídricos e nos esgotos é a matéria orgânica, pois a estabilização desta, demanda uma enorme quantidade de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos, colocando a matéria orgânica como o problema de poluição das águas (VON SPERLING, 2005). O autor afirma ainda que existe uma enorme dificuldade em se determinar, por métodos laboratoriais, os diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, em função das inúmeras formas e compostos em que a mesma pode-se apresentar. Por este motivo, normalmente são usados métodos indiretos a fim de quantificar a matéria orgânica e sua capacidade de poluição. Nesta linha de raciocínio, podemos citar duas principais categorias:

- Medição de consumo de oxigênio: Demanda Bioquímica de oxigênio – DBO e Demanda Química de Oxigênio – DQO;



- Medição do carbono orgânico: Carbono Orgânico Total – COT.

Segundo Richter e Azevedo (1991), DBO é a quantidade de oxigênio utilizada no metabolismo das bactérias aeróbias para estabilizar a matéria orgânica. Ainda seguindo a ideia do autor, DQO é o método que permite avaliar a carga de poluição de esgotos domésticos ou industriais, definindo a quantidade de oxigênio necessária para que seja efetuada a total oxidação em dióxido de carbono e água.

#### **2.4.1.11 Micropoluentes inorgânicos**

Para Von Sperling (2005), grande parte dos micropoluentes são considerados tóxicos, principalmente os metais pesados. Dentre metais pesados solúveis na presença de água temos o arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio e prata. Uma grande variedade destes metais podem se encontrar presentes na cadeia alimentar, tornando ameaça aos organismos situados nos degraus superiores. Os cianetos, o flúor e outros também são considerados micropoluentes inorgânicos de importância em termos de saúde pública.

#### **2.4.1.12 Micropoluentes orgânicos**

Alguns tipos de agrotóxicos, alguns tipos de detergentes e boa parte de produtos químicos, são considerados materiais orgânicos resistentes à degradação biológica, que não fazem parte dos ciclos biogeoquímicos, que ao acumular-se em um ponto qualquer acaba interrompendo o ciclo (VON SPERLING, 2005).

#### **2.4.3. Características biológicas**

Uma das principais funções dos microrganismos é a transformação da matéria por meio dos ciclos biogeoquímicos, e estes também desempenham diversas funções de vital importância, um exemplo seria o tratamento biológico dos esgotos, onde os microrganismos produzem as reações de transformação da matéria orgânica e inorgânica (VON SPERLING, 2005).

As atividades desempenhadas pelos microrganismos aquáticos como processos biológicos de nutrição, respiração, excreção etc, alteram o caráter químico e ecológico do próprio habitat aquático (BRAGA, 2005). O autor também exemplifica os microrganismos patogênicos terrestres, que são depositados na água

junto à matéria fecal, porém, às vezes não se alimenta nem se reproduzem no meio aquático, tendo breve passagem nesse ambiente.

Von Sperling (2005) apresenta na Tabela 1 a relação dos microrganismos de interesse do ponto de vista sanitário e ambiental (bactérias, algas, fungos, protozoários, vírus e helmintos).

Tabela 1 - Relação de tipos de microrganismos biológicos.

MICROORGANISMO	DESCRIÇÃO
Bactérias	Organismos unicelulares. Apresentam-se em várias formas e tamanhos. São os principais responsáveis pela conversão da matéria orgânica. Algumas bactérias são patogênicas, causando principalmente doenças intestinais.
Archaea	Similares às bactérias em tamanho e componentes celulares básicos. A parede celular, material celular e composição do RNA são diferentes. Importantes nos processos anaeróbios.
Algas	Organismos autotróficos, fotossintetizantes, contendo clorofila. Importantes na produção de oxigênio nos corpos d'água e em alguns processos de tratamento de esgotos. Em lagos e represas podem proliferar em excesso, causando uma deterioração da qualidade da água.
Fungos	Organismos predominantemente aeróbios, multicelulares, não fotossintéticos, heterotróficos. Também de importância na decomposição da matéria orgânica. Podem crescer em condições de baixo pH.
Protozoários	Organismos unicelulares sem parede celular. A maioria é aeróbia ou facultativa. Alimentam-se de bactérias, algas, e outros microrganismos. São essenciais no tratamento biológico para a manutenção de um equilíbrio entre os diversos grupos. Alguns são patogênicos.
Vírus	Organismos parasitas, formados pela associação de material genético (DNA ou RNA) e uma carapaça proteica. Causam doenças e podem ser de difícil remoção no tratamento da água ou do esgoto.
Helmintos	Animais superiores. Ovos de helmintos presentes nos esgotos podem causar doenças.

Fonte: Metcalf; Eddy *apud* Von Sperling (2005).

A determinação da potencialidade de um corpo hídrico transmitir doenças pode ser realizada de forma indireta, através dos organismos indicadores de contaminação fecal, pertencentes principalmente ao grupo de coliformes (BRAGA, 2005).

## 2.5. REUSO DE ÁGUA

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificado, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso de água para as mais diversas finalidades (PHILIPPI JR, 2003). Ainda de acordo com este autor, há regiões que o problema da escassez e má distribuição dos recursos hídricos, afetam diretamente seu desenvolvimento, e destaca também que diversos são os instrumentos, mecanismos e tecnologias que são demandados para a resolução deste problema, contudo, perecem por falta de estudos e investigações que contribuem para o sua melhor utilização, visando atender resultados sanitários, ambientais e econômicos suficientes.

Do ponto de vista de Sanches (2008) o reuso de água reduz a demanda sobre os mananciais de água bruta devido à substituição de fonte, isto é, pela substituição da água potável por uma água de qualidade inferior onde tal substituição for possível, tendo em vista a qualidade requerida para o consumo. Em muitos casos ocorre uma proteção natural das águas dos mananciais, uma vez que se eliminam as descargas de esgotos nas águas superficiais. A decisão de recuperar a qualidade da água para novo uso emergiu como uma opção realista de manancial, necessária para fazer face às demandas de água para as cidades e para os campos cultivados.

Sandra Postel (1993) argumenta que a população está crescendo mais de maneira mais acentuada, onde o consumo de água aumenta o risco de sua falta, alguns países no Oriente Médio, nove dos quatorze países, já sofrem com a escassez de tal recurso.

No mesmo contexto, o problema hídrico também é causador de conflitos entre países que dividem mananciais de água, como por exemplo, Índia e Bangladesh, por causa do Ganges, o México e Estados Unidos, por causa do Colorado e a República Eslovaca e a Hungria, por causa do Danúbio (POSTEL, 1993).

A partir desta gama de problemas, Philippi Jr (2003) aponta o reuso de água como uma solução promissora para encarar tal problema, afirmando que esta alternativa inovadora é um importante instrumento de gestão ambiental dos recursos hídricos.

O Brasil é um país amplamente privilegiado com água devido aos seus grandes rios em suas bacias hidrográficas que reservam as maiores quantidades de

água do planeta, mesmo assim, algumas localidades têm sofrido com a falta de água devido algumas bacias hidrográficas estão localizadas distantes dos principais centros urbanos e industriais, tornando inviável o uso desse recurso (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Assim, não apenas no Brasil, mas em outros, a utilização das técnicas de reuso de água, é importante para contribuir com a diminuição e manutenção dos níveis de água dos corpos hídricos e manter a população abastecida. Países como a Jordânia por exemplos, de acordo com dados de Shatanawi & Fayyad (1996), reutiliza mais de 80% de seu esgoto tratado por meio do reuso para suprir as necessidades de água da população.

### **2.5.1. Casos de reuso de água**

Desde os primórdios da antiguidade, 2000 a.C., o homem pensava em reutilizar a água ou pelo menos conservá-la. Este fato fica claro quando Just e Sznioles (1936) transcreve o verso 15, capítulo XIV, do Oustruta Sanguita, uma coleção de leis médicas “É bom guardar a água em vasilhas de cobre, deixa-la no sol, e filtra-la em carvão”. Processo no qual mais tarde tornou-se o conjunto de processos e operações definidas como sedimentação, desinfecção e filtração.

Em São Paulo, segundo dados da Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp (2004), mais de 780 mil metros cúbicos de água por mês são reaproveitados e esse volume é capaz de abastecer uma população de um município de médio porte. No Brasil a pratica do reuso ainda não é muito utilizada, mas devidos os problemas recentes de seca dos reservatórios que abastecem cidades grandes como São Paulo, o reuso começa a ganhar espaço nos instrumentos de gestão dos recursos hídricos.

Philippi Jr (2003) destaca outros exemplos de sucesso próximo à cidade de São Paulo, no terceiro terminal do aeroporto de Guarulhos, existe um projeto de reciclagem de água para utilização em descargas sanitárias, sistemas de refrigeração, lavagens de aeronaves e pista.

No Japão, desde início da década de 60, tem implantado abrangentes projetos urbanos de reuso e recuperação de água residuais. E 1992, já existiam mais de 938 estações de tratamento de água residuais em operação, gerando cerca de  $1,9 \times 10^{10} \text{ m}^3$  ao de efluente tratado (MAEDA et. al., 1996).

Outro exemplo é a Austrália. Segundo Santos (2000), na década de 90, o país desenvolveu diversos programas de reuso de água, que contribuíram para a redução na demanda urbana e industrial dos recursos hídricos em diversas regiões, sendo uma prática comum em indústrias australianas, o uso de efluentes do tratamento terciário na irrigação de plantações e pastagens.

Os produtos farmacêuticos e de higiene pessoal tem função de induzir efeitos biológicos em determinados seres-alvo, entretanto, a forma de descarte pode contaminar a água potável, sendo assim, pensando no aumento do reuso indireto, por meio do Projeto Poseidon, a Comunidade Econômica Europeia desenvolveu um programa que avalia tecnologias capazes de remover estes produtos dos esgotos e das instalações de tratamento de água, sendo este um exemplo continental de fomentação do reuso de água (MANCUSO; SANTOS, 2003).

### **2.5.2. Conceitos de reuso**

Do ponto de vista de Mancuso e Santos (2003), no reuso de água fica implícito uma tecnologia projetada em nível de maior e menor grau, variando em função dos fins a que se destina a água e da maneira como ela se transformou em efluente. Todavia, a definição do exato momento do ponto de partida no qual se admite que o reuso está sendo feito, é o fator que torna difícil a conceituação precisa da expressão reuso de água.

Ainda na visão de Mancuso e Santos (2003) a literatura é bastante ampla quando se trata de reuso de água, por outro ângulo, isto provoca uma disparidade entre as mais variadas definições de autores, causando dificuldades no entendimento desta prática, porém ressalva que esta disparidade também possui importância essencial.

Do ponto de vista de Lavrador (1987), reuso de água é o aproveitamento de águas previamente utilizadas, uma ou mais de uma vez, para fins de consumo humano, para suprir as necessidades de outros usos benéficos, inclusive o original. O autor complementa que pode ser direto ou indireto, bem como em função de ações planejadas ou não planejadas.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (1973) pode ser definido de várias formas, dentre elas:

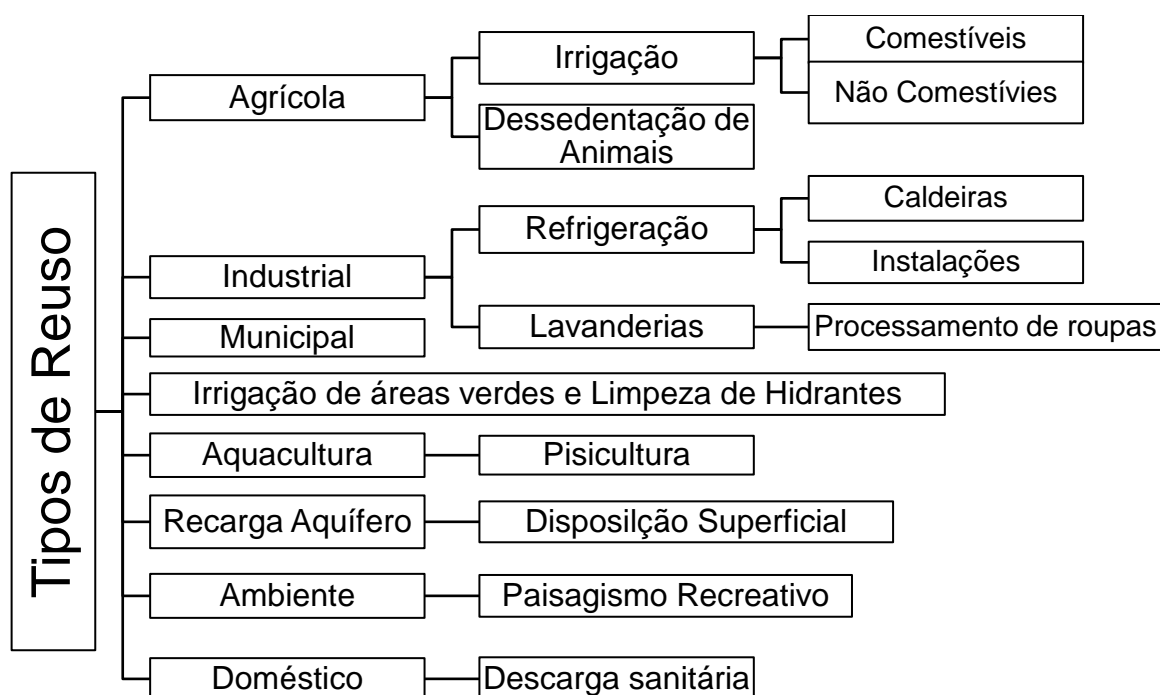
- Reuso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente à jusante, de forma diluída;
- Reuso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: é o reuso de água internamente em instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição.

### 2.5.3. Tipos de reuso

Westerhoff (1984) de maneira prática e fácil classificou o reuso de água em duas grandes categorias: potável e não potável. Devido sua importância, esta definição foi adotada pela ABES. Por ser nosso objeto de estudo, será abordado com maior ênfase o reuso não potável.

Apesar desta classificação dentre os usos potáveis e não potáveis existem uma variedade ínfima de possibilidades de reuso, conforme ilustra a Figura 2 abaixo.

Figura 2 - Diversos tipos de reuso de águas.



Fonte adaptado: MOTA (2000)

### **2.5.3.1. Reuso potável**

Dentro do reuso potável temos dois tipos que segundo Philippi Jr (2003) podem ser:

- Reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reuso 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.

### **2.5.3.2. Reuso não potável**

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

- Reuso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratica essa modalidade de reuso 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.
- Reuso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo para utilização em cadeiras, etc.
- Reuso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esporte, parques e também para enchimento de lagoas ornamentais, recreacionais, etc.
- Reuso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- Reuso 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 carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

- Aquicultura ou aquíicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se os nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- Reuso para recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de uma forma direta através de injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

#### **2.5.4. Análise da possibilidade de reuso**

Saches (2008), por meio de seus estudos, resumiu os meios de análise da possibilidade de reuso de efluentes em uma edificação devem considerar, resultando nos tópicos abaixo:

- Análise dos tipos de efluentes gerados;
- Especificação da segregação dos efluentes gerados;
- Verificação da possibilidade de aplicação direta dos efluentes gerados;
- Possibilidade de reuso de efluente tratado;
- Especificação das possíveis tecnologias de tratamento em função das atividades consumidoras;
- Avaliação dos custos envolvidos com tecnologias necessárias, dispositivos de controle e implantação do sistema de gestão.

Além de seguir os passos, outro requisito importante é o reuso seguro, Mancuso e Santos (2003) sugere algumas medidas de segurança necessárias na implementação de um programa de reuso de água incluem:

- Aplicação de tratamento compatível com a qualidade dos efluentes brutos ou pré-tratados disponíveis, e com os requisitos de qualidade estabelecidos para os usos previstos. Isso exige um conhecimento suficiente sobre a qualidade dos efluentes a serem tratados, e a aplicação das técnicas de tratamento mais seguras para esses efluentes;



- Garantia de que o sistema de tratamento irá produzir água com qualidade e quantidade exigidas.
- Projeto, instalação e operação do sistema de distribuição para que, ao longo do percurso da água entre a saída do tratamento e os pontos de entrega, a água de reuso não seja utilizada, intencional ou acidentalmente, para outras finalidades que não especificadas.

O reuso de água, para qualquer fim, depende de sua qualidade física, química e microbiológica. As maiorias dos parâmetros de qualidade físico-químicas são bem compreendidas, sendo possível estabelecer critérios de qualidade orientadores para o reuso. Deve então ser especificada, caso a caso, a viabilidade técnica de implantação do reuso, investimentos necessários, logística de operação e custos de manutenção (SANCHES, 2008).

Neste estudo o foco será o reuso para fins não potáveis, a escolha é motivada pela facilidade de tratamento e consequentemente o baixo custo quando comparado com o tratamento e custo de reuso para fins potáveis e/ou mais nobres.

#### **2.5.5. Usos urbanos para fins não potáveis**

A utilidade urbana não potável é uma prática de menor risco devendo ser considerada como a primeira opção de reuso no meio urbano. Mesmo considerados baixos os riscos, não devemos deixar de tomar cuidados especiais quando ocorrer o contato direto das pessoas em gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte (HESPANHOL, 2002). Ainda seguindo o raciocínio deste autor abaixo segue os maiores potenciais de reuso para esgotos tratados:

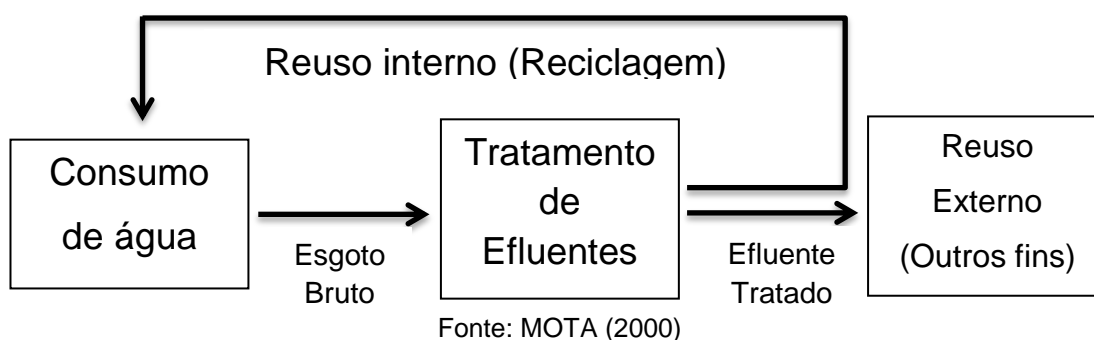
- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residências e industriais;
- 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 trens e ônibus;
- Controle de poeira em obras de execução de aterros, terraplenagem, etc;
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para estabelecer umidade ótima em compactação de solos.

### 2.5.6. Usos industriais para fins não potáveis

Existem diversos aspectos que podem ser visualizados o reuso para fins industriais, por isso Hespanhol (2002) dividiu em dois macroitens de acordo com as possibilidades de para fins interno ou externo, os quais estão representados na Figura 3.

Figura 3 - Reuso direto planejado de água.



Por meio de relatório técnico da Federação da Indústrias do Estado de São Paulo (2004), o reuso foi dividido nas seguintes definições:

- Reuso macro externo, definido como reuso de esgoto sanitário ou industrial tratado proveniente de estações de tratamento administradas por concessionárias ou outra indústria;
- Reuso macro interno, definido como o uso interno de efluentes tratados ou não provenientes de atividades realizadas na própria indústria.

Entretanto, neste estudo focaremos somente no caso do objeto de estudo que está voltado para o contexto interno.

#### **2.5.6.1. Reuso macro interno**

O reuso macro interno pode ser implantado de duas diferentes formas: através do reuso em cascata ou pelo que designa de reuso de efluentes tratados (SAUTCHÚK, 2004). O reuso em cascata ocorre quando o efluente produzido em um processo industrial pode ser utilizado em outro processo subsequente. Isto só é viável quando as características do efluente produzido no primeiro uso forem compatíveis com a qualidade requerida para o próximo. O reuso do efluente tratado consiste na utilização dos efluentes que foram submetidos a um processo de tratamento (SAUTCHÚK, 2004). Neste caso, as águas residuais geradas no processo industrial como um todo, proveniente de uma gama de usos, são enviadas para uma estação de tratamento de efluentes, realizado este processo alcança um determinado padrão de qualidade. Este nível de qualidade varia de acordo com o tipo de reuso, a NBR 13.969 (1997) parametriza vários tipos de reuso.

O superfaturamento dos preços da água industrial no Brasil, principalmente nas grandes metrópoles acabou instigando o interesse das empresas do meio industrial a estudarem a possibilidade de implantação de um sistema de reuso (MANCUSO; SANTOS, 2003).

Automaticamente as indústrias serão induzidas diminuir o consumo de água, seja por meio de racionalização, reuso e abatimento de cargas poluidoras ou através de formas avançadas de tratamento (PHILIPPI JR, 2003). Hespanhol (2003) completa que há necessidade de definir as prioridades de usos para as demandas imediatas que não exigem níveis elevados de tratamento, citando exemplo de reuso de água em torres de resfriamento.

#### **2.5.6.2. Reuso interno específico**

Hespanhol (2003) também informa que o reuso interno específico consiste na reciclagem de quaisquer efluentes resultante de processos industriais, no mesmo processo industrial ou nos processos sequenciais que podem utilizar a mesma qualidade de tal efluente. Este autor ainda reitera que programas de reuso podem ser concebidos, internamente em indústrias específicas, utilizando reuso macrointerno e reuso interno específico, de forma sucessiva e simultânea.

As indústrias, de forma geral, devem ser incentivadas a adotarem processos industriais e de sistemas de lavagem que consomem água de maneira correta.

O uso de efluentes tratados como fonte de água para a realização de determinados fins implica em um sistema de gestão que monitore continuamente esta fonte alternativa de água (qualitativa e quantitativamente), de forma a garantir o perfeito funcionamento e vida útil dos equipamentos e processos envolvidos, bem como resguardar os usuários de qualquer risco à saúde (NAVACHI *Apud* SANCHES, 2008).

A NBR 13.969/97 define a classificação e respectivos valores de parâmetros para água de reuso, produzida a partir de tratamento de esgoto doméstico, os quais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de água de reuso.

Parâmetro	Classes			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, incluindo chafarizes	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Descargas de vasos sanitários	Aplicação em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos, por meio de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.
pH	6 a 8	*	*	*
Turbidez	< 5	< 5	<10	*
Sólidos Dissolvidos totais (SDT) (mg/L)	< 200	*	*	*
Cloro residual	0,5 a 1,5	> 0,5	*	*
OD (mg/L)	*	*	*	> 2,0
Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL)	< 200 NMP	< 500 NMP	< 500 NMP	< 5.000 NMP

Fonte: NBR 13969 (1997)

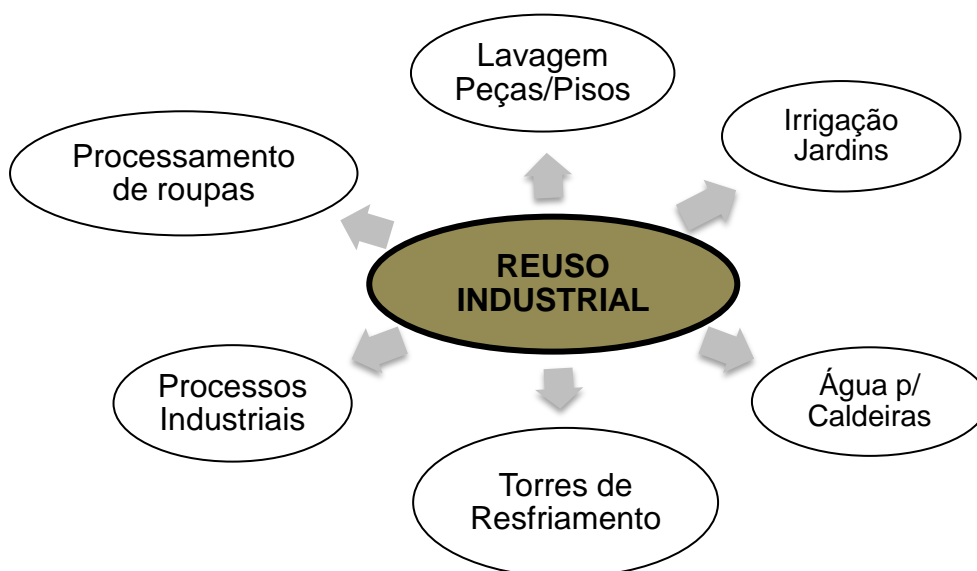
#### 2.5.6.3. Exemplos de reuso industrial

Philippi Jr (2003) apresenta os principais e possíveis usos industriais que podem ser viabilizados em áreas de concentração industrial significativa:

- Torres de resfriamento;
- Caldeira;
- Lavagem de peças e equipamentos, principalmente nas indústrias mecânica e metalúrgica;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e veículos;
- Processos industriais;
- Processamento de roupas em lavanderia.

Na Figura 4 está representado de por Mota (2000) a os possíveis usos industriais mais utilizados.

Figura 4 - Principais tipos de reuso industrial



Fonte adaptado: MOTA (2000)

O presente trabalho estará voltado para o reuso dos efluentes de uma lavanderia hospitalar, estudando o comportamento dessas águas e a melhor maneira de utilizar tais efluentes.

### 2.5.7. Reuso de águas de lavanderias hospitalares

Para reutilizá-lo os efluentes de lavanderias hospitalares é necessário levar em consideração o acompanhamento da atividade que utilizará a água de reuso, bem como a finalidade do reuso. Estes efluentes quando manuseados devem ter cuidados especiais, e parâmetros físico-químicos e microbiológicos devem ser

monitorados. Além disso, a tecnologia de tratamento adotado deve garantir que tais parâmetros não ultrapassem as concentrações máximas recomendadas (SOUZA, 2012).

Os critérios estabelecidos para a prática do reuso são baseados principalmente na proteção da saúde pública e do ambiente. Normalmente abrangem os tratamentos mínimos necessários, os padrões de qualidades exigidos para determinados usos, a eficiência exigida para o tratamento, à concepção dos sistemas de distribuição e o controle de uso de áreas (BORGES, 2003).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, por meio de comunicação pessoal, para reuso de efluentes tratados em lavanderias hospitalares deve ser observada as recomendações do Manual de Processamento de Roupas de Serviços de Saúde (BRASIL, 2009).

Para que a água de reuso seja reutilizada nos processos de lavagem da própria lavanderia, deverá apresentar as características mínimas especificadas pela ANVISA (BRASIL, 2009), conforme os parâmetros da Tabela 3.

Tabela 3 - Valores mínimos para águas de lavagem de roupas hospitalares.

Parâmetros	Valores máximos
Dureza (mg/L)	100
Ferro (mg/L)	0,3
Manganês (mg/L)	0,05
pH	6,5 a 9
Cor Aparente (Pt/Co)	15
Turbidez (UT)	5
Aspecto	Límpida e sem matérias em suspensão
Alcalinidade livre	Nula
Alcalinidade total (mg/L)	150 a 200
Cloretos (mg/L)	250
Sulfato (mg/L)	250
Cobre (mg/L)	1
Bacteriológica	Ausência em 100 mL

Fonte: Brasil (2009).

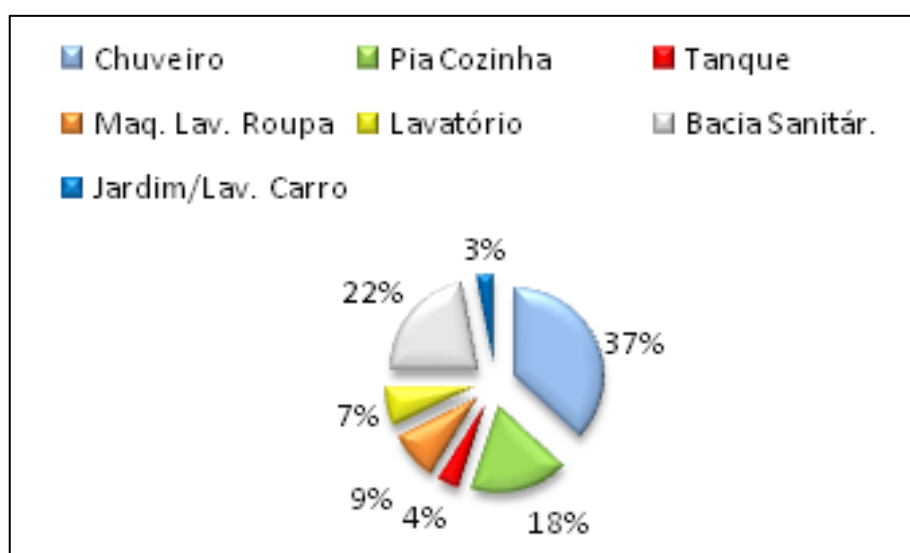
Caso o efluente seja tratado para reuso e não apresentar os parâmetros mínimos conforme a Tabela 3, isto inviabiliza seu reuso para este fim. Contudo, não impede o que seja reutilizado para finalidades de menor exigência de potabilidade, como por exemplo, em descargas sanitárias e/ou lavagem de pisos (SOUZA, 2014).

### 2.5.7.1. Possível destinação de águas de reuso

No intuito de reutilizarmos internamente as águas provenientes de qualquer atividade, é necessário quantificar a demanda de água dos outros setores avaliando o potencial de reuso.

Portanto, Franci (2006) propõe a distribuição média do consumo de água de diversos estabelecimentos. A proposição deste autor nos leva a concluir que os elementos maiores consumidores de água em estabelecimentos são os chuveiros com 37%, bacias sanitárias com 22% e a pia de cozinha com 18%, conforme representado na Figura 5.

Figura 5: Gráfico da distribuição do consumo de água em vários estabelecimentos.



Fonte: Franci (2006)

A NBR 15.857 (2011) informa que durante o acionamento de uma válvula de descarga para um tempo de até 5 segundos o volume descarregado pode chegar cerca 6,80 litros de água contando com uma margem de erro de 0,30 litros.

Para Marinoski (2007) o consumo de água de descargas sanitárias com válvulas de descarga pode ser da ordem de 1,70 litros por segundo. E de acordo com Tomaz (2003) a demanda de água de um vaso sanitário varia entre 6 a 15 litros por descarga e a frequência é de 3 a 6 descargas por indivíduo em um dia. Estes valores representam um parâmetro geral.

A demanda de gramado ou jardins é de 2 litros ao dia para cada metro quadrado e a frequência de rega é de 8 a 12 dias para cada mês (TOMAZ, 2003).

## 2.6. PARTICULARIDADES DE EFLUENTE HOSPITALAR

A evolução dos poluentes hospitalares nos ecossistemas aquáticos foi objeto de vários estudos científicos. Os resultados destes estudos permitiram identificar que os efluentes hospitalares apresentam três riscos potenciais para o homem e o ambiente: o risco microbiológico ou infeccioso ligado à existência dos micro-organismos patogênicos multirresistentes; o risco radioativo resultante da presença das rejeições que contêm isótopos radioativos; um risco químico devido aos resíduos de medicamentos e outras substâncias químicas (SANCHES, 2008).

O descarte dos efluentes hospitalares nos países desenvolvidos, normalmente, não passam por nenhum tratamento prévio, despejados diretamente nos esgotos urbanos, juntando com outros efluentes e por fim vão para a estação de tratamento de esgoto (LEPRAT, 1998). Ao término da última etapa do processo de tratamento de esgoto, o efluente purificado vai para um rio, um lago, um lençol freático ou para o oceano e na grande maioria dos casos esta água é utilizada como água potável. Contudo, Kummerer et al. (2001) alerta que as análises dos poluentes de origem hospitalar possuem algumas substâncias que provocam queda na degradação dos corpos nas Estações de Tratamento de Esgoto, como por exemplo os compostos organohalogenados, e resíduos medicamentosos.

A situação se agrava nos países em desenvolvimento, que segundo Sanches (2008), a maioria dos efluentes hospitalares são descartados diretamente no meio ambiente sem nenhum tratamento prévio. No entanto, segundo Emmanuel et al. (2005), afirma que independentemente do tipo de descarte dos efluentes hospitalares dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, a contaminação não se defere muito porque os processos tradicionais de tratamento de esgoto não são eficazes na retirada de algumas substâncias como antibióticos e hormônios.

Estes riscos são tratados de maneira isolada na literatura, sendo que, não existem estudos que tratam da avaliação global dos riscos sanitários e ambientais deste tipo de efluentes. Qualquer que seja o nível de desenvolvimento econômico de um país, o perigo representado pelos efluentes hospitalares para a saúde humana continua a ser o mesmo. (EMMANUEL, 2005).

Os rejeitos químicos, principalmente os organohalogenados, os resíduos de medicamentos e radioelementos, se por ventura não for tratado e ocorrer o descarte pelas ETE's no meio ambiente podem provocar um desequilíbrio ecológico



(SANCHES, 2008). A autora acrescenta que a situação se agrava quando as condições ambientais também não conseguem degradar tais poluentes hospitalares, sendo assim, as espécies vivas deste ecossistema correm riscos a curto, médio e longo prazo.

Estudos em hospitais alemães têm mostrado a concentração de organoclorados e organohalogenados (AOX) em amostras diárias coletadas nos pontos de descarga no sistema de esgoto público, apresentando uma concentração entre 0.13 a 0.94 mg/l (GAUTAM, KUMAR, SABUMON, 2007), e que esta concentração pode ser substancialmente mais alta (EMMANUEL et al., 2005). Ainda sobre AOX, segundo Kümmerer (2001), estão presentes em efluentes hospitalares em altas concentrações. A presença de grande quantidade de AOX no efluente hospitalar se deve principalmente aos solventes utilizados, desinfetantes, produtos de limpeza e drogas contendo cloro. A avaliação de AOX mostra que são poluentes não convencionais apresentando uma baixa biodegradabilidade e baixo poder de adsorção.

A Associação Americana de Hospitais – AHA, em 1986 considera o número de leitos ativos de um hospital como um indicador que permite avaliar qualitativamente e quantitativamente os resíduos sólidos, as emissões gasosas e o descarte de efluentes de um hospital. Conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação de hospitais em função do número de leitos.

CLASSE	Nº LEITOS ATIVOS
1	6 – 24
2	25 – 49
3	50 – 99
4	100 – 199
5	200 – 299
6	300 – 399
7	400 – 499
8	500 ou mais

Fonte: AHA (1986).

No Brasil, a classificação de hospitais por porte se inicia a partir de cinco leitos, segundo a portaria nº 1.101, de 12 de junho de 2002, deve levar em consideração o número de leitos, leitos de UTI, tipos de leitos de UTI, procedimentos de alta complexidade que realiza, se possui atendimento de urgência/emergência,

atendimento à gestante de alto risco e quantidades de leito cirúrgico como itens mínimos de avaliação.

Os hospitais consomem um grande volume de água por dia, segundo Gadelle (1995) o consumo doméstico mínimo é de 100 l/pessoa/dia, para hospitais estes valores no geral variam entre 400 a 1.200 l/leito/dia (DELOFFRE, 1995; LEPRAT, 1998). Nos E.U.A., o consumo de um modo geral é de 968 l/leito/dia (EPA, 1989). Na França, o consumo aproximado em um hospital universitário está estimado em 750 l/leito/dia (LEPRAT, 1998). Em países em desenvolvimento, o consumo é ao redor de 500 l/leito/dia. A partir destes dados, Kümmerer (2001) afirma que este significativo volume de efluente gerado é composto de microrganismos, metais pesados, compostos químicos tóxicos, e elementos radioativos (KÜMMERER, 2001).

Segundo estudo feito na Alemanha, a demanda de água de um hospital com 400 leitos varia entre 45.000 e 80.000 m<sup>3</sup>/ano. Sendo que o consumo de um hospital de porte médio (excluindo a lavanderia e pesquisas laboratoriais) está entre 300 – 400 l/leito/dia, sendo que de 50 a 60% do total de água demandada, excluindo a lavanderia, é referente às internações (DICHTL *apud* SANCHES, 2008).

### **2.6.1. Características dos efluentes de setores hospitalares**

Dichtl (2008) levantou as principais fontes dos efluentes hospitalares, que são as seguintes: quartos de internações, laboratórios de análises médicas, pesquisas médicas, lavanderias, cozinhas, etc. Na Tabela 5 seguem de forma resumida as respectivas características de cada setor:

Segundo Emmanuel (2003), os estabelecimentos hospitalares produzem três tipos de efluentes:

- Rejeições de origem doméstica: as águas provenientes das cozinhas, as rejeições que resultam das atividades de lavanderia e para higiene dos pacientes e funcionários;
- Rejeições industriais: as águas provenientes das garagens e locais de manutenção, que contêm geralmente um volume importante de óleos e de detergentes; e
- Efluentes gerados pelas atividades hospitalares, de análise e de investigação, que são muito específicas aos hospitais.

Para este trabalho, estaremos dando maior ênfase no estudo dos processos industriais de lavanderias hospitalares, a fim de encontrar sua melhor forma de tratamento e reuso de seus efluentes.

### **2.6.2. Processamento de roupas em lavanderias hospitalares**

A lavagem é o processo que consiste na eliminação da sujeira fixada na roupa, deixando-a com aspecto e cheiro agradáveis, nível bacteriológico reduzido ao mínimo e confortável para o uso. O ciclo a ser empregado no processo de lavagem é determinado de acordo com o grau de sujeira, tipo da roupa, tipo de equipamento da lavanderia e dos produtos utilizados (SOUZA, 2012).

Para Mesiano e Lisboa (2006) a lavanderia hospitalar é uma unidade que funciona na forma de apoio logístico, destinada ao atendimento dos clientes internos e/ou externos do hospital, que tem como finalidade coletar, separar, processar, fornecer e distribuir ao hospital as roupas em condições de uso, higiene, quantidade, qualidade e conservação. Diferindo-se das lavanderias comerciais pela obrigatoriedade da barreira de contaminação que separa a área limpa da área contaminada ou suja.

As atividades nas lavanderias de hospitais são: coleta e armazenamento, transporte, pesagem, separação e classificação, lavagem, centrifugação, calandragem, secagem, prensagem e distribuição de roupas (MESIANO; LISBOA, 2006).

Segundo Rutala e Webber (1997) nos serviços são utilizadas roupas diferentes e vários setores, dentre elas incluem os lençóis, fronhas, cobertores, toalhas, colchas, cortinas, propés, roupas de pacientes, fraldas, compressas, campos cirúrgicos, máscaras, aventais, gorros, e outros. Por meio desses exemplos, percebe-se a existência de uma gama variada de sujidades, locais de origem e formas de utilização dessas roupas nos serviços de saúde.

Um bom sistema de processamento da roupa é fator de redução das infecções hospitalares. Estudos realizados na área de microbiologia revelaram que o processamento da roupa em um ambiente único, utilizado nas lavanderias tradicionais, propicia a recontaminação constante da roupa limpa na lavanderia. Esses estudos mostraram, ainda, que grande número de bactérias jogadas no ar, durante o processo de separação da roupa suja, contaminava todo o ambiente

circundante. Tais descobertas modificaram completamente a planta física da lavanderia hospitalar, bem como instalações, equipamentos e os métodos utilizados no processamento da roupa (KONKEWICZ, 2008).

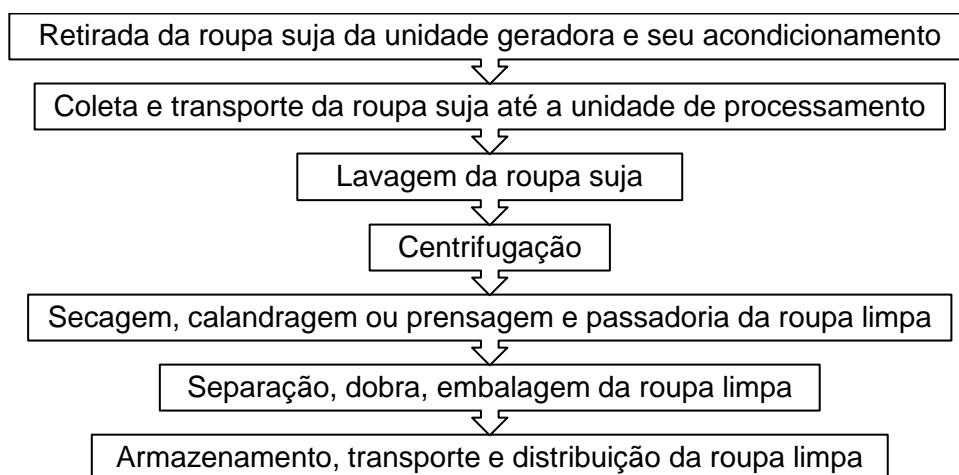
A principal medida introduzida para o controle das infecções, foi a instalação de barreira de contaminação, que separa a lavanderia em duas áreas distintas (SANCHES, 2008):

- Área contaminada ou suja, utilizada para separação e lavagem; e
- Área limpa, utilizada para acabamento (centrifugação, secagem/calandragem, dobragem) e guarda.

Sanches (2008) ressalva que a eficácia desta separação de contaminação só é realmente eficiente se existirem as lavadoras de desinfecção, com duas portas de acesso, uma para cada área, na parede que separa a área suja/contaminada da área limpa, e se as pessoas da área contaminada não circularem nas áreas onde a roupa sai limpa. A barreira de separação deve ser dotada de visores para facilitar a comunicação e o controle.

As atividades realizadas em uma lavanderia hospitalar foram resumidas conforme os processos do fluxograma representado na Figura 6 por Brasil (2009).

Figura 6 - Atividades realizadas no processamento de roupas.



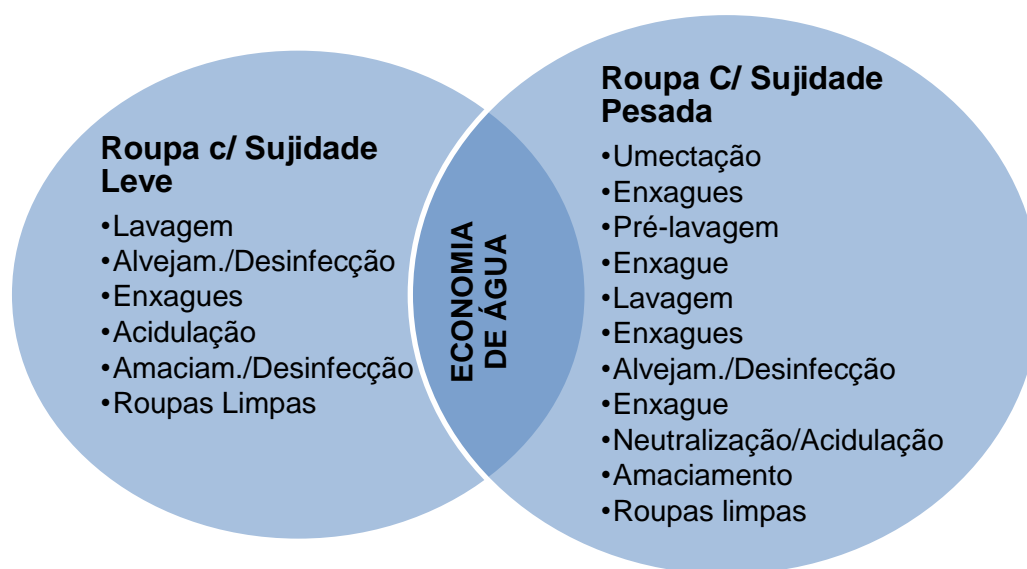
Fonte adaptado: BRASIL, 2009.

Para organizar, racionalizar e economizar água no processo de lavagem, assim que a roupa chega à lavanderia, antes de iniciar o processamento, é feita a pesagem e classificação para separar as roupas por grau de sujidade. Esta etapa é importante para definir o processo no qual será submetido à lavagem das roupas, além disso, esse processo ainda depende do tipo de roupa, tipo de equipamento da

lavanderia e dos produtos utilizados (BRASIL, 2009). Ainda segundo o mesmo autor o grau da sujeira da roupa pode ser dividido e também representado na Figura 7:

- Roupa com sujeira pesada: roupa com sangue, fezes, vômitos e outras sujeiras proteicas;
- Roupa com sujeira leve: roupa sem presença de fluidos corpóreos, sangue ou produtos químicos.

Figura 7 - Processos de lavagem de roupas.



Fonte adaptado: BRASIL (2009).

A lavagem é o processo que consiste na eliminação da sujeira fixada na roupa, deixando-a com aspecto e cheiro agradável, nível bacteriológico reduzido ao mínimo e confortável para o uso (BRASIL, 2009).

O Ministério da Saúde definiu que os princípios associados no processo de lavagem são divididos pela seguinte ordem:

- Física: mecânica, temperatura e tempo. e
- Química: detergência, alvejamento, desinfecção, acidulação e amaciamento.

Durante a lavagem, a sujeira é removida por meio da combinação das ações mecânica (temperatura e tempo) com o efeito químico das substâncias que promovem detergência, alvejamento, desinfecção, acidulação e amaciamento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1986).

Todo esse processo é realizado graças aos enxágues, porque de acordo com Brasil (2009) é por meio deste que da ação mecânica remove, por escoamento, as

sujidades, contaminações e produtos químicos presentes nas roupas, além disso, o enxague adequado minimiza o risco de dano ao tecido.

A relação kg/paciente pode variar dependendo da especialidade do serviço de saúde, da frequência de troca de roupas ou mesmo da utilização de roupas ou enxoval descartáveis. Segue na Tabela 5 uma estimativa de carga de roupa de acordo com o tipo de hospital.

Tabela 5 - Relação entre tipo de hospital e carga de roupa de leitos.

<b>Tipo de Hospital</b>	<b>Carga de Roupa</b>
Hospital de longa permanência, para pacientes crônicos	2 kg/leito/dia
Hospital geral, estimando-se uma troca diária de lençóis	4 kg/leito/dia
Hospital geral de maior rotatividade, com unidades de pronto-socorro, obstetrícia, pediatria e outras	6 kg/leito/dia
Hospital especializado, de alto padrão	8 kg/leito/dia
Hospital escola	8 a 15 kg/leito/dia

Fonte adaptado: MINISTÉRIO DA SAÚDE (1986).

Percebe-se então que em função do número de enxagues, carga de roupa e uma gama de processos mecânico-químicos, as lavanderias de hospital são grandes consumidoras de água e conseqüentemente geram volume considerável de efluentes com alto grau poluidor, tornando-as prejudiciais ao meio ambiente.

Portanto, uma forma de minimizar o consumo de água por meio da reciclagem da água e ao mesmo tempo diminuir a potencialidade dos danos ambientais causados pela lavanderia do Hospital Geral Público de Palmas seria, por meio do reuso dos efluentes desta, estudar uma forma economicamente viável, sistematicamente saudável e ambientalmente correta de reutilização destas águas residuárias.

### **2.6.3. Efluentes de lavanderias hospitalares**

No intuito de cumprir com os objetivos deste estudo, a qualificação, a quantificação e a caracterização dos efluentes gerados são de fundamental importância. Sendo assim, este tópico tem como objetivo identificar os componentes de entrada na lavagem da roupa, sendo que os principais componentes são: produtos químicos próprios às lavanderias, sujidades provenientes das roupas, e a água de entrada utilizada na lavagem.

A atividade industrializada de lavagem de roupas é uma atividade de apoio, que faz parte dos serviços de saúde dentro de um hospital, que possui forte influencia na qualidade da assistência à saúde, principalmente no que se refere à

segurança e ao conforto do paciente e colaborador. Este serviço apresenta grande importância no contexto hospitalar (SOUZA, 2012).

Acontece que segundo o Ministério da Saúde (1986) estima-se que cerca de metade da água utilizada nos hospitais é destinada ao consumo da lavanderia. Estima-se que são necessários cerca de 40 a 50 litros de água para cada quilo de roupa nas máquinas de lavagem, considerando-se uma previsão de consumo de água de 250 litros/leito/dia.

#### **2.6.3.1. Tipos de sujeiras**

Sanches (2008) classifica as sujidades em sujeiras sólidas e líquida. A poeira, argila, sais, carvão, etc., são consideradas sólidas, ao passo que a líquida resulta na presença de material oleoso, ácidos, secreções de pele. Podendo estas serem mistas quando os sólidos se associarem com elementos graxos.

As fibras porosas (algodão e linho) são mais penetradas pela sujeira. As fibras não esponjosas (seda e lã) têm menos penetração da sujeira. As fibras sintéticas não têm fissuras ou esponjosidade e assim, a sujeira apenas adere à superfície, sem penetrar. Todavia, a sujeira graxa e oleosa a reveste de uma camada com forte aderência. A remoção é feita mediante a emulsão da substância em água. A sujeira tem carga elétrica positiva, enquanto que, o pano tem carga negativa, resultando daí, a natural aderência. Os detergentes têm carga positiva. A repulsão ocorre pelo fato de que, os polos iguais se repelem e os diferentes se atraem.

#### **2.6.3.2. Caracterizações diversas de efluentes de lavanderias hospitalares**

As águas residuais geradas nas lavanderias caracterizam-se principalmente pela presença de detergentes, quase sempre microrganismos patogênicos e outros aditivos, que de forma geral são chamados de polifosfatos, carbonatos, corantes, agentes bactericidas, enzimas (SANCHES, 2008). Autora acrescenta que os detergentes de lavanderias hospitalares, além de possuírem princípios ativos, podem ter adjuvantes.

As substâncias citadas por Sanches (2008) no parágrafo anterior são regulamentadas pela Lei Federal nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, pela Portaria nº 15, de 23 de agosto de 1988 e pela Resolução RDC/ANVISA nº 184, de 22 de

outubro de 2001. A RDC/ANVISA nº. 14/07 ainda classifica como produto de ação microbiana de uso específico (BRASIL, 2009). Nesse sentido, Sanches (2008) acrescenta que também é importante observar as orientações contidas no rótulo dos produtos deste gênero, observando a diluição de uso e tempo de contato do produto, garantindo assim sua eficácia e segurança de uso. Ela também faz menção aos produtos químicos mais utilizados em lavanderias hospitalares:

- Sabão;
- Detergente;
- Agentes alvejantes;
- Amaciantes;
- Desinfetantes.

Uma lavanderia hospitalar, dentre os outros setores, do ponto de vista ambiental é o que gera o efluente mais nocivo. As altas concentrações de produtos químicos como sanitizantes, desinfetantes, antibióticos, umectantes, surfactantes, entre outros, conferem a esses efluentes o poder de exercer características de menor biodegradabilidade ao efluente gerado pelas unidades hospitalares (EMMANUEL et al., 2005). Dentro deste raciocínio, Souza (2012) observa que a presença dessas substâncias pode gerar problemas no tratamento biológico das estações de tratamento, devido justamente as características recalcitrantes e antibacterianas dessas substâncias, podendo ainda apresentar riscos aos ecossistemas aquáticos que são expostos a esses compostos presentes no efluente de lavanderia hospitalar.

Estas substâncias citadas no parágrafo anterior por Emmanuel (2005), de acordo com Vilela (2003) conferem às águas residuais de lavanderias industriais certas características específicas no qual estão destacadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição de efluentes específicos de lavanderias industriais.

Parâmetro	Quantidade
pH	9,0 a 9,3
Alcalinidade de carbonato de sódio	60 a 250 mg/l
Sólidos Totais	800 a 1200 mg/l
DBO5 20°C	400 a 450 mg/l

Fonte: Vilela (2003)

Em uma lavanderia de hospital em Português, o Hospital Distrital de Santarém, Noronha (2002) obteve as características dos efluentes, conforme apresentado na Tabela 7.



Tabela 7 - Características do efluente de hospital Português (lavanderia).

Parâmetros	Valor
pH	7,94
SST (mg/l)	16,8
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	60
DQO (mg/l)	260
Óleos e Gorduras (mg/l)	748
Nitrogênio Total (mg/l)	4
Fósforo Total (mg/l)	5
Alumínio (mg/l)	0,23
Bário (mg/l)	0,6
Prata (mg/l)	<0,04
Mercurio (mg/l)	0,78
Zinco (mg/l)	0,77
Cádmio (mg/l)	<0,005
Chumbo Total (mg/l)	0,03
Níquel (mg/l)	<0,03
Fenóis (mg/l)	0,01
Detergentes (mg/l)	<0,14
Col. Totais (/100ml)	>16000
Col. Fecais (/100ml)	>16000

Fonte – NORONHA (2002).

Aston & Grand (1987) *apud* Grull et al. (2003) publicaram dados sobre a qualidade dos efluentes de lavanderias hospitalares, os quais estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Características dos efluentes em lavanderias hospitalares.

Parâmetro	Unidade	Valores
Óleos e graxas	mg/L	28
DQO	mg/L O <sub>2</sub>	632
DBO	mg/L O <sub>2</sub>	172
Nitrogênio amoniacal	mg/L	ND*
NTK	mg/L	14
pH	-	11
Alcalinidade total	mg/L	367
Turbidez	NTU	49
Cor aparente	mg/L Pt/Co	335
Cloro residual livre	mg/L	ND
Cloro residual combinado	mg/L	ND
SST	mg/L	55
SDT	mg/L	950
Ferro total	mg/L	0,23
Manganês	mg/L	0,027
Condutividade	μS	1.327

Fonte: Aston e Grant (1987) *apud* Grull et al. (2003).

Ao compararmos alguns dos resultados encontrados nas características dos efluentes de uma lavanderia hospitalar Portuguesa por Noronha (2002) e o estudo realizado por Aston e Grant (1987) e publicado no estudo de Grull *et al.* pode ser observado uma disparidade considerável no pH, óleos e graxas, DQO e nitrogênio.

Esta diferença talvez ocorra em função das épocas estudadas, padrões de hospitais, número de leitos, e tecnologias aplicadas na lavagem das roupas.

Kist et al.(2005) caracterizaram o efluente bruto de uma lavanderia hospitalar. Coletando amostras de efluentes na saída da máquina de lavagem. Analisaram o efluente de cinco etapas do processo de lavagem para roupas de grau de sujidade pesada: a água da pré-lavagem, a lavagem com dois detergentes, a lavagem de alvejamento e desinfecção com peróxido de hidrogênio, a lavagem com aquecimento e o enxague/amaciamento. Os resultados da caracterização dos efluentes brutos pode ser apreciado na Tabela 9.

Tabela 9 - Características analíticas de efluentes de lavanderia hospitalar.

Etapas	pH	N (mg/L)	P (mg/L)	Turbidez (NTU)	Surfactantes (mg/L)	Coliformes termotolerantes NPM/100ml	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
Pré-lavagem	7,20	13,30	0,56	85	-	160000	829	2182
Lavagem	6,50	5,30	2,86	52	-	35000	415	4692
Alvejamento	11,50	5,30	1,51	42	0,482	< 2	127	1850
Lav. Aquecimento	10,20	2,90	0,99	36	0,385	< 2	625	3761
Amaciamento	7,60	0,30	0,19	30	-	< 2	311	1229

Fonte: Kist *et al.* (2005)

O estudo realizado por Kist *et al.* (2005) nos leva a concluir que na pré-lavagem e lavagem os resultados de coliformes termotolerantes, DBO e DQO (Demanda Química de Oxigênio) são críticas, apresentando altos valores. Contudo, é notório o decréscimo dos valores de DBO e DQO até o alvejamento, e a partir da lavagem e aquecimento houve altas variações. Essa característica revela a eficácia dos produtos químicos empregados em cada etapa, diminuindo os níveis de coliformes termotolerantes, que simultaneamente altera os níveis de DBO e DQO.

Em um momento posterior, Kist *et al.* (2006) realizou um novo estudo, e desta vez as amostras foram coletadas imediatamente após o efluente de todas as etapas de lavagem ter sido misturadas, porém antes de chegarem ao esgoto da cidade. Avaliou as amostras de água bruta com os mesmos parâmetros do estudo anterior e, em seguida, submeteu as amostras ao tratamento com método de Fenton e realizou a mesma caracterização, as quais os resultados foram estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados de caracterização da amostra de água bruta e tratada (método Fenton).

	pH	N (mg/L)	P (mg/L)	Turbidez (NTU)	Surfactantes (mg/L)	Coliformes termotolerantes NPM/100ml	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)
<b>Amostra bruta</b>	8,60	12,60	0,40	49	< 0,02	$1,6 \times 10^4$	460	1180
<b>Amostra tratada com método Fenton</b>	-	14,20	2,00	17	< 0,02	< 2	339	375

Fonte: Kist *et al.* (2006)

O tratamento pelo método de Fenton apresentou expressiva eficácia sendo visível a redução considerável dos níveis de Coliformes termotolerantes e DQO. A turbidez e a DBO foi reduzida em pequena escala, mas provocou um pequeno aumento nos níveis de nitrogênio e fósforo.

Os resultados da pesquisa de Lutterbeck (2010) tiveram por objetivo fazer a caracterização dos efluentes gerados em uma lavanderia hospitalar, bem como, o tratamento desses efluentes. A caracterização identificou as etapas mais críticas no processo de lavagem: o enxágue inicial das compressas e a lavagem. Os resultados da caracterização estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 - Características analíticas de águas residuais de lavanderia hospitalar.

Parâmetro	Enxague composto	Pré- Lavagem	Lavagem	Amaciamento	Amostra Composta	1º enxague compressas	CONSEM A <sup>a</sup> 128/2006
DQO (mg/L)	293,95	426,85	555,58	153,85	288,46	838,86	360
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	70	36,33	15,67	13,33	23,33	440,67	150
Condutiv.	213,3	1320	368,8	378,26	412,03	363,76	-
PH	7	10	9,5	6,5	9	7	6-9
Turbidez (NTU)	59,56	117,8	73,55	73,06	43	213,94	-
F total (mg/L)	0,47	0,56	0,19	0,48	1,5	1,95	4
NTK (mg/L)	12,1	9,23	3,13	1,1	6,6	67,6	20
Coliformes Termotoler. (NMP/100 ml)	68.333	<180	<180	<180	15.500	$2,97 \times 10^6$	$10^5$
Ecotoxic. CE 50 (I) 48h (%)	100	41	14,2	65,49	81,49	28,8	-
Temperatura °C	20,5	42	83	29	28	21	≤ 40

Fonte: Lutterbeck (2010)

Por meio dos estudos de vários autores foi observada a importância de uma lavanderia no meio hospitalar e também mostrou o potencial poluidor que suas águas residuais apresentam. Mediante esta problemática, o conhecimento de suas propriedades e parâmetros exclusivos, capacita-nos a criar táticas e métodos coerentes de tratamento e disposição, no sentido de minimizar os danos ambientais onde são despejados, bem como, nas estações de tratamento e principalmente os

possíveis fins de reuso. A seguir foram reunidos alguns exemplos de estudos feitos sobre tecnologias de tratamento de efluentes de lavanderias.

## 2.7. Processos convencionais de tratamento de efluentes industriais

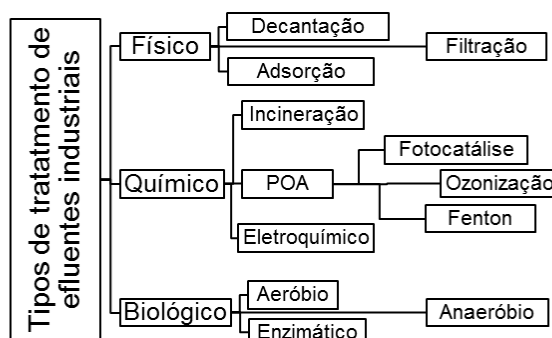
Este trabalho tem por finalidade principal a tentativa de reutilizar, da melhor forma, os efluentes da lavanderia do Hospital Geral Público de Palmas, e para maior desempenho na adequação e resolução desta problemática, a seguir mostraremos os principais processos de tratamento de águas residuais, bem como suas tecnologias que deram origem aos grandes e compactos métodos de tratamento.

Para seleção do sistema de tratamento de esgotos deve-se dar preferência à aqueles capazes de minorar do consumo de energia, minimizar os resíduos gerados, reduzir os custos de implantação, operação e manutenção, com a garantia de eficácia na destruição de poluentes e matéria orgânica, devendo também atender a legislação ambiental do local implantado (OLIVEIRA, 2004).

Conforme citado neste estudo, o efluente de lavanderias hospitalares é bastante agressivo ao meio ambiente, a biodegradabilidade é baixa até mesmo nas grandes ETE's e é extremamente prejudicial quando lançados sem qualquer forma de tratamento, em sua forma bruta.

Devido à extrema complexidade dos efluentes industriais e a diversidade dos compostos que podem ser encontrados nos mesmos, cada estudo de viabilidade de tratamento deve ser realizado de maneira isolada. Em função deste fato, muitas alternativas têm sido estudadas. De maneira geral, procura-se uma alternativa que permita, não somente a remoção das substâncias contaminantes, mas sim a sua completa mineralização (FREIRE, 2000). A Figura 8 esquematiza, de uma maneira geral, os principais métodos de tratamento de efluentes industriais.

Figura 8 – Classes de tratamento de efluentes industriais.



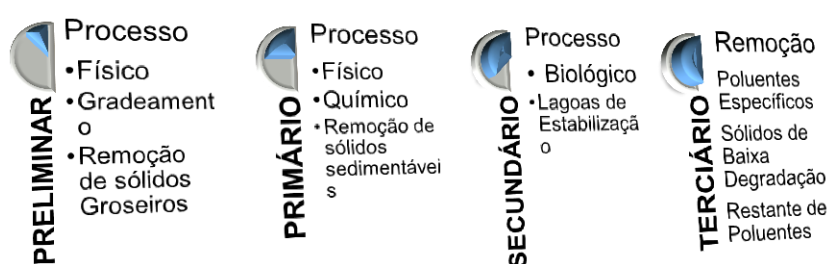
Fonte adaptado: Freire (2000).

A remoção de poluentes de forma a adequar o lançamento ao padrão de qualidade vigente está associada aos conceitos de eficiência e níveis de tratamentos, os quais podem ser classificados como (ROHLOFF, 2011):

- Tratamento preliminar: caracterizado na remoção de sólidos grosseiros em suspensão por mecanismos físicos, normalmente efetuados com gradeamento.
- Tratamento primário: consiste na remoção de sólidos sedimentáveis em suspensão e parte da matéria orgânica. Também predomina os mecanismos físicos-químicos de remoção.
- Tratamento secundário: caracteriza-se pela remoção da matéria orgânica em suspensão fina não removida no tratamento primário e nutrientes (nitrogênio e fósforo). Este tratamento baseia-se na remoção de poluentes por mecanismos biológicos.
- Tratamento terciário: caracterizado pela remoção de poluentes específicos, isto é, compostos tóxicos e não biodegradáveis, e também de poluentes não removidos no tratamento secundário.

Estes tratamentos podem melhor serem visualizados na Figura 9 que resume de maneira estratégica os processos de tratamento de efluentes que podem ser aplicáveis aos efluentes de uma lavanderia hospitalar.

Figura 9 – Processos de tratamentos de efluentes.



Fonte: O Autor (2015).

Sabe-se que os processos de tratamento de efluentes usualmente utilizados são bastante eficientes na remoção de sólidos em suspensão e de matéria orgânica. Entretanto, para a remoção de micro-organismos patogênicos esses processos são ineficientes. Desse modo, é necessário o tratamento terciário para efluente de hospitais, pois este possui carga microbiana alta e este tipo de tratamento é responsável pelo controle da contaminação por patogênicos (ROHLOFF, 2011).

Sautchuk *et al.* (2004) acrescenta que em muitos casos, o tratamento de efluentes pode ser realizado utilizando-se as mesmas tecnologias normalmente utilizadas para tratamento de água, mas muitas vezes torna-se necessário lançar mão do uso de outras tecnologias, as quais são específicas para a remoção dos contaminantes presentes nos efluentes.

A quantidade e características dos efluentes irão depender, principalmente, dos tipos de atividades realizadas no estabelecimento. O tratamento de efluentes deve ser realizado por meio da utilização de operações e processos unitários, que sejam capazes de reduzir a concentração de contaminantes presentes para níveis compatíveis com os padrões de emissão estabelecidos por normas ou a níveis adequados para formas de reuso subsequentes ou mesmo para lançamento em corpos receptores (SANCHES, 2008).

Dada a natureza, diversidade, periculosidade, grau de risco, quantidade e tratamento diferenciado exigido, a gestão dos efluentes obriga uma atenção acrescida, não só dentro da unidade de saúde, mas até seu destino final (NORONHA, 2002). Sendo assim, conforme as características da água residuárias deverão ser equacionadas soluções de tratamento a utilizar. Para o tratamento de efluentes pode ser necessário promover a combinação entre duas ou mais tecnologias, para que sejam obtidos resultados satisfatórios (SANCHES, 2008).

Logo a frente será dada uma breve explicação sobre as operações sobre os fenômenos que ocorrem dentro dos processos de tratamento convencionais e algumas tecnologias em específico que se mostraram eficientes segundo alguns autores, na remoção de poluentes característicos de efluentes hospitalares.

### **2.7.1. Processos de tratamento físico-químicos**

Braile e Cavalcanti (1993) afirma que os efluentes de lavanderias normalmente são tratados por processo físico-químico de coagulação, floculação, sedimentação e flotação e filtração.

A coagulação é promovida pela adição de reagentes coagulantes para desestabilizar partículas coloidais, permitir aglomeração ou floculação com outras partículas suspensas e formar partículas maiores que sedimentam facilmente. A agregação de partículas ocorre devido à diferença de potencial entre a parede do plano de cisalhamento e o seio do líquido, por meio da adição de íons que irão

reduzir a carga superficial ou adição de eletrólitos, adição de moléculas orgânicas de longa cadeia (polímeros) ou adição de substâncias químicas (metais ionizáveis como sais de ferro e alumínio, cal, sulfato férrico, entre outros) (ROHLOFF, 2011). Giordano (2004) completa a ideia anterior afirmando que a adição de coagulantes também é eficaz na remoção de fósforo, tendo como desvantagens o custo dos produtos químicos e o maior volume de lodo formado. As grandes vantagens são a praticidade e a boa qualidade dos efluentes obtidos.

A floculação é um processo físico que ocorre logo após a coagulação. É baseado na ocorrência de choques entre as partículas formadas anteriormente, objetivando a formação de flocos ainda maiores, com maior volume e densidade. Para a ocorrência dos choques entre as partículas, é necessário que haja agitação na água, provocada pelos gradientes de floculação. Esses gradientes devem ser limitados para que não ultrapassem a capacidade de resistência ao cisalhamento das partículas e não destruam os flocos formados anteriormente (DI BERNARDO *et al* 2005).

Após a formação dos flocos é necessário removê-los do meio líquido. Isso pode ser feito por meio da sedimentação, a qual pode ser definida como o processo seguinte à floculação, e pode ser considerada como um fenômeno físico de separação de fases (sólido-líquido), em que as partículas apresentam movimento descendente devido à ação da força da gravidade, propiciando a clarificação do meio líquido (DI BERNARDO *et al.* 2005).

A flotação é usada para separar partículas sólidas ou líquidas de uma fase líquida, através da indução de bolhas de ar no líquido principalmente para remover matéria suspensa e para concentrar lodos biológicos. As bolhas entram em contato com a matéria particulada causando a ascensão das partículas à superfície. Assim as partículas mais densas que o líquido ascendem (ROHLOFF, 2011).

Filtração é um processo de separação sólido-líquido, envolvendo fenômenos físicos, químicos e, às vezes biológicos. Visa à remoção das impurezas da água por sua passagem através de um meio poroso (RICHTER; AZEVEDO, 1991).

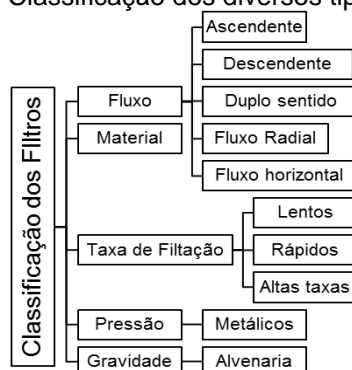
Para determinados usos da água, a filtração pode preceder a alguns processos mais avançados, tais como adsorção em carvão ativo, este processo será mais bem detalhado no capítulo que trata das tecnologias indicadas ao tratamento de efluentes de lavanderia (BROWN; CALDWELL, 1989 *apud* SANCHES, 2008).

São bastante conhecidas as combinações antracito e areia, carvão ativado e areia, resina e areia, resina e antracito carvão ativado e areia e granada (MANCUSO; SANTOS, 2003). Os filtros são classificados de acordo:

- Sentido do fluxo: ascendente, descendente, duplo sentido, fluxo radial e fluxo horizontal;
- Material que constitui seu leito;
- A taxa de filtração: lentos, rápidos e de altas taxas;
- Filtro de pressão ou a gravidade: normalmente os filtros de pressão são metálicos e os de gravidade podem ser de alvenaria e também metálicos.

A Figura 10 ilustra a classificação dos diversos tipos de filtros segundo Mancuso e Santos (2003)

Figura 10 - Classificação dos diversos tipos de filtros.



Fonte: O Autor (2015).

### 2.7.2. Processos de tratamento biológicos

No tratamento biológico, microrganismos, principalmente as bactérias, convertem a matéria orgânica em compostos inócuos. São os mais comumente utilizados por apresentarem baixo custo e eficácia na oxidação de um grande número de poluentes orgânicos. Dividem-se em aeróbios, utilizando bactérias e fungos que necessitam do oxigênio molecular e formam  $\text{CO}_2$  (Dióxido de carbono) e  $\text{H}_2\text{O}_2$  (Peridóxo de hidrogênio) ao final; e anaeróbios, utilizando bactérias que não necessitam do oxigênio molecular e que produzem no fim  $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$  (Metano). São limitados porque apresentam dificuldades operacionais, sendo suscetíveis às condições ambientais e às características dos efluentes (materiais tóxicos e não biodegradáveis). Também necessitam de um longo tempo para degradar a matéria orgânica, geram grande quantidade de biomassa, apresentam dificuldade na



disposição do lodo (procedimento de secagem natural ou mecanizada) e possuem estreitas faixas de pH e temperatura para ativar o sistema biológico (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

Os esgotos e os efluentes industriais clarificados, devido à remoção da matéria orgânica em suspensão e dissolvida, são considerados tratados, e o grau de tratamento é definido pela legislação ambiental. Os principais processos são (GIORDANO, 2004):

- Lagoas anaeróbias e fotossintéticas;
- Processos aeróbios: lodos ativados e suas variantes: aeração prolongada; lodos ativados convencionais; lagoas aeradas facultativas; aeradas aeróbias.
- Processos facultativos: biofilme (filtros biológicos, biodiscos e biodecantadores) e algumas lagoas (fotossintéticas e aeradas facultativas).
- Processos anaeróbios: lagoas anaeróbias e biodigestores.

### 2.7.3. Tratamento por processos oxidativos avançados

Processos Oxidativos Avançados – POA's são baseados em processos físico-químicos com potencial de produzir radicais hidroxilos ( $\text{OH}^\cdot$ ), espécies altamente oxidantes, em quantidade suficiente para mineralizar a matéria orgânica a dióxido de carbono, água e íons inorgânicos (POLEZI, 2003).

Os radicais hidroxilo podem ser gerados por meio de reações envolvendo oxidantes fortes, como o ozônio ( $\text{O}_3$ ) e peróxido de hidrogênio, semicondutores, como o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) e óxido de zinco ( $\text{ZnO}$ ) e radiação ultravioleta (UV) (TEIXEIRA; JARDIM, 2004). Os radicais hidroxilo possuem propriedades adequadas para degradar todos os compostos orgânicos e reagir de  $10^6$  a  $10^{12}$  vezes mais rápido que oxidantes alternativos como o ozônio (POLEZZI, 2003). A Tabela 12 apresenta o potencial de oxidação de alguns oxidantes.

Tabela 12 - Potencial Redox dos principais oxidantes.

Espécie	Potencial redox (V)
Flúor	3,03
Radical hidroxilo	2,80
Oxigênio atômico	2,42
Ozônio	2,07
Peróxido de Hidrogênio	1,78
Permanganato	1,68
Dióxido de Cloro	1,57
Cloro	1,36
Iodo	0,54

Fonte: TEIXEIRA; JARDIM (2004).

A grande vantagem dos POA's é que durante o tratamento, os poluentes são destruídos e não só transferidos de uma fase para outra como ocorre em alguns tratamentos convencionais (TEIXEIRA E JARDIM, 2004).

A desvantagem dos processos oxidativos tange o fato de que, sob certas condições, podem produzir substâncias recalcitrantes ou mais tóxicas que o composto inicial. Por exemplo, o cloro sendo utilizado como oxidante, pode converter contaminantes hidrocarbonetos em derivados mais prejudiciais, os trihalometanos (THM's), compostos carcinogênicos e não biodegradáveis (TEIXEIRA; JARDIM, 2004).

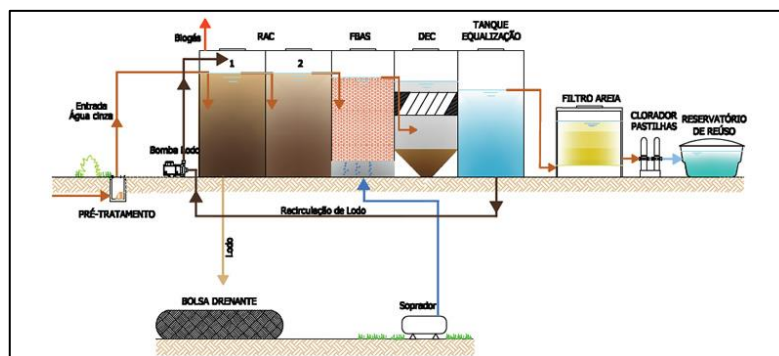
#### **2.7.4. Estação de tratamento de efluentes compacta – ETEC**

A ETEC tem por finalidade tratar o esgoto proveniente de indústrias, centros comerciais, condomínios, lavanderias, residências, entre outros. Permitindo seu descarte conforme parâmetros exigidos pela legislação brasileira, reduzindo, assim, os impactos ambientais e contribuindo para uma gestão sustentável responsável do empreendimento. Na Figura 11 temos o fluxograma de funcionamento de uma ETEC.

O sistema de tratamento por ETEC's são bastante vantajosos, dentre essas vantagens podemos citar:

- Alta capacidade de remoção de carga orgânica;
- Processo mais econômico do que os métodos tradicionais;
- Facilidade de instalação;
- Simplicidade operacional;
- Baixo requisito de área;
- Baixo custo de implantação, operação e manutenção;
- Baixo impacto em ambientes urbanos (ruído, odor, visual).

Figura 11: Fluxograma de uma ETEC.



Fonte: Bioproject (2015).

## 2.8. Tecnologias para o tratamento de efluentes de lavanderias hospitalares

Por meio de levantamento realizado na literatura científica, verificou-se que existem poucos trabalhos sobre as tecnologias utilizadas no tratamento de efluentes de lavanderias de serviços de saúde. As características desses efluentes envolvem alguns compostos que não permitem a adoção de uma solução única de tratamento. Os trabalhos encontrados mostram que geralmente são utilizados mais de um tratamento (SOUZA, 2012).

Silveira et al. (2003) estudaram a possibilidade de utilizar um processo biológico anaeróbico para o tratamento do efluente da lavanderia hospitalar do Hospital de Clínicas de Porto Alegre – RS. A lavanderia emprega um surfactante não iônico industrial que possui como princípio alcoóis graxos etoxilados. Foram avaliadas a degradabilidade anaeróbia dos efluentes da lavanderia e de soluções feitas com detergente não iônico industrial, utilizando acetato de sódio como co-substrato. A degradabilidade foi avaliada por meio da medição da atividade metanogênica específica, realizada em respirômetro anaeróbico.

Os resultados obtidos no trabalho mostraram que o tratamento deste efluente, por meio de um processo biológico anaeróbico, é possível desde que receba a adição de um co-substrato e que o mesmo sofra uma diluição, uma vez que para amostras com efluente bruto não houve produção de metano (SOUZA, 2012).

Embora os tratamentos físico-químicos se mostrem capazes de diminuir a concentração de sólidos, podem não ser suficientes para a remoção de outros compostos. Devido às características recalcitrantes do efluente de lavanderia hospitalar, a utilização de processos oxidativos avançados tem-se se apresentado como uma alternativa para a degradação dos poluentes presentes neste efluente.

Uma alternativa para o tratamento de efluentes de lavanderias hospitalares é a combinação de processos convencionais com processos oxidativos avançados, devido à presença de compostos recalcitrantes. Alguns autores utilizaram processos de oxidação avançada para o tratamento destes efluentes.

### **2.8.1. Casos de tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar**

Kist et al., (2006) realizaram um trabalho sobre tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar, conforme apresentados na Tabela 11, utilizando o processo Fenton ( $\text{Fe}_2^+/\text{H}_2\text{O}_2$ ), objetivando a desinfecção e atender a legislação, Portaria 05/89-SSMA/RS. No efluente bruto a concentração inicial de coliformes termotolerantes apresentou-se muito além do nível permitido pela legislação, sendo encontrados valores de  $1,6 \times 10^4$  NMP/100 mL. Após tratamento por processo Fenton esses valores foram reduzidos para valores abaixo do limite estabelecido pela legislação. Valores de DQO também foram reduzidos, em 68% após tratamento. Os autores concluíram que o tratamento por Fenton, se mostrou uma técnica viável para tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar, uma vez que houveram reduções significativas na concentração de microrganismos e aumento da biodegradabilidade do efluente após o tratamento.

Albrecht (2007) utilizou fotocatalise heterogênea e foto-ozonização catalítica, para o tratamento de efluentes de lavanderias de unidade de saúde. Os melhores resultados encontrados foram com o tratamento de foto-ozonização catalítica, por meio do qual foram obtidos 30% de remoção de DQO, 75% de remoção de DBO, 49% de turbidez e 100% de remoção de microrganismos.

Lutterbeck (2010) utilizou os seguintes processos no tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar: eletroflotação, eletroflotação combinada com ozonização e eletroflotação seguida do processo de ozonização. Para o tratamento utilizou-se um reator fotoquímico bipolar do tipo coluna com capacidade para 10 L. Foram realizadas análises de  $\text{DBO}_5$ , DQO e análises ecotoxicológicas, utilizando *Daphnia magna*, antes e após a realização de cada tratamento. O melhor resultado obtido foi no processo de eletroflotação que alcançou redução de DQO de 41 %. O autor concluiu que o processo de eletroflotação constitui-se em uma alternativa para tratamentos de efluentes de lavanderia hospitalar, apresentando um potencial de

redução da toxicidade, podendo ser integrado a outros processos como pré ou pós-tratamento.

## **2.9. Estudos de viabilidade e econômica**

Tendo em vista que é praticamente inviável fazer o desenvolvimento de uma atividade sem levar em consideração os aspectos econômicos, principalmente em instituições públicas ou filantrópicas que na maioria dos casos não possuem capital abundante.

Para que se execute qualquer atividade ou projeto que demande investimento inicial, o montante de recursos financeiros a ser investido e a expectativa de retorno depois da inauguração de qualquer empreendimento, são os principais critérios a serem avaliados.

O estudo deve contemplar alternativas de sistemas de aproveitamento e reuso de água a fim de determinar a quantidade de água ofertada pelas fontes escolhidas e o volume de águas demandadas às atividades fim. Tomando-se por base estes valores, será necessário dimensionar os equipamentos, os volumes de reserva necessários, e avaliar a possibilidade volumes complementares de água e escolher as tecnologias de tratamentos a serem empregadas (LAGEMANN, 2013).

Ainda que os objetivos da economia da água e redução de efluentes estejam diretamente ligados ao melhor aproveitamento dos recursos naturais e a consequente redução de custos, para se obter resultados satisfatórios é imprescindível que se faça um investimento inicial (MIERZWA, 2002).

Hoje, a probabilidade de se desenvolver quaisquer atividades de sucesso descartando os aspectos econômicos associados à mesma é muito baixa (SANCHES, 2008). Esta autora complementa que é necessário realizar um balanço entre os custos e lucros esperados da atividade beneficente, com o intuito de decidir a real execução do empreendimento estudado, lembrando que praticamente em todos os casos a implantação de um determinado projeto é efetuada somente quando os benefícios resultantes superam, ou no mínimo se equivalem aos custos relacionados à implantação.

Durante a realização de uma avaliação econômica convencional a tomada de decisão sobre a implantação, ou não, de qualquer empreendimento depende,

basicamente, do montante de recursos financeiros, a ser investido e do retorno que se espera obter após a implantação desta mesma atividade ou projeto.

### **2.9.1. Tempo de retorno do investimento**

No entendimento de Degen (2009), o cálculo do tempo para recuperação do investimento, também conhecido como *payback*, é muito simples. Ele se baseia na projeção das receitas e despesas do caso estudado e consiste no cálculo do quociente entre o investimento total para execução de todo o projeto e a previsão do lucro médio mensal estimado.

Inicialmente, deve ser elaborada uma estimativa sobre a questão financeira por meio de um balanço entre os custos de implantação, operação e manutenção com os benefícios resultantes (SANCHES, 2008). A Autora também informa que na maioria dos casos, a implantação de uma determinada medida só é efetuada quando os benefícios resultantes superam, ou no mínimo, se equivalem aos custos relacionados à implantação.

Sanches (2008) informa que dentre os custos mensais de operação do sistema de tratamento e distribuição podemos citar: salários, energia elétrica, produtos químicos e manutenções referentes a reparos e substituição de peças, no entanto o custo com pessoal depende do porte e da complexidade da instalação.

### **3.0. METODOLOGIA**

A lavanderia escolhida para realização do presente estudo foi a do Hospital Geral Público de Palmas - HGPP no Estado do Tocantins. Para abrir o horizonte de projeto, a princípio foi realizada uma avaliação das características gerais da unidade hospitalar.

#### **3.1. Avaliação global do hospital**

##### **3.1.1. Estudo preliminar**

Obteve-se um panorama global do consumo de água e geração de efluentes no estabelecimento da unidade hospitalar. Para tanto, foi realizado o levantamento das características gerais do hospital por meio de levantamento de documentação técnica, projetos e plantas, logo, os principais dados a coletar são:

- Listar os setores existentes no hospital;
- Apresentar o sistema de distribuição de água por meio de fluxogramas, tais como, os pontos de entrada de água, a fonte de abastecimento;
- O histórico de consumo de água;
- Número total de leitos existentes;
- Identificação dos setores com maior potencial consumidor de água;
- Fluxo de coleta e destinação final dos efluentes da lavanderia;
- Levantamento de instalações existentes e custos a serem considerados.

#### **3.2. Lavanderia do hospital estudado**

##### **3.2.1. Características da lavanderia do hospital estudado**

Identificou-se o tipo de máquina da lavanderia, funcionamento e as etapas de seu processo que são realizados de forma detalhada. Tais dados foram adquiridos por meio de estudos de manuais técnicos, realizando visitas técnicas e relatórios. Os principais dados coletados são:

- Levantamento de informações técnicas da máquina lavadora, bem como, marca, consumo de água por lavagem e capacidade;

- Turno de operação;
- Classificação das roupas para processos de lavagem;
- Dados estatísticos da quantidade de roupa lavada mensalmente;
- Percentual de roupa lavada separado por tipo de sujidade;
- Demonstração das etapas de lavagem;
- Descrição das quantidades e tipos de produtos utilizados em cada etapa;

Para este estudo e para obter maior precisão nos resultados, embasou-se nos dados estatísticos mensais, adquiridos através da empresa responsável pela lavagem das roupas.

### **3.2.2. Características dos efluentes gerados em lavanderias hospitalares**

O conhecimento dos índices físicos, químicos e biológicos da água a ser utilizada na lavagem das roupas, bem como o padrão de qualidade da água de reuso (efluente da lavanderia), é de grande importância para tal estudo.

As informações e parâmetros mínimos encontrados referentes à qualidade e características da água a ser utilizada na lavagem das roupas pode ser visualizada na Tabela 3. Ao passo que os parâmetros mínimos de embasamento para qualificar o reuso dos efluentes desta lavanderia encontra-se dispostos na Tabela 2 referente à NBR 13.969/97.

Ao analisar os parâmetros dos efluentes de diversas lavanderias hospitalares, constantes nas Tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11, foi constatado que as características destes efluentes não atendem os parâmetros exigidos pelas classes da NBR 13.969/97 apresentados na Tabela 2. Portanto, independente da classe e número de leitos de um hospital, conforme apresentado pela AHA (1986) na Tabela 4, para este estudo, de qualquer maneira os efluentes desta lavanderia do HGPP deverão ser tratados para fins de reuso.

O item 2.7.4 destaca uma ótima alternativa de tratamento de efluentes, levando em conta a disponibilidade de espaço e o nível de tratamento que é não potável, será utilizado um ETEC para tratar os efluentes da lavanderia.



### 3.2.3. Determinação do consumo de água

Devido ao tempo de prestação de serviços neste hospital específico e em diversos hospitais do estado e país, a empresa que executa a lavagem de roupas no HGPP têm levantado diversos dados estatísticos, dentre eles, temos o percentual médio de roupas lavadas separadas por tipo de sujidade.

Os dados estatísticos fornecidos pela empresa responsável pela lavagem de roupas do HGPP, quando alinhado aos dados do peso mensal de roupas lavadas na unidade e ciente das especificações da máquina de lavagem, bem como, a litragem de água consumida para lavar cada quilo de roupa em cada programa de sujidade, nos permitiu quantificar o consumo de água por programa de lavagem de um mês.

Portanto, segundo Litucera (2015), no HGPP, as roupas são lavadas utilizando dois programas: sujidade contaminada e sujidade leve. O percentual de roupas médio do último ano de cada programa foi fornecido pela própria Litucera e está relacionado na Tabela 13.

Tabela 13: Percentual de roupas médio referente ao período de setembro de 2014 a agosto de 2015 separados por sujidade.

CLASSIFICAÇÃO DE ROUPA/SUJIDADES			
Tipo de Sujidade	Contaminada	Leve	Total
Quantidade	58,25%	41,75%	100%

Fonte: Litucera, 2015.

Para determinar o consumo de água não basta somente o percentual de roupas processados por cada programa. É necessária também a quantidade de litros consumida para lavar cada quilo de roupa em cada programa de lavagem. Conforme dados fornecidos pela Higimais (2015) e disposto na Tabela 14. A Higimais é a empresa responsável pela programação e manutenção das máquinas desta lavanderia.

Tabela 14: Volume de água consumido por quilo de roupa da lavadora.

CONSUMO DE ÁGUA POR PROGRAMA DE LAVAGEM			
Tipo de Programa de Sujidade	Contaminada	Leve	Média
Quantidade (L/Kg de roupa)	43,00	20,00	31,50

Fonte: Higimais, 2015

Utilizando a os valores das Tabelas 13 e 14, na expressão 1 podemos de estimar o consumo de água consumido na lavagem de roupas desta lavanderia.

$$Cm_{Pg} = \frac{P_m \times K_{pn} \times V_{Pr}}{1000}$$

(1)

Onde,

$Cm_{Pg}$ : Consumo mensal por programa de lavagem ( $m^3$ );

$P_m$ : Peso médio de roupa mensal processado/faturado (kg/mês);

$K_{pn}$ : Fator multiplicador do percentual do programa de lavagem;

$V_{Pr}$ : Volume de água consumido no programa (L/kg).

Obtendo o volume de água consumida mensalmente por cada tipo de programa do processamento de roupas, é possível estimar o consumo de água mensal do processamento de roupas na lavanderia, conforme expressão 2.

$$Cm_L = Cm_{Pg1} + Cm_{Pg2}$$

(2)

Onde,

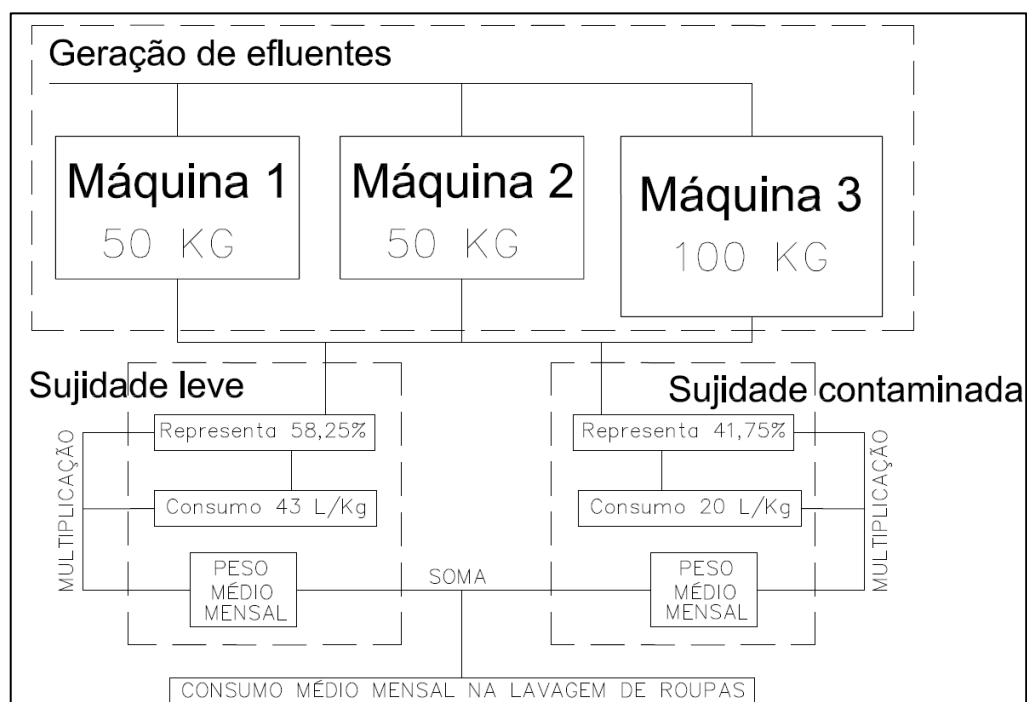
$Cm_L$ : Consumo mensal da lavanderia ( $m^3$ );

$Cm_{Pg1}$ : Consumo da lavadora no programa de sujidade contaminada ( $m^3$ /mês);

$Cm_{Pg2}$ : Consumo da lavadora no programa de sujidade leve ( $m^3$ /mês);

A Figura 12 representa de forma simplificada a determinação deste consumo de água.

Figura 12: Representação do procedimento de cálculo do consumo de água da lavanderia.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Para obter a média mensal do consumo de água da lavanderia na lavagem de roupas, foram somados o consumo referente aos meses de setembro de 2014 a agosto de 2015 e dividido pelo número de meses entre este período.

#### 3.2.4. Determinação do percentual de água consumido na lavanderia

Calculado o consumo mensal e obtendo a média dos meses estudados, foi encontrado o percentual de consumo da lavanderia em relação ao consumo global da Unidade Hospitalar. Para isto foi utilizada a expressão a seguir:

$$\overline{Cl}_{\%} = \frac{\overline{Cm}_L}{\overline{Cg}_H} \times 100 \quad (3)$$

Onde,

$\overline{Cl}_{\%}$ : Percentual do consumo médio mensal da lavanderia (%);

$\overline{Cm}_L$ : Consumo médio da lavanderia (m<sup>3</sup>/mês);

$\overline{Cg}_H$ : Consumo médio global do hospital (m<sup>3</sup>/mês);

#### 3.3. Avaliação do potencial de reuso de água

A avaliação do potencial de reuso leva em consideração a quantidade de efluentes gerada na lavanderia em conjunto com demanda de água de reuso necessária para as outras atividades que possam usar esse tipo de água residuária. Para estimar o volume de efluentes gerados deve-se seguir a orientação constante no item 3.2.3 e para estimar a demanda de água se faz necessário determinar os tipos de uso a serem atendidos pela água de reuso.

A aplicação do reuso de água pode se dar de duas formas, conforme citado no item 2.5.6.1, o reuso em cascata e o reuso após tratamento. Conforme relatado no item 3.2.2, para este estudo o tratamento antes do reuso é obrigatório, portanto inviabiliza o reuso em cascata.

De acordo com o item 2.5.7 periodicamente deve-se avaliar o efluente tratado, medindo a sua qualidade e a quantidade, montando uma espécie de plano de monitoramento. Esta medida deve ser realizada para garantir o perfeito funcionamento do sistema, não comprometendo o funcionamento e vida útil dos equipamentos e simultaneamente proteger as pessoas do risco à saúde humana. Ainda de acordo com o item 2.5.7 a reutilização de qualquer efluente depende

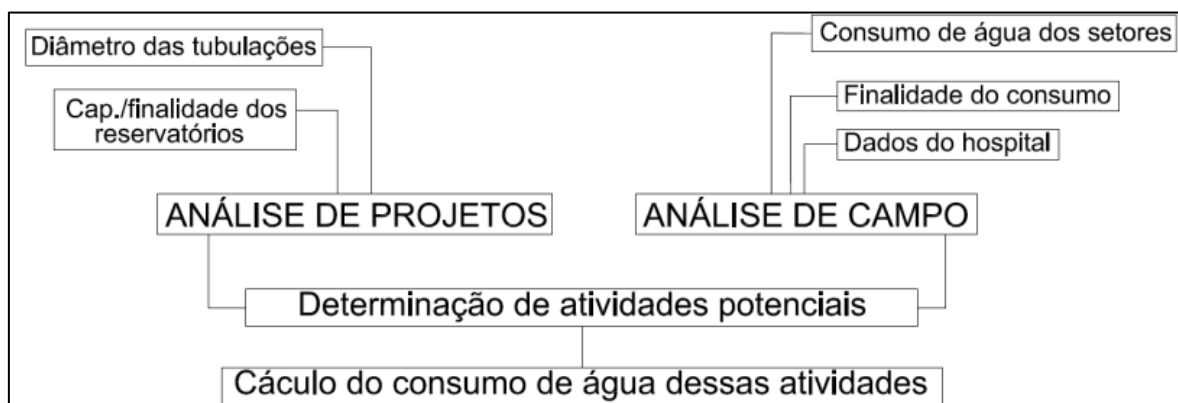
intrinsecamente da sua qualidade física, química e bacteriológica. Embora este monitoramento seja importante, e está voltado para a manutenção do sistema. Entrar em estudos de manutenção aprofundados nos remete à fuga de nossos objetivos.

Os itens 2.6 e 2.7 fornecem um embasamento teórico, proporcionando conhecimentos que contribuem para determinação das técnicas e tecnologias apropriadas de tratamento disponíveis, tomando o cuidado para não se obliterar do principal fator limitante, que é pouca disponibilidade de espaço nestes ambientes.

Conforme o item 2.5, o reuso só poderá ser colocado em prática quando o efluente tratado atender a qualidade demandada para a atividade abastecedora em questão. A comparação entre os parâmetros de qualidade dos efluentes exigidos pela aplicação da qual se pretende fazer o reuso, pode contribuir para a identificação dos possíveis fins do efluente. Para uma possível aplicação devem-se levar em consideração os dados das amostras contidas no referencial teórico, mais precisamente no item 2.6 (Tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11).

Segundo o item 2.5.7, para avaliar o potencial de reuso macro interno é necessário levantar as atividades que consomem maior volume de água. Sendo assim, foi feito uma análise minuciosa nos setores desta unidade e em projetos hidro sanitários, coletando informações relevantes ao consumo de água de seus setores. Tais procedimentos, aliado aos dados da Figura 5 e informações do item 2.5.7.1, nos permitiu filtrar as atividades e elementos potenciais de consumo que deverão ser levados em consideração para determinação da demanda dessa de água e definição de estratégias para tomada de decisão. A análise de potencial de reuso pode melhor ser visualizada no resumo da Figura 13.

Figura 13: Resumo da análise de potencial de reuso.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Para definir os possíveis potenciais de reuso, foi necessário estimar os volumes consumidos de algumas atividades por meio das informações constantes no item 2.5.7.1. Para o cálculo desta estimativa podemos utilizar a expressão 4.

$$Cm_A = \frac{CS_A \times F_U \times N_A}{1000} \times N_D$$

(4)

Onde,

$Cm_A$ : Consumo mensal do setor ou atividade (m<sup>3</sup>/mês);

$CS_A$ : Consumo unitário do elemento de consumidor (L/atividade ou L/m<sup>2</sup>);

$F_U$ : Frequência de uso diário ou Quantidade de uso diário (Nº Vezes/dia);

$N_A$ : Número de agentes utilizadores ou área (L/pessoa ou L/m<sup>2</sup>);

$N_D$ : Número de dias em que é utilizado o elemento consumidor (UN).

### 3.4. Estudo de viabilidade econômica

Para tornar o investimento rentável, autossuficiente e que se obtenha retorno financeiro em tempo hábil, é imprescindível que se realize um estudo de viabilidade econômica, elencando os custos e lucros. Conforme representado na Tabela 15.

Tabela 15: Relação de despesas e receitas para implantação do sistema de reuso.

VALOR DAS DESPESAS RECEITAS E DESPESAS		
Custo	Despesas	Receitas
CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	Estação de tratamento de efluentes compacta instalada	Economia gerada na aplicação do reuso na lavanderia
	Rede de esgoto para condução do efluente a ser tratado	
	Rede de abastecimento da água de reuso tratada	
CUSTO OPERAÇÃO/ MANUTENÇÃO MENSAL	Produtos químicos para o tratamento	
	Consumo de energia elétrica dos equipamentos	
	Análise mensal de água	
	Reparos eventuais e mão de obra	
	Substituição do elemento filtrante (carvão ativado)	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Se esta metodologia for utilizada em outro caso, deve-se lembrar de que esta não é uma regra geral, e que cada estabelecimento demanda estudos complementares de forma a respeitar suas características próprias e o diálogo com os respectivos responsáveis.

#### **3.4.1. Determinação do tempo de retorno do investimento**

De acordo com o a pesquisa contida no item 2.9 não é aconselhável investir em um empreendimento sem ter o conhecimento do tempo em que o capital inserido vai ser recuperado. Portanto, o tempo de retorno do investimento é um cálculo de enorme importância para estudos onde se envolvem grande investimento inicial para um negócio ou atividade beneficente.

O tempo de retorno do investimento pode ser calculado algebricamente a partir da expressão 5:

$$T_R = \frac{I}{L} \quad (5)$$

Onde,

$T_R$ : Tempo de retorno do investimento (Mês);

$I$ : Investimento inicial estimado (R\$);

$L$ : Lucro mensal estimado (R\$).

O lucro mensal pode ser estimado por meio do balanço entre os custos e economia gerada após a implantação do sistema. Este foi determinado por meio de planilhas eletrônicas, onde estão elencadas as despesas e receitas.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo será apresentado os consumos de água nas atividades pertinentes, as características dos ambientes estudados e a viabilidade da implantação deste sistema de reuso, bem como o tempo de retorno do capital investido, de modo a mostrar os dados relevantes, decisões e informações relevantes.

### **4.1. Avaliação global do hospital**

O Hospital Geral Público de Palmas – HGPP, é registrado no Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde (CNES), foi inaugurado em 10 de agosto de 2005, administrado e mantido pelo Estado do Tocantins. Esta unidade hospitalar é referência para atendimentos de urgência e emergência, não somente indivíduos de Palmas, mas para todo o estado e estados vizinhos, com uma média de 3.500 atendimentos mês recebidos em seu Pronto Socorro. Esta unidade hospitalar possui 2.168 servidores que dentre eles 268 são profissionais médicos atuantes em 30 especialidades.

O hospital estudado conta com 399 leitos de internação, que de acordo com a AHA (1986), por meio da Tabela 4 do item 2.6, a unidade hospitalar se enquadra na classe 6.

#### **4.1.1. Diagnóstico do estudo preliminar do hospital**

O hospital apresenta diversos setores, por ser uma quantidade considerável, para facilitar a identificação e tornar estes dados organizados, os setores foram divididos em dois grupos: micro setores e macro setores. Os micros setores são os departamentos que quando juntos em uma determinada região formam os macro setores.

Por meio desta divisão foi possível organizar cada micro setor dentro de sua macro região, possibilitando também a classificação dos macro setores por tipo de consumo de água e ainda informando qual micro setor dentro de cada macro setor consome maior carga hídrica. Estes dados foram fornecidos pela administração do hospital e podem ser visualizados na Tabela 16.

Tabela 16: Lista de setores relacionados com o consumo de água.

LISTA DE SETORES/POTENCIAL CONSUMIDOR DE ÁGUA - HGPP				
Item	Micro Setor/Departamento	Macro Departamento	Tipo de Consumo	Consumo Principal
1	Núcleo de Regulação	1º Piso	Baixo	UTI's
2	Gerência de Enfermagem			
3	Unidade Tratamento Intensivo Adulto - UTI Adulto			
4	Unidade Tratamento Intensivo Pediátrico - UTI Pediátrica			
5	Centro de Imagenologia			
6	Agência Transfusional			
7	Lactário			
8	Núcleo de Educação Permanente	2º Piso	Básico	Serviços
9	Ouvidoria / Humanização			
10	Capela			
11	Farmácia de Manipulação de Quimioterápicos			
12	Serviço de Fonoaudiologia			
13	Serviço Social			
14	Serviço de Terapia Ocupacional/Brinquedoteca			
15	Serviço de Nutrição e Dietética			
16	Serviço de Nutrição Clínica / Enteral			
17	Salas de Estudos Audiométricos			
18	Cozinha	Alimentação	Médio	Proporções Similares
19	Refeitório			
20	Diretoria Geral	Administração	Básico	Proporções Similares
21	Comunicação			
22	Assessoria Jurídica			
23	Diretoria Técnica			
24	Diretoria Clínica			
25	Diretoria Administrativa			
26	Informática			
27	Diretoria Financeira			
28	Gerência de Custos			
29	Gerência de Recursos Humanos			
30	Compras			
31	Faturamento			
32	Logística / Suprimentos	Almoxarifado Central	Básico	Proporções Similares
33	Almoxarifado			
34	Ambulatorio	Ambulatório	Baixo	Proporções Similares
35	Serviço de Odontologia			
36	Ecocardiografia / Eletroencefalografia			
37	Banco de Olhos			
38	Leitos Retaguarda (Emergência)			
39	Mamografia			
40	Gerência de Risco (Escritório Qualidade)	Central Energia	Alto	Lavanderia, Manutenção, Caldeira
41	Engenharia e Manutenção			
42	Manutenção			
43	Caldeira			
44	Engenharia Clínica (Equip. Biomédicos)			
45	Patrimônio			
46	Necrotério			
47	Coleta de Resíduos			
48	Lavanderia			
49	Rouparia e Costura			
50	Centro Cirúrgico	Centro Cirúrgico	Médio	Centro Cirúrgico
51	Central de Materiais Esterilizado (CME)			
52	Central de Comissões e Infecção Hospitalar - CCIH			
53	Radiologia	Imaginologia	Básico	Proporções Similares
54	Ressonância Magnética			
55	Tomografia Computadorizada			
56	Ultrassonografia			
57	Endoscopia Digestiva			
58	Hemodinâmica			
59	Internação 1º Piso	Internação 1º Piso	Alto	Internação 1º Piso
60	ALA A - Unidade de Internação Clínica Médica			
61	ALA B - Unidade de Internação Neurocirurgia			
62	ALA C - Unidade de Internação Ortopedia			
63	ALA D - Unidade de Internação Psiquiatria			
64	Farmácia Satélite			



65	Internação 2º Piso			
66	Farmácia Satélite			
67	ALA E - Unidade de Internação Clínica Cirúrgica	Internação 2º Piso	Alto	Internação 2º Piso
68	ALA F - Unidade de Internação Oncologia			
69	ALA G - Unidade de Internação Cardiologia, Nefrologia e			
70	ALA H - Unidade de Internação Pneumologia e Vascular			
71	Pronto Socorro (Emergência)			
72	Recepção Pronto Socorro			
73	Farmácia Hospitalar			
74	Escriturário			
75	Classificação de Risco	Pronto Socorro	Médio	Pronto Socorro
76	Serviço de Fisioterapia			
77	Serviço de Psicologia			
78	Unidade de Tratamento Semi-Intensivo			
79	Segurança e Medicina do Trabalho			
80	Transporte	SAME Subsolo	Básico	SAME
81	Segurança			
82	Serviço de Arquivo Médico e Estatística - SAME			
83	Hemodiálise (Pró-Rim)			
84	Laboratório de Análises Clínicas			
85	Laboratório de Citopatologia			
86	Laboratório de Patologia	Subsolo	Alto	Hemodiálise
87	Ambulatório de Oncologia			
88	Quimioterapia			
89	Gerador			
90	Banheiros Administração			
91	Banheiros Almoxarifado			
92	Banheiros Ambulatório			
93	Banheiros Central de Energia			Central Energia, Internações e Pronto Socorro
94	Banheiros Centro Cirúrgicos			
95	Banheiros Imaginologia	Banheiros Gerais	Alto	
96	Banheiros Internação 1º Piso			
97	Banheiros Internação 2º Piso			
98	Banheiros Pronto Socorro			
99	Banheiros SAME Subsolo			
100	Banheiros Subsolo			
101	Jardins 1º Piso			
102	Jardins 2º Piso	Jardins Gerais	Alto	Jardins Externos
103	Jardins Subsolo			
104	Jardins de Entradas			

Fonte: HGPP (2015)

Na Tabela 16 os tipos de consumo de água para os macro setores foram divididos em 4 tipos. Para cada um foi realizada uma análise minuciosa em campo, verificando a demanda de água, os quatro tipos de consumo segue abaixo:

- Básico;
- Baixo;
- Médio;
- Alto.

A Tabela 16 também nos alicerça na tomada de decisão para definir uma provável possibilidade de reuso por meio da identificação dos setores de alto consumo.

Utilizando esta classificação do consumo setorial da Tabela 16 e a representação constante no apêndice A e B deste trabalho, podemos visualizar uma vantagem de extrema importância para o estudo, esta vantagem será melhor explicada nos próximos parágrafos.

Os apêndices A e B são fluxogramas do sistema de abastecimento de água do HGPP, representando os pontos de abastecimento, finalidade de reservação, by-passes e colunas de recalque entre as demais câmaras dos dois tipos de reservatórios (compartimentado e enterrado), e ainda os volumes para cada câmara.

O reservatório enterrado também recebe água direto da concessionária, e é reserva das câmaras 3 e 4 do reservatório compartimentado, que por sua vez são interligados através da coluna de recalque 1 por sistema de bombeamento, conforme representado nos apêndices A e B.

No reservatório compartimentado, dentre as 6 câmaras temos 2 específicos para descargas de bacias sanitárias e irrigação de jardins, com volume de 30 m<sup>3</sup> (câmara 3 e 4). Foi verificado também que as colunas de água fria destas câmaras não se misturam com as demais durante o consumo.

A descoberta destas informações referente aos reservatórios, aliado aos dados do item 2.5.7 e seguindo o item 3.3 da metodologia, norteia este estudo de modo a utilizar os efluentes da lavanderia de acordo com a classe 2 (irrigação de jardins) e classe 3 (descargas sanitárias) da NBR 13.969/97, somente para descargas de bacias sanitárias e irrigação de jardins, e de acordo com o reuso macro interno apresentados no item 2.5.6 do presente estudo. Para mensurar o volume de água destas duas atividades, baseou-se nos dados estatísticos citados no item 2.5.7.1 referente ao consumo de água das bacias sanitárias e irrigação de jardins, que será apresentado mais a frente, no item referente aos resultados do potencial de reuso.

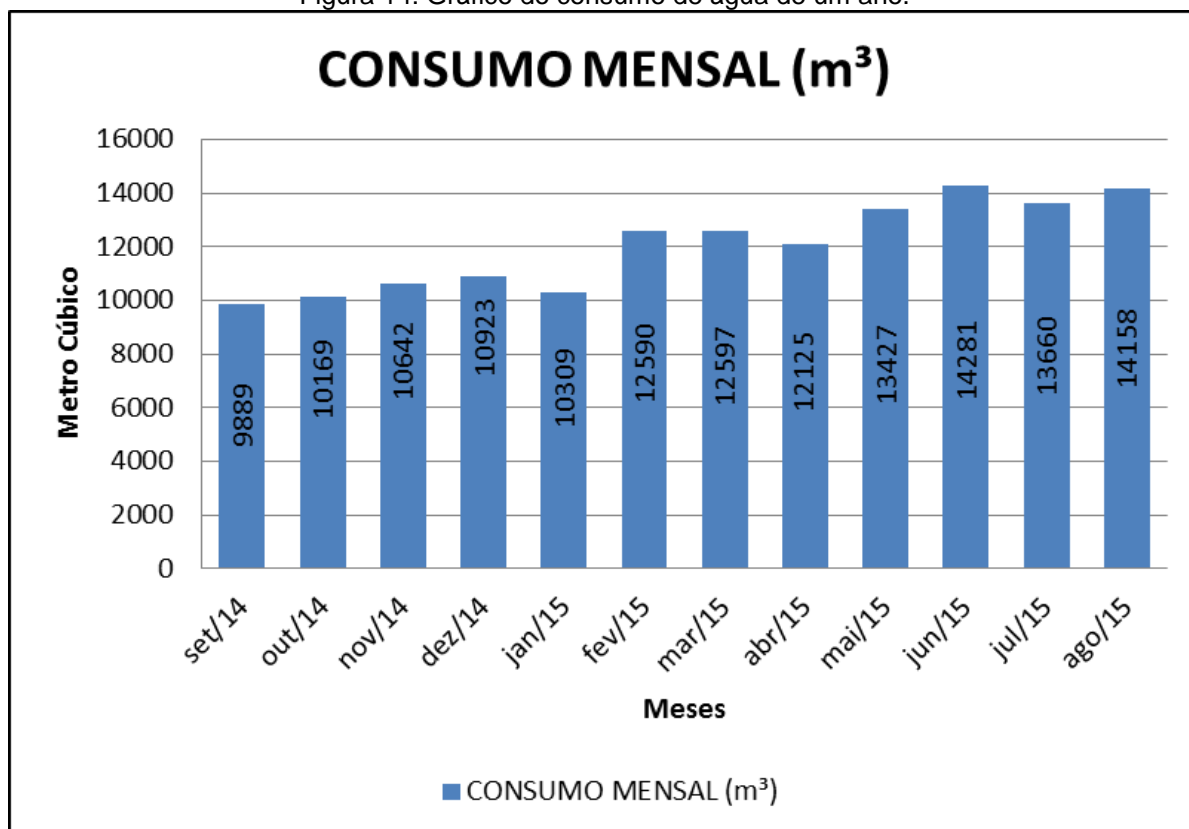
O apêndice C descreve de forma clara e resumida o sistema de coleta e destinação final dos efluentes do hospital de forma geral, destacando o fluxo percorrido pelos efluentes da lavanderia até a estação de tratamento de esgotos do próprio hospital.

Análise e interpretação deste importante relatório nos permite traçar estratégias para uma correta coleta dos efluentes gerados na lavanderia que serão tratados para fins de reuso. Permite-nos ainda, delinear táticas para remeter os efluentes tratados para o reservatório enterrado, que será utilizado como reservação da água de reuso antes de ser recalçada para as câmaras 3 e 4 específicas para descargas sanitárias e jardins, e desta forma permitirão de fato o reuso destas águas, conforme apresentado no apêndice D, que representa o fluxo do efluente antes de tratar, após o tratamento e a destinação de reuso.

#### 4.1.2. Histórico do consumo de água do HGPP

A direção do hospital forneceu as contas de água do período de Setembro de 2014 até Agosto de 2015, logo se pôde obter o consumo total de água no período de um ano e a média do consumo de água em m<sup>3</sup>/mês e por dia. A seguir é apresentado na Figura 14 a distribuição do consumo de água mensal durante o período de um ano.

Figura 14: Gráfico do consumo de água de um ano.



Fonte: Dados da pesquisa (2007).

Neste relatório percebe-se que a partir de fevereiro de 2015 o consumo mensal de água do hospital apresentou alta em relação aos meses anteriores, sendo julho de 2015 o mês de maior consumo. Este aumento no consumo de água não pôde ser justificado, pois não possuímos dados suficientes para embasar e julgar uma causa concreta. Inclusive, buscar justificativas para este aumento nos leva ao desvio do enfoque deste estudo.

A Tabela 17 apresenta os consumos médios anual, mensal, diário e também a vazão para o período de setembro de 2014 a agosto de 2015.

Tabela 17: Volumes médios anuais, mensais e diários consumidos entre set/14 e ago/15.

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>				
<b>CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA - GERAL</b>				
<b>Período Consumo</b>	Ano (m³)	Mês (m³)	Dia (m³)	Vazão (L/s)
<b>Volume</b>	144770	12064,17	396,63	4,59

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Estes dados confirmam um volume considerável de água para este estabelecimento, o que justifica a necessidade da implantação de um sistema de reuso em qualquer área.

## 4.2. Diagnóstico da lavanderia hospitalar

Neste capítulo serão apresentados os dados e características sobre a lavanderia do HGPP objetivando o conhecimento mais aprofundado da principal área de estudo.

### 4.2.1. Características da lavanderia do hospital estudado

A lavanderia do Hospital Geral Público de Palmas é gerida por uma empresa terceirizada, a Litucera Limpeza e Engenharia e as máquinas desta são programadas pela Higimaís, que por sua vez é responsável pela manutenção destes equipamentos. Para a lavagem de roupas são utilizadas três máquinas da marca SUZUKI, conforme Tabela 18.

Tabela 18: Especificações e funcionamento das máquinas da lavanderia.

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>				
<b>DADOS DAS MÁQUINAS DA LAVANDERIA</b>				
<b>Equipamento</b>	<b>Capacidade</b>	<b>Jornada Trab./dia</b>	<b>Marca</b>	<b>Programa de Sujidade</b>
Máquina 1	50 Kg	24 horas	Suzuki	Leve e Contaminada
Máquina 2	50 Kg	24 horas	Suzuki	Leve e Contaminada
Máquina 3	100 Kg	24 horas	Suzuki	Leve e Contaminada

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Atualmente todas as máquinas operam utilizando sua capacidade total de trabalho. As máquinas trabalham ininterruptamente, isto se faz necessário por causa da quantidade de roupas sujas geradas pelos pacientes e servidores. No início das atividades deste hospital a realidade era outra e a quantidade de pacientes aumentou significativamente, ao passo que a lavanderia continua a mesma, não tem

espaço físico para instalação de outras máquinas. O modelo das máquinas é representado na Figura 15.

Figura 15: Máquina lavadora de roupas do HGPP (modelo).



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Todas as máquinas desta lavanderia trabalham sob o comando de dois programas de lavagem: programa de sujidade contaminada e sujidade leve, cada tipo de programa possui suas particularidades que são definidos pela empresa responsável pela manutenção das máquinas. Estas particularidades dependem da finalidade de lavagem e grau de sujeira e contaminação das roupas. A Tabela 19 detalha o programa de sujidade leve, especificando consumo de água e produtos químicos, bem como o tempo em cada etapa do programa.

Tabela 19: Detalhamento do processo de lavagem de roupa no programa de sujidade leve.

RESUMO ANALÍTICO DE PROCESSAMENTO DE ROUPAS - HGPP					
SUJIDADE LEVE					
ORDEN DOS PROCESSOS	TEMPO (Min)	NIVEL ÁGUA	ÁGUA (L/Kg)*	PRODUTOS QUÍMICOS	DOSAGEM (L/Kg)*
LAVAGEM/ ALVEJAMENTO	25	BAIXO	5	DETERGENTE	4
				ADITIVO	3
				ALVEJANTE	6
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
NEUTRALIZAÇÃO	5	ALTO	5	NEUTRALIZANTE	2
AMACIAMENTO				AMACIANTE	7
<b>TOTAL</b>	<b>32</b>		<b>20</b>		

\*Estas unidades de medidas se referem ao consumo de água para lavar 1Kg de roupa.

Fonte: Higimais (2015).

A Tabela 20 detalha o programa de sujidade contaminada, especificando consumo de água e produtos químicos, bem como o tempo em cada etapa do programa.

Tabela 20: Detalhamento do processo de lavagem de roupa no programa de sujidade contaminada.

<b>RESUMO ANALÍTICO DE PROCESSAMENTO DE ROUPAS - HGPP</b>					
<b>SUJIDADE CONTAMINADA</b>					
<b>ORDEN DOS PROCESSOS</b>	<b>TEMPO (Min)</b>	<b>NIVEL ÁGUA</b>	<b>ÁGUA (L/Kg)*</b>	<b>PRODUTOS QUÍMICOS</b>	<b>DOSAGEM (L/Kg)*</b>
ENXÁGUE	1	ALTO	7	ÁGUA	
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
UMECTAÇÃO	5	BAIXO	3	DETERGENTE ÁCIDO	5
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
LAVAGEM	25	BAIXO	3	DETERGENTE ADITIVO	8 8
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
ALVEJAMENTO	25	BAIXO	3	DETERGENTE ALVEJANTE	1 10
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
ENXÁGUE	1	ALTO	5	ÁGUA	
NEUTRALIZAÇÃO	5	ALTO	5	NEUTRALIZANTE	2
AMACIAMENTO				AMACIANTE	7
<b>TOTAL</b>	<b>68</b>		<b>56</b>		

\* Estas unidades de medidas se referem ao consumo de água para lavar 1Kg de roupa.

Fonte: Higimais (2015).

A Tabela 21 apresenta a quantidade exata de roupa lavada no período de setembro de 2014 a agosto de 2015 separados por pesos anuais, mensais e diários.

Tabela 21: Peso exato de roupas lavadas anual, mensal e diário.

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>			
<b>PESO MÉDIO DE ROUPA LAVADA</b>			
<b>Quantidade</b>	<b>Sujidade Leve (kg)</b>	<b>Sujidade Contaminada (kg)</b>	<b>Total (kg)</b>
Anual	366967,47	511996,52	878963,99
Mensal	30580,62	42666,38	73247
Diária	1019,35	1422,21	2441,56

Fonte: Litucera (2015).

Desta forma podemos perceber que a lavanderia processa uma quantidade relevante de roupas, se tornando justificável a quantidade de água consumida neste importante setor hospitalar.

#### 4.2.2. Características efluentes gerados em lavanderias hospitalares

Neste item será apresentado e comparado as propriedades de efluentes de várias lavanderias hospitalares por meio do levantamento bibliográfico apresentados no capítulo 2.6 deste estudo, os quais citam os tipos de substâncias e contaminantes que podem vir a ser encontradas em ambientes desta natureza. Sendo importante relatar que cada lavanderia hospitalar apresenta suas características individuais, como por exemplo, setores existentes, tipos de atividades desenvolvidas, tipos de produtos químicos e métodos utilizados, gerando uma variação nas propriedades e parâmetros de seus efluentes de um hospital para o outro, por este motivo foram apresentados dados de diversos hospitais diferentes.

Foram comparadas amostras de efluentes de vários autores de pesquisas afins e comparadas com as exigências de reuso de acordo com a NBR 13.969/37. A comparação está disposta na Tabela 22.

Tabela 22: Comparação entre os padrões de reuso da NBR 13.969/97 com bibliografia de análises de caracterização de efluentes de lavanderias hospitalares.

CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES HOSPITALARES							
Item	EFLUENTES DE LAVANDERIAS HOSPITALARES					PADRÕES REUSO	
	Parâmetro	Unid.	Autores			NBR 13.969/97	
			Noronha	Grull	Kist et. al.	Classe 2	Classe 3
1	pH	-	7,94	11	8,6	-	-
2	Alcalinidade	mg/L	-	367	-	-	-
3	Turbidez	NTU	-	49	49	<5	<10
4	Sólidos Suspensos	mg/L	16,8	55	-	-	-
5	Sólidos Dissolvidos	mg/L	-	950	-	-	-
6	DBO	mg/L	60	632	460	-	-
7	DQO	mg/L	260	172	1180	-	-
8	Óleos e Graxas	mg/L	748	28	-	-	-
9	Nitrogênio Total	mg/L	4	14	12,6	-	-
10	Fósforo Total	mg/L	5	-	0,4	-	-
11	Cloro Residual	mg/L	-	0	-	>0,5	-
12	Detergentes	mg/L	<0,14	<0,02	-	-	-
13	Coliformes Fecais	P/100ml	>16000		16000	500 NMP	500 NMP

Fonte: Dados da Pesquisa (2015).

Ao analisar as caracterizações das bibliografias apresentadas na Tabela 17, podemos verificar que uma água de lavanderia hospitalar não atende nenhum dos parâmetros exigidos pelas classes 2 e 3 da NBR 13.969/97. Portanto, conforme

mentionado anteriormente, para fins de reuso, é reforçado que o tratamento desse efluente é obrigatório.

#### 4.2.3. Consumo de água da lavanderia

Uma vez verificado os dados médios de roupas lavadas por mês e sabendo-se o consumo de água em cada programa de lavagem e por meio da expressão 1 estima-se a quantidade de água mensal consumida na lavanderia.

Para melhor visualização da contribuição da atividade de lavagem de roupa na lavanderia, a Tabela 19 nos fornece informações temporais médias de ano, mês, dia e inclusive vazão para o período de setembro de 2014 a agosto de 2015.

Tabela 23: Volumes médios anuais, mensais e diários consumidos entre set/14 e ago/15.

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>				
<b>CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA - LAVAGEM DE ROUPAS</b>				
<b>Período Consumo</b>	Ano (m <sup>3</sup> )	Mês (m <sup>3</sup> )	Dia (m <sup>3</sup> )	Vazão (L/s)
<b>Volume</b>	29355,19	2446,27	80,43	0,93

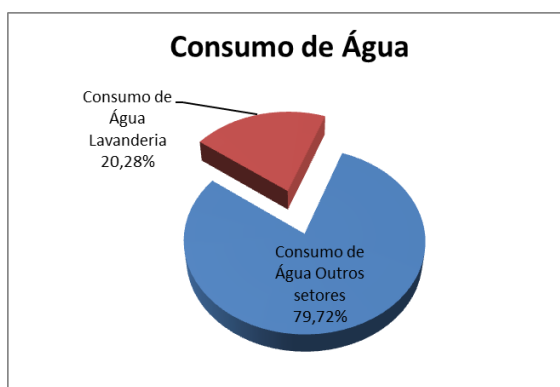
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Desta forma a podemos perceber que a lavanderia possui alto potencial de consumo, sendo muito importante a reutilização destes efluentes tratados em outras atividades potenciais de consumo.

#### 4.2.4. Relação entre consumo da lavanderia e consumo global do hospital

A fim de obtermos um panorama de consumo na lavagem das roupas em relação ao consumo global do hospital, foi elaborado um gráfico, conforme pode ser visualizado na Figura 16.

Figura 16: Gráfico de representatividade do consumo médio de água da lavanderia em relação ao consumo médio do hospital referente ao período de set/14 a ago/15.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).



Baseado nos dados apresentados, percebe-se que realmente a lavanderia é uma das áreas do hospital que consome um volume de água considerável, representando cerca de 20% do consumo total deste estabelecimento.

#### 4.3. Potencial de reuso dos efluentes da lavanderia

Conforme visto no item 4.2.2 as análises de água de diversos hospitais apresentaram parâmetros acima do valor exigido pelas classes 2 e 3 da NBR 13.969/97, e conseqüentemente deverão passar ou um processo de tratamento em uma ETEC antes de ser encaminhado aos reservatórios para o reuso propriamente dito.

Conforme definido no diagnóstico do estudo preliminar, por meio das análises da Tabela 16 e projetos hidráulicos do hospital, os efluentes gerados na lavanderia serão tratados e encaminhados aos reservatórios enterrados onde ficarão prontos para serem utilizados em descargas sanitárias e irrigação de jardins.

Sabendo que a ETEC transformará os efluentes na lavanderia em afluentes não potável com os parâmetros de acordo com as classes 2 e 3 da NBR 13.969/97, a partir de agora necessita-se saber se o volume de efluentes gerados pela lavanderia são suficientes para atender a quantidade demandada na irrigação de jardins e descargas sanitárias.

Para estimar estes volumes devemos ter ciência da área total de jardins da unidade hospitalar e estimativa média da quantidade diária de pessoas dentro do hospital. Conforme apresentado nas Tabelas 24 e 25, respectivamente.

Tabela 24: Área de jardins interna e externa do HGPP.

ÁREA DE JARDINS HGPP	
<b>Interno (m²)</b>	38991,39
<b>Externo (m²)</b>	22174,44
<b>Total</b>	<b>61165,83</b>

Fonte: Litucera (2015).

Tabela 25: Relação entre refeições servidas e quantidade média diária de pessoas dentro do hospital.

HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS													
REFEIÇÕES SERVIDAS - MENSAL													
Nº Dias/mês	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	365 Dias
Mês de Referência	set/14	out/14	nov/14	dez/14	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	TOTAL MÉDIA
Total Refeições/mês	152897	159021	149512	110571	140531	143505	160691	161666	169205	162026	171430	175059	1856114 154677
Nº Refeições/dia	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	Média
Qtd. Pessoas/dia	728	732	711	509	647	732	740	769	779	771	790	806	Pessoas/Dia 727

Fonte: Litucera (2015)

Lançando na expressão 4 os dados das Tabelas 24 e 25 juntamente com as informações de consumo de água constantes no item 2.5.7.1 foi obtido a estimativa de consumo de água para a irrigação de jardins e descargas sanitárias. A estimativa do volume médio de água consumido na irrigação de jardins é apresentada na Tabela 26.

Tabela 26: Estimativa do volume de água consumida na irrigação de jardins do HGPP.

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>						
<b>CONSUMO DE ÁGUA - IRRIGAÇÃO DE JARDINS</b>						
<b>Consumo (L/m²)</b>	<b>Frequência de Uso/Dia</b>	<b>Área de Jardim (m²)</b>	<b>Volume Diário (m³)</b>	<b>Nº Rega por mês</b>	<b>Volume Mensal (m³)</b>	<b>Volume Anual (m³)</b>
2	1	61165,83	122,33	12	1467,96	17615,52

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Para esta estimativa o volume diário é maior que o volume diário de efluentes gerados na lavanderia (80,43 m³), porém o volume mensal consumido na irrigação de jardins é inferior ao volume mensal consumido na lavanderia (2446,27 m³), isto acontece porque durante um ano, mais precisamente no período chuvoso, os jardins não são regados todos os dias resultando em uma média de irrigação de 12 vezes por mês. Portanto, nos dias em que toda a área de jardins for regada, o volume de água de reuso, provavelmente, deverá ser complementado com água da concessionária. O resultado da estimativa do volume de água consumida em descargas sanitárias encontra-se na Tabela 27.

Tabela 27: Estimativa do volume de água consumida em descargas sanitárias do HGPP.

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>						
<b>CONSUMO DE ÁGUA - DESCARGAS SANITÁRIAS</b>						
<b>Consumo (L/Descarga)</b>	<b>Frequência de Uso/Dia</b>	<b>Nº Agentes Utilizad./Dia</b>	<b>Volume Diário (m³)</b>	<b>Nº Dias por mês</b>	<b>Volume Mensal (m³)</b>	<b>Volume Anual (m³)</b>
8,5	6	727,00	37,08	30	1112,40	13348,80

Fonte: Dados da pesquisa (2015)

Analisando a Tabela 27, percebe-se que consumo de água utilizada em descargas sanitárias é inferior ao consumo de água na irrigação de jardins e este, não sofre alteração em épocas do ano.

O volume total de água consumida em descargas sanitárias e irrigação de jardins encontra-se representado na Tabela 28.

Tabela 28: Comparativo entre estimativas de consumo.

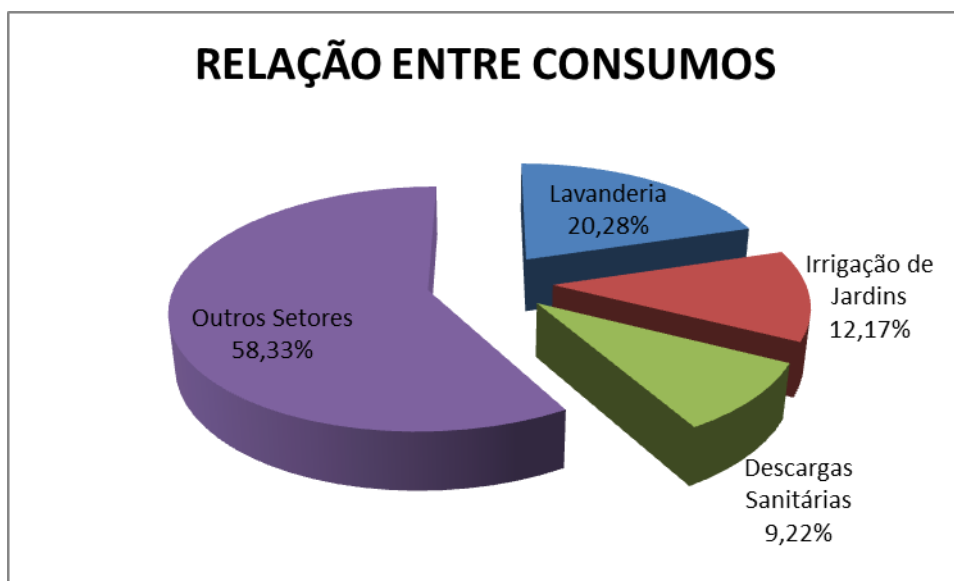
<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>		
<b>COMPARATIVO ENTRE CONSUMOS</b>		
<b>Atividade/Setor</b>	<b>Consumo Mensal (m³)</b>	<b>Consumo Mensal Lavanderia (m³)</b>
Irrigação de Jardins	1467,96	
Descargas Sanitárias	1112,40	<b>2446,27</b>
<b>Total</b>	<b>2580,36</b>	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Pode-se perceber que a estimativa do volume de água consumida em descargas sanitárias e irrigação de jardins deste hospital, quando somados, representam um volume pouco maior que o volume de efluentes gerados na lavanderia, sendo, portanto, potencialmente passivo de ser aproveitada como fonte de reutilização da água da lavanderia.

Ao somar os volumes de água consumidos na lavagem de roupas, na irrigação de jardins e descargas sanitárias, percebe-se ainda que boa parte da água consumida no hospital é destinada a estes fins. A Figura 17 apresenta um comparativo entre estas três fontes de consumo, relacionado ao consumo global da unidade.

Figura 17: Gráfico de representatividade do consumo médio de água de 3 atividades do hospital em relação ao consumo médio do hospital referente ao período de set/14 a ago/15.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

De acordo com o anexo I, existem dois reservatórios enterrados que armazenarão a água de reuso proveniente da lavanderia, sendo que cada um deles

possui capacidade de 80 m<sup>3</sup>. Neste anexo foi feita uma adaptação, onde se adicionou as entradas para água de reuso tratada, porque antes estes reservatórios eram alimentados somente com água da concessionária.

De acordo com os apêndices A e B, os reservatórios enterrados são reserva das câmaras 3 e 4 (descargas sanitárias e irrigação de jardins), que por sua vez, estão interligados por uma coluna de recalque. A Tabela 29 apresenta a capacidade de cada reservatório e suas câmaras.

Tabela 29: Capacidade dos reservatórios e suas câmaras e volume consumido em irrigação de jardins e descargas sanitárias

<b>HOSPITAL GERAL PÚBLICO DE PALMAS</b>			
<b>CAPACIDADE DOS RESERVATÓRIOS</b>			
<b>Reservatório Compartimentado</b>		<b>Reservatório Enterrado</b>	
<b>Câmara</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Número</b>	<b>Capacidade (m<sup>3</sup>)</b>
1	56	1	80
2	30	2	80
<b>3</b>	<b>30</b>	Total	<b>160</b>
<b>4</b>	<b>30</b>	<b>Capacidade Global (m<sup>3</sup>)</b>	
5	56	390	
6	28	<b>Irrigação e Vasos Sanit. (m<sup>3</sup>/dia)</b>	
Total	230	159,41	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Ao somar os volumes das câmaras 3 e 4 do reservatório compartimentado e a capacidade total do reservatório enterrado (reserva das câmaras 3 e 4) obtemos uma quantidade de 220 m<sup>3</sup> de água reservados somente para irrigação de jardins e descargas sanitárias. Sendo a demanda estimada para estas finalidades um volume de 159,41 m<sup>3</sup> por dia, assim, pode-se dizer que o volume reservado atende a demanda existente.

Ressalta-se ainda, que estes reservatórios quando totalmente abastecidos com água de reuso são capazes de alimentar seus pontos de consumo sem que falte água por um dia. A partir do segundo dia, para que seja alimentada a mesma quantidade de água, provavelmente, será necessário complementar esta demanda com água proveniente da concessionária.

#### **4.4. Estudo de viabilidade econômica**

Neste capítulo foi determinado se o reuso destas águas gerará retorno financeiro e também serão discriminadas todas as despesas e receitas inerentes a este estudo.

##### **4.4.1. Instalações existentes e custos a serem considerados**

O principal custo a ser elencado é a aquisição de uma estação de tratamento de efluentes compacta – ETEC. Para isto, deve-se dimensionar um equipamento considerando o volume máximo de efluentes a tratar, a quantidade e disposição do lodo gerado, o espaço disponível para este aparelhamento e criação de um programa para que o efluente em tratamento ou até mesmo o lodo não ameace a saúde das pessoas envolvidas neste processo.

Atualmente, o consumo de energia do sistema de bombeamento do reservatório enterrado é utilizado constantemente para bombear seu volume de água até as câmaras 3 e 4, deste modo, não incluiremos este custo no cálculo do estudo de viabilidade econômica, uma vez que esta despesa existia antes mesmo de se pensar em reutilizar os efluentes da lavanderia.

O consumo de energia das novas instalações do sistema, bem como, a energia mensal gasta para tratar os efluentes gerados na lavanderia deverá ser considerado.

De acordo com os projetos hidros sanitários do hospital as tubulações de alimentação dos pontos dos jardins e descargas sanitárias estão separadas e todas estão ligadas ao barrilete das câmaras 3 e 4 do reservatório compartimentado, não havendo a necessidade de projetá-las e executá-las. Portanto, este custo também será desconsiderado do estudo de viabilidade econômica.

Um custo a ser considerado será o projeto e execução da rede de esgoto que transporta o efluente da lavanderia até o meio de tratamento e também a rede de abastecimento de água de reuso não potável tratada pela Estação de Tratamento de Efluentes Compacta - ETEC até os reservatórios enterrados. Para mensurar esta despesa foi solicitado a uma empresa especializada orçamentos de projeto e execução para estes serviços.

Em relação aos custos de operação, serão contratados operadores para três turnos. A equipe é pequena, pois a ETEC é totalmente automatizada, o operador entra somente para desempenhar atividades básicas. Portanto, deve-se incluir neste estudo as despesas com mão de obra.

Em relação aos custos de manutenção temos as análises mensais de água, que são obrigatoriamente necessárias para ter ciência da eficiência do tratamento aplicado e também verificar uma possível contaminação gerada por parte desse sistema. Ainda para esta categoria, não podemos nos obliterar que o elemento filtrante da ETEC deve ser substituído anualmente, e ainda eventuais reparos que necessitem de substituição de peças devido ao desgaste e/ou vícios de operação, devendo estes custos também ser considerados.

Visto que ainda não existe nenhuma preocupação com relação ao descarte dos efluentes desta unidade e também visto que o próprio hospital possui sua estação de tratamento de esgotos, não desprezando a grande importância das questões ambientais envolvidas neste estudo, especificamente para este trabalho não envolveremos custos ambientais, salvo também que a aplicação deste estudo obriga o tratamento dos efluentes reutilizados o que também provoca redução da contaminação do meio ambiente.

Para melhor visualização destes valores foi elaborada a Tabela 30, que nos permite verificar o lucro gerado, mostrando ainda o investimento inicial e o investimento mensal a ser desembolsado.

Tabela 30: Receitas e despesas inerentes ao sistema de reuso de água.


VALOR DAS DESPESAS RECEITAS E DESPESAS				
Custo	Despesas	Valor	Receitas	Valor Mensal
CUSTO DE IMPLANTAÇÃO	Estação de tratamento de efluentes compacta instalada	R\$ 225.920,00	Economia gerada na aplicação do reuso na lavanderia	R\$ 34.672,54
	Rede de esgoto para condução do efluente a ser tratado	R\$ 6.707,23		
	Rede de abastecimento da água de reuso tratada	R\$ 11.596,46		
	<b>Investimento Inicial</b>	<b>R\$ 244.223,69</b>		
CUSTO OPERAÇÃO/ MANUTENÇÃO MENSAL	Produtos químicos para o tratamento	R\$ 3.914,03		
	Consumo de energia elétrica dos equipamentos	R\$ 2.760,12		
	Análise mensal de água	R\$ 240,00		
	Reparos eventuais e mão de obra	R\$ 9.525,60		
	Substituição do elemento filtrante (carvão ativado)	R\$ 100,83		
	<b>Despesas Mensais</b>	<b>R\$ 16.540,58</b>		
<b>TOTAL</b>		<b>R\$ 260.764,27</b>	<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 34.672,54</b>

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Diante do exposto, é notório um valor de investimento inicial é considerável sendo relevante o valor do investimento mensal, onde são justificados pelo porte do empreendimento e o grau de controle necessário para manter o sistema de reuso em perfeito funcionamento, sem causar problemas com órgãos ambientais e até mesmo com a comissão de infecção hospitalar do próprio hospital.

A economia gerada na aplicação do reuso nesta lavanderia foi mensurada por meio da utilização dos dados da Tabela 31, fornecida pela Odebrecht Ambiental. Com um volume médio mensal economizado de 2446,27 m<sup>3</sup>, multiplica-se esta quantia pelo valor da alíquota cobrada por metro cúbico, subtrai o fator de dedução e em seguida adiciona-se 80% sobre os valores para embutir a taxa referente a coleta de esgoto sanitário. Ao final foi encontrado um valor mensal economizado de R\$ 34.672,54.

Tabela 31: Valores de tarifa por metro cúbico de água na categoria pública.



COMPANHIA DE SANEAMENTO DO TOCANTINS

Saneatins

TABELAS DE TARIFAS - GERAL - CIDADES OA|SANEATINS / TOCANTINS

NÚMERO DATABELA	DATA APROVAÇÃO	CICLO	MÊS /ANO
151888	11/12/2014		05/2015

CATEGORIA = PÚBLICA

TIPO	FAIXA M³ INTERVALO	VOLUME POR FAIXA	ALÍQUOTA ( PREÇO P/ M³ )	FATOR DE DEDUÇÃO	VALORES	
					DA FAIXA	ACUMULADO
P,1	0 A 15	15	5,32		79,80	79,80
P.2	> 15		7.89	38.55		

Fonte: Odebrecht Ambiental (2015).

Então, uma vez calculado o valor da economia mensal, para encontrar o valor do lucro mensal, será necessário fazer a subtração entre o valor da economia mensal e valor das despesas do custo de operação e manutenção ambos apresentado na Tabela 30. Foi encontrado um lucro mensal de R\$ 18.609,60, que será utilizado para determinar o tempo de retorno do capital investido.

#### 4.4.2. Tempo de retorno do investimento

Todo empreendimento, no que diz respeito a sua implantação, operação e manutenção, é obrigatório gerar algum tipo de lucro, devendo as despesas sempre ser menores ou igual as receitas. Além disso, o tempo para que isto ocorra não deve

ser elevado, variando de empreendimento para empreendimento. A Tabela 32 mostra em quanto tempo o sistema de reuso de água da lavanderia consegue abater os investimentos aplicados.

Tabela 32: Tempo de retorno do investimento aplicado no sistema de reuso na lavanderia do HGPP.

<b>TEMPO DE RETORNO DE INVESTIMENTO</b>		
Investimento Inicial	R\$	244.223,69
Lucro Mensal	R\$	18.131,96
Tempo de retorno (Meses)		14

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

A Tabela 33 apresenta uma análise detalhada do tempo de retorno deste empreendimento, para os primeiros dezoito meses de funcionamento.

Tabela 33: Análise detalhada do tempo de retorno do capital investido.

<b>ANÁLISE DO TEMPO DE INVESTIMENTO - PRIMEIROS 18 MESES</b>			
<b>Período</b>	<b>Valor Investido</b>	<b>Lucro Mensal</b>	<b>% De Abatimento Do Investimento</b>
1º Mês			7,42%
2º Mês			14,85%
3º Mês			22,27%
1 4º Mês			29,70%
5º Mês			37,12%
A 6º Mês			44,55%
N 7º Mês			51,97%
O 8º Mês			59,39%
9º Mês			66,82%
E 10º Mês	R\$ 244.223,69	R\$ 18.131,96	74,24%
11º Mês			81,67%
M 12º Mês			89,09%
E 13º Mês			96,52%
I <b>14º Mês</b>		R\$ 9.623,76	
O 15º Mês		R\$ 18.131,96	
16º Mês		R\$ 18.131,96	
17º Mês		R\$ 18.131,96	
18º Mês		R\$ 18.131,96	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Com apenas quatorze meses de tempo estimado para resgatar todo valor que foi investido, este empreendimento mostra-se que é rentável, a ponto de gerar um lucro maior que dezoito mil reais por mês.



## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da revisão de literatura, foi possível conhecer os principais poluentes característicos de efluentes de lavanderias hospitalares, no qual estão diretamente ligados às atividades desenvolvidas pela lavanderia. Foi verificado que os efluentes de lavanderias hospitalares não atendem a nenhum dos parâmetros exigidos pelas classes 2 e 3 da NBR 13.969/97, sendo necessário o seu tratamento. Recomenda-se, de forma geral, que estes efluentes passem por um tratamento prévio antes de serem lançados em corpos receptores.

Em relação ao consumo de água na lavanderia, foi verificada uma média mensal de 2446,27 m<sup>3</sup>, representando cerca de 20% da água consumida em todo o hospital. Esta quantia nos revela que este setor possui um forte potencial de consumo o que justifica a importância da implantação de um sistema de reuso.

Com o sistema de reuso implantado, a água tratada poderá ser reutilizada para irrigação de jardins e descargas sanitárias, visto que estas atividades juntas consomem por mês em média 2580,36 m<sup>3</sup>. Sabendo-se que os jardins consomem maior volume de água durante o período de seca, água de reuso proveniente da lavanderia não conseguirá suprir a demanda exigida nesse período. No entanto, durante o período chuvoso a situação é invertida porque é consumida uma quantidade menor de água na irrigação de jardins, fazendo com que a água de reuso não seja totalmente consumida. Deste modo, durante o período de seca será necessário complementar o volume de água com água da concessionária, porém o mais recomendado é que seja implantado um sistema de armazenamento do volume excedente no período chuvoso, na tentativa de equilibrar a demanda e a oferta de água nos diferentes períodos do ano.

O consumo de água na lavagem de roupas, irrigação de jardins e descargas sanitárias consomem praticamente 50% da água destinada a esta unidade hospitalar.

Quanto ao estudo de viabilidade econômica foi verificado que para implantar um sistema de reuso de água nesta lavanderia é necessário investir R\$ 244.223,69, e ainda para operar e manter o sistema funcionando normalmente serão necessários cerca de dezesseis mil reais. E a economia gerada com o reuso de água chega a quase trinta e cinco mil reais por mês. Estes dados revelam que é extremamente vantajosa a implantação de um sistema de reuso nesta lavanderia.

Ao fazer o balanço entre as despesas e receitas, este reuso confirma ser totalmente rentável através do abatimento no valor da tarifa de água, gerando um lucro um mensal estimado de R\$ 18.609,60, sendo capaz de devolver todo o capital investido inicialmente em apenas quatorze meses.

Os resultados encontrados nesse estudo podem auxiliar na mitigação do volume de água consumida pelo hospital através da aplicação do reuso dos efluentes de sua lavanderia, como consequência é capaz de reduzir os custos da fatura de água cobrada pela concessionária e indiretamente reduzir os danos ambientais gerados por este estabelecimento.

Independente da forma de reuso utilizada, ainda mais neste ambiente onde existem pessoas com quadros de saúde fragilizados, recomenda-se o controle do desempenho da atividade que utiliza os efluentes de reuso. Assim, aconselha-se a implantação de um sistema de monitoramento, de maneira a consolidar ou efetuar ajustes no processo garantindo o sucesso deste programa de reuso.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (1992). **Reuso de água**. Notas de Aula. ABES/SC, Florianópolis, SC, 90 p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**, tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos: projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15857**, Válvula de descarga para limpeza de bacias sanitárias — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conservação e reuso de águas em edificações**. 2005. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 07 set. 2015

ALBRECHT, C. **Impactos Ambientais dos Efluentes de Lavanderia Hospitalar e Tratamento com Fotoozonização Catalítica**. 2007. 62 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul. 2007

AMERICAN HOSPITAL ASSOCIATION (AHA) (1986). **Hospital Statistics**. Chicago, 250p.

BEEKMAN, G. B. **Gerenciamento integrado dos recursos hídricos**. 1 ed. Brasília: IICA, 1999. 64p.

BIOPROJECT (São Paulo) (Org.). ETE Compacta. São Bernado do Campo: Bioproject Ind., 2015. Disponível em: <<http://www.bioproject.com.br/etecomcompacta.html>>. Acesso em: 13 set. 2015.

BORGES, Luciana Zabrocki. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná.

BRAGA, Benedito *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. Prentice Hall, 2005.

BRAILE, Pedro Marcio; CAVALCANTI, Jose Eduardo W.A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. Cetesb, 1993.

BRASIL (2009). **Processamento de roupas em serviços de saúde: prevenção e controle de riscos**. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: ANVISA, 2009.

CAVINATTO, Vilma Maria. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. 2. ed. São Paulo: Ed. Moderna, 2003. 87p.

COSTA, Tailson Pires; PERIN, Ana Carolina da Motta. **A Gestão dos recursos hídricos no Brasil**. Revista da Faculdade de Direito, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 344-380, jun./jul. 2003. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-ims/index.php/RFD/article/viewFile/499/497>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

DEGEN, Ronald Jean. **O empreendedor: empreender como opção de carreira**. Prentice-Hall do Brasil, 2009.

DELOFFRE-BONNAMOUR, N. **Les rejets des établissements de santé: des effluents liquides aux déchets solides**. Mémoire de maîtrise-IUP Génie de l'Environnement-Ecodéveloppement-Université Claude Bernard-Lyon, v. 1, p. 75, 1995.

DI BERNARDO, Luiz et al. **Tratamento de água para abastecimento por filtração direta**. Rio de Janeiro: ABES, Rima, 2003.

EMMANUEL, E. et al. **Ecotoxicological risk assessment of hospital wastewater: a proposed framework for raw effluents discharging into urban sewer network**. Journal of hazardous materials, v. 117, n. 1, p. 1-11, 2005.

FERNANDES, Vera Maria Cartana. **Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos**. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo: 2004. 17p. Disponível em: <http://www.upf.br/coaju/index.php/informacoes/downloads/artigos?download=730:Artigo>. Acesso: 02 de fev. de 2015.

FLORES, Karen Müller. **O Reconhecimento da água como direito fundamental e suas implicações**. Revista da Faculdade de Direito da UERJ, v.1, n. 19, p. 125-139

jun./dez, 2011. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rfduerj/article/download/1724/1337>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

FREIRE, Cynthia do Carmo Aranha; PRADO, Racine Tadeu Araújo. **O emprego de dispositivos automáticos em aparelhos sanitários para o uso racional da água.** Dissertação de Mestrado – USP, São Paulo, 1999. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/bt/guarda/BT\\_251\\_sem\\_capa.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/bt/guarda/BT_251_sem_capa.pdf)>. Acesso em: 29 abr. 2015.

FREIRE, Renato Sanches et al . **Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas.** Química Nova, São Paulo , v. 23, n. 4, p. 504-511, ago. 2000 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-0422000000400013&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-0422000000400013&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 027 maio 2015.

FRANCI, Ricardo Gonçalves. **Uso Racional da Água em Edificações.** 1. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 352p.

GADELLE, F. (1995). **Le monde manquera-t-il bientôt d'eau?** Sécheresse,6: 11-15.

GAUTAM, Ajay Kumar; KUMAR, Sunil; SABUMON, P. C. Preliminary study of physico-chemical treatment options for hospital wastewater. **Journal of environmental management**, v. 83, n. 3, p. 298-306, 2007.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

GRULL, Doron; BLUM, José Roberto Coppini; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Reuso de água em lavanderia de roupas hospitalares.** Manole, 2003. p. 513-527.

HESPANHOL, Ivanildo et al. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HIGIMAIS (Tocantins). Litucera (Org.). **Resumo Aanalítico De Processamento De Tecidos - HGPP**. Palmas: Higimais, 2015.

IMHOFF, Karl; IMHOFF, Klaus R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. Edgard Blucher, 1986.

JERFFERSON, B. et al. **Technologies for domestic wastewater recycling**. Urban water, v. 1, n. 4, p. 285-292, 2000.

JOVENTINO, Emanuella Silva et. al.,. **Comportamento da diarreia infantil antes e após consumo de água pluvial em município do semi-árido Brasileiro. Texto contexto - enferm.**, Florianópolis, v. 19, n. 4, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tce/v19n4/12.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

JUST, J.; SZNIOLIS, A. **Germicidal properties of silver in water**. Journal (American Water Works Association), p. 492-506, 1936.

KIST, L. T. *et al.* **Caracterização e gestão do efluente de lavanderia hospitalar**. Anais do 23º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande/MS, 2005

KIST, L. T. *et al.* **Gerenciamento e aplicação do método fenton para tratamento de efluente de lavanderia hospitalar**. AIDIS – Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafios del milenio. Montevideo, AIDIS, 2006.

KONKEWICZ, Loriane Rita. **Prevenção e controle de infecções relacionado ao processamento das roupas hospitalares**. [www. ci h. com. br/lavanderiahospitalar. htm](http://www.cih.com.br/lavanderiahospitalar.htm) Acessado em, v. 16, n. 06, p. 04, 2012.

KÜMMERER, Klaus. **Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources—a review**. Chemosphere, v. 45, n. 6, p. 957-969, 2001.

LAGEMANN, Guinter. **Sistema integrado de reutilização de água, de forma adequada a seu grau de qualidade**. 2013.

LAVRADOR, José Filho. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo: Escola Politécnica, 1987

LEPRAT, P. **Les rejets liquides hospitaliers, quels agents et quelles solutions techniques**. Revue Techniques hospitalieres, v. 632, p. 49-52, 1998.

LITUCERA (Tocantins). SESAU (Org.). Dados Estatísticos da Lavanderia Hospitalar do Hospital Geral de Palmas. Palmas: Litucera, 2015.

MACÊDO, Jorge Antônio Barros de. **Águas & Águas**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2004. 977p.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. **Reuso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003. 579p.

MARINHO, Elizabeth Cândida de Araújo. **Uso Racional da água em edificações públicas**. 2007. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Construção Civil, Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/USO%20RACIONAL%20DA%20%C1GUA%20EM%20EDIFICA%C7%D5ES%20P%DABLICAS.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2015.

MARINOSKI, Ana Kelly; GHISI, Enedir. **Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC**. Ambiente Construído, v. 8, n. 2, p. 67-84, 2008.

MESIANO, R. A., LISBOA, T. C. (2006). Processamento de roupas em serviços de saúde. Apresentação ppt. Disponível em: <<http://anvisa.gov.br>> Acesso em: 04 de junho de 2015 2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de lavanderia hospitalar**. Brasília. Centro de Documentação do Ministério da Saúde, 1986.

MIERZWA, José C. et al. **O uso racional e o reuso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria – estudo de caso da Kodak Brasileira**. São Paulo: USP, 2002.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/instrumentos-da-politica-de-residuos/plano-nacional-de-saneamento-basico>>. Acesso em: 04 maio 2015.

MORELLI, Eduardo Bronzate. **Reuso de água na lavagem de veículos**. Dissertação (Mestrado) EPUSP-PHD – São Paulo: 2005. 92p.

MOTA, Suetônio et al. **Reúso de águas: a experiencia da Universidade Federal do Ceará**. Universidade Federal do Cear, 2000.

NOLDE, Erwin. **Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings—over ten year's experience in Berlin**. Urban water, v. 1, n. 4, p. 275-284, 2000.

NORONHA, V. L. S. (2002a). **Águas residuais hospitalares: caracterização e tratamento**. Tecnologias do Ambiente, n. 48, p. 32-35.

ODEBRECHT AMBIENTAL (Tocantins) (Org.). **TABELA DE ALÍQUOTA 2015 GERAL: CIDADES OA|SANEATINS / TOCANTINS**. Palmas, 2015.

OLIVEIRA, Sonia Valle Walter Borges de. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Lúcia Helena. Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios. São Paulo, 1999. 319p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

OTTOSON, Jakob; STENSTRÖM, Thor Axel. **Faecal contamination of greywater and associated microbial risks**. Water research, v. 37, n. 3, p. 645-655, 2003.

PEREIRA, Quemel Leal; ANDRADE, Paulo Romero Guimarães Serrano de. **Aproveitamento De Águas Pluviais Para Fins Não Potáveis na Universidade Federal Do Recôncavo Baiano**. Bento Gonçalves - RS: ABRH, 2013.



POLEZI, Mauricio. **Aplicação de Processo Oxidativo Avançado (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) no Efluente de uma ETE para fins de reuso**. 2003. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual de Campinas. Campinas. SP.

POSTEL, Sandra et al. **Facing water scarcity: State of the World** p. 22-41, 1993.

PHILIPPI JR, Arlindo et al. **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003.

PNUMA. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **GEO 5, Panorama Ambiental Global – Resumo Para Formuladores de Políticas**. Rio de Janeiro, 2012.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. São Paulo: Blücher, 1991. 332p

ROHLOFF, Claudia Cristina. **Avaliação da situação dos hospitais do rio grande do sul no que se refere ao licenciamento de estações de tratamento de efluentes**. 2011. 2 v. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

RUTALA, William A.; WEBER, David J. **Uses of inorganic hypochlorite (bleach) in health-care facilities**. Clinical Microbiology Reviews, v. 10, n. 4, p. 597-610, 1997.

SABESP - Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Saneamento Básico em São Paulo**. disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>, acesso: 19 de maio de 2015.

SANCHES, Ludmila Andrade Hoag. **Reuso de águas em Hospitais: O Caso do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Itajubá**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá: UNIFEI, 2008. 204p.

SANTOS, Ilma de Jesus. **Reúso de água no Distrito Federal: estudo da potencialidade do aproveitamento de esgotos sanitarios Brasília**, Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da UnB. Brasília: 2000. 139 p.

SAUTCHUK, Carla Araujo. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SHATANAWI, M.; FAYYAD, M. **Effect of Khirbet As-Samara treated effluent on the quality of irrigation water in the Central Jordan Balleu: Water Resource**. Bethesda. v. 30, p.2915-2920, 1996.

SILVEIRA, ICT et al. Biodegradabilidade anaeróbia e avaliação da toxicidade de efluente de lavanderia hospitalar. In: **22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville, SC. CD ROM**. Rio de Janeiro, ABES. 2003.

SOUZA, Renata Cristina de. **Tratamento de efluentes de lavanderia hospitalar para fins de reuso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá: UEM, 2012. 118p. Disponível em: <http://www.peu.uem.br/Discertacoes/RENATA.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2015.

TEIXEIRA, C. P. A. B.; JARDIM, W. de F. **Processos oxidativos avançados: conceitos teóricos**. Caderno temático, v. 3, p. 83, 2004.

TILLEY, Elizabeth et al, 2008. **Compendium of sanitation systems and technologies**. Dübendorf, Switzerland: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag), 2008.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar, 2003. 180 p

TUNDISI, José Galizia. **Novas Perspectivas Para a Gestão de Recurso Hídricos**. Revista USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, jun./ago. 2006. Disponível em: <<http://www.usp.br/revistausp/70/03-josegalizia.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

VILELA, P. A., (2003). **Reuso de água para fins industriais estudo de casa lavanderia hospitalar**. Tese de Mestrado. Faculdade de Saúde Pública/USP. São Paulo,SP.

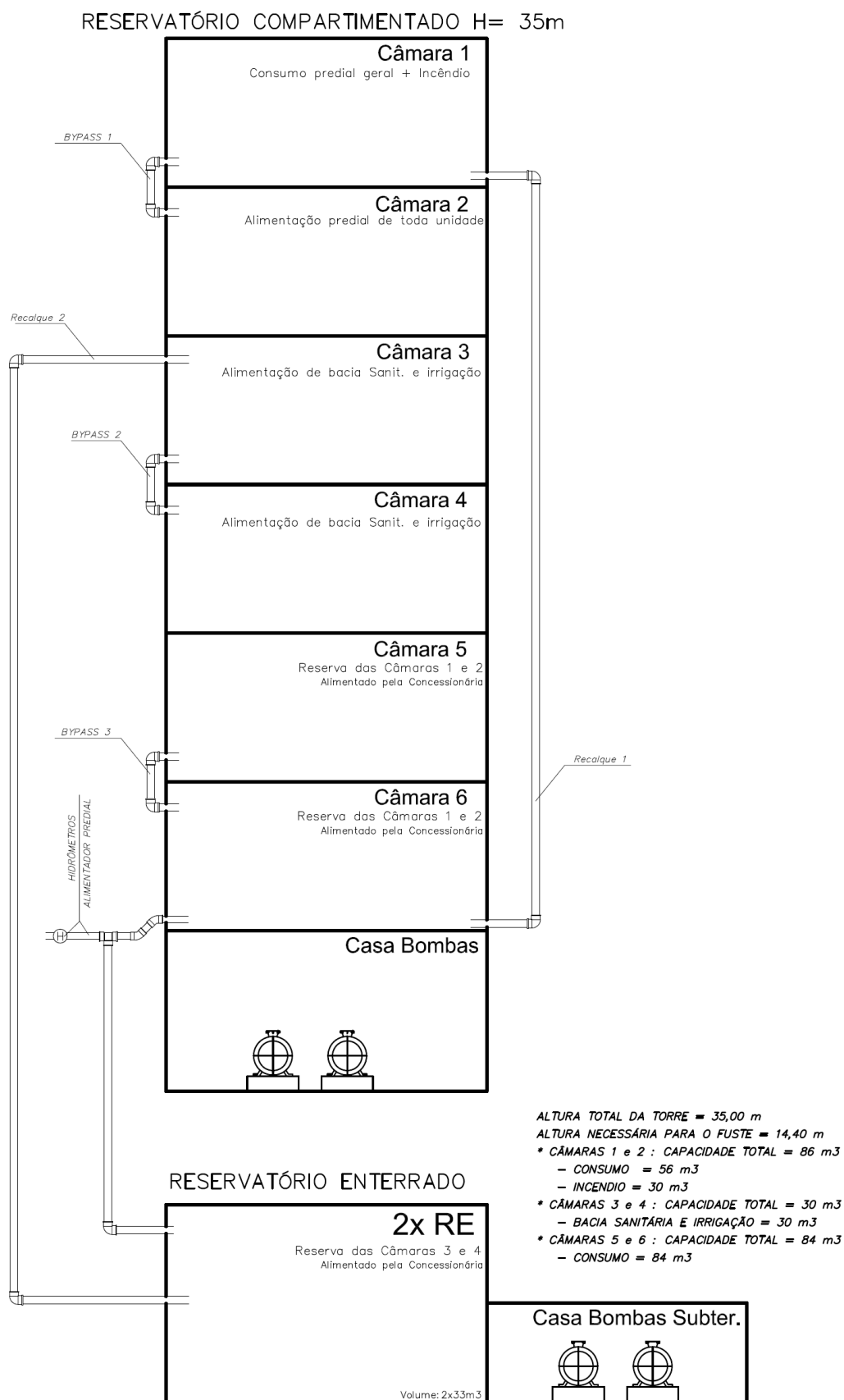
VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 3. ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. UFMG, Belo Horizonte, 2005. 452p.

WESTERHOFF, Paul. **Un update of research needs for water reuse**. In: Water reuse symposium. 1984. p. 1731-42.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards, report of a WHO meeting of experts**. [meeting held in Geneva from 30 November to 6 December] 1971. 1973.

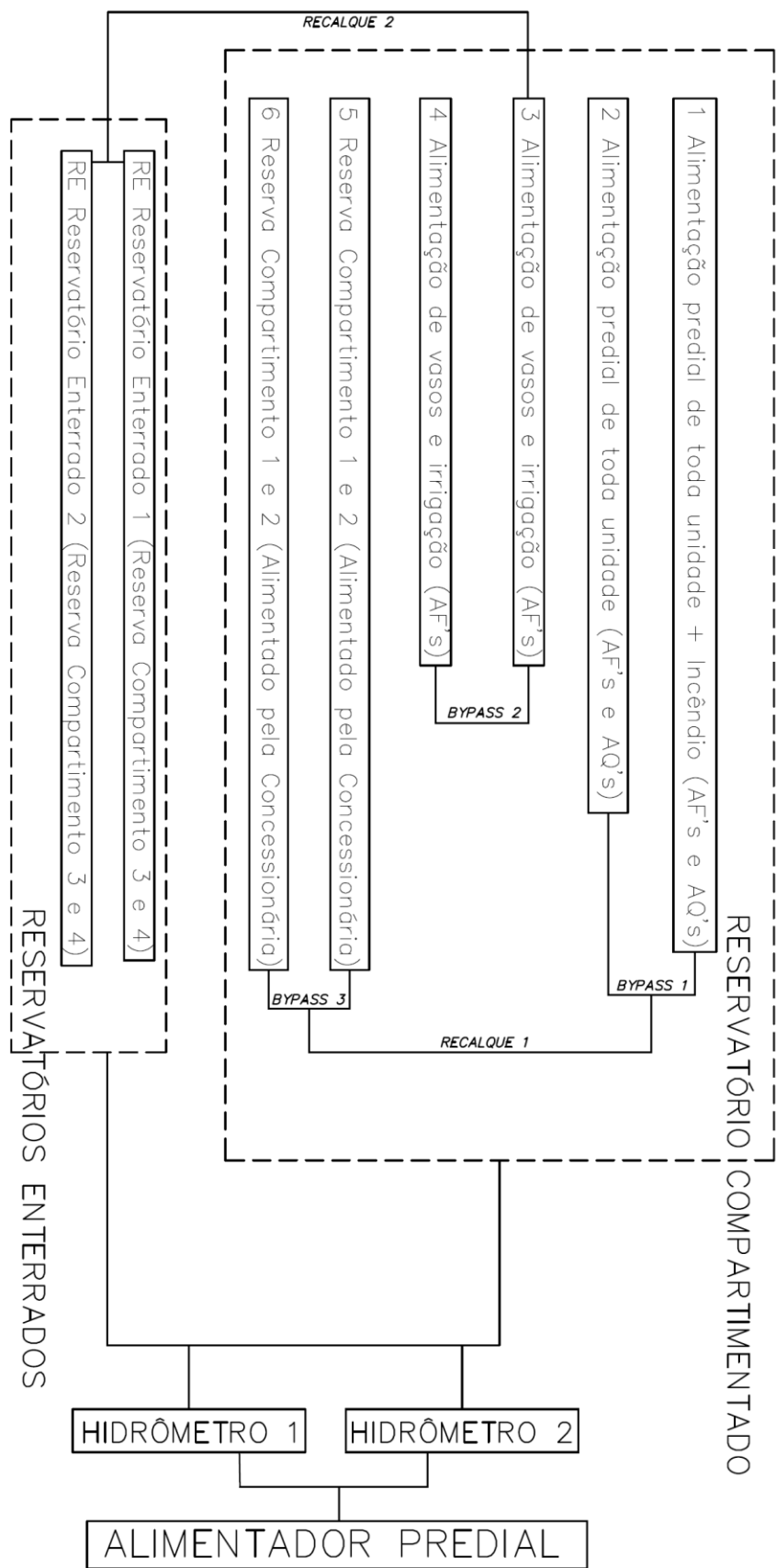
WORLD HEALTH ORGANIZATION – **Water, Sanitation and Hygiene Links to Health**. November, 2004.

## APÊNDICE A – Detalhamento do Sistema de Distribuição de Água – HGPP



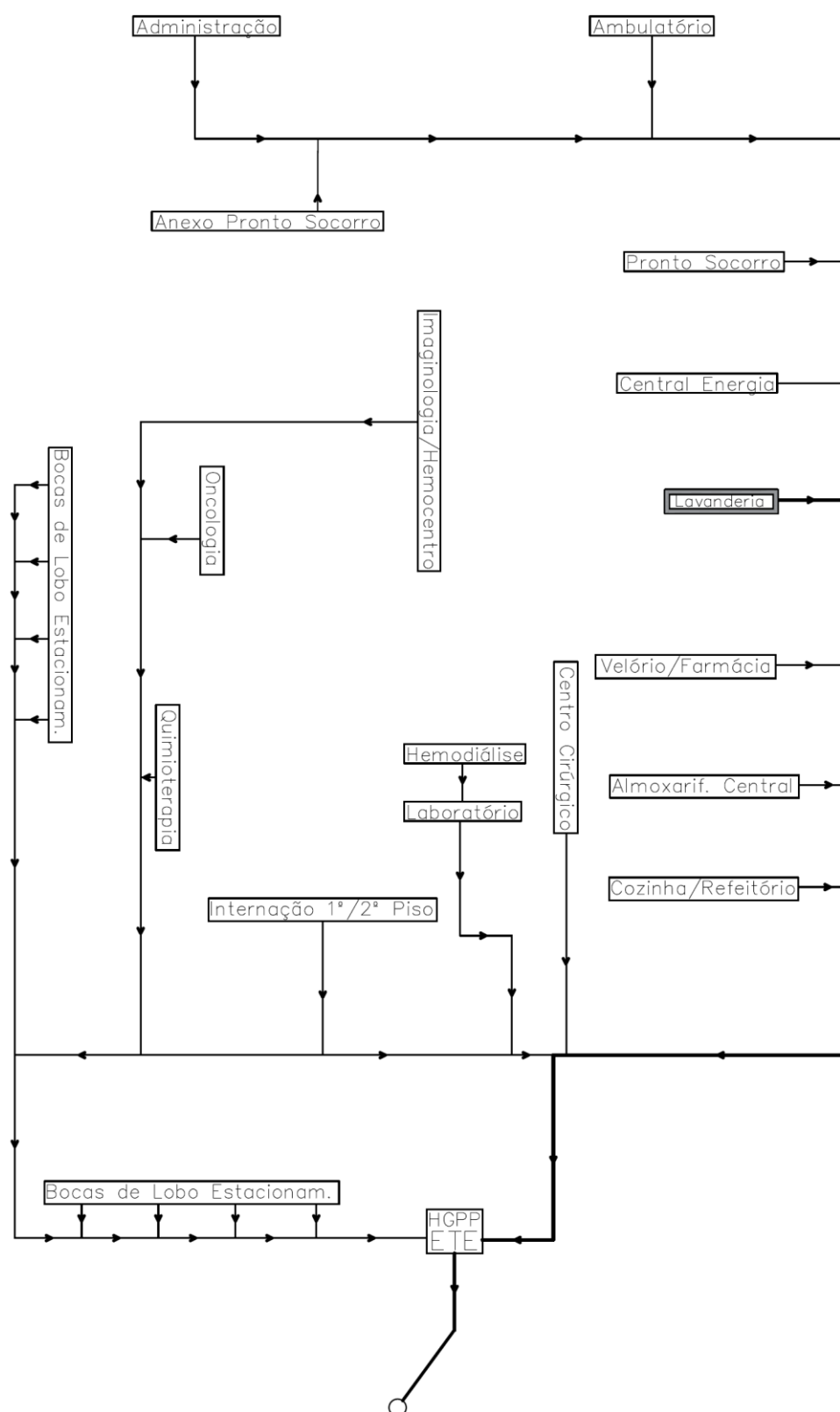
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

APÊNDICE B – Fluxograma Simples da Distribuição De Água – HGPP



Fonte: Dados da Pesquisa (2015).

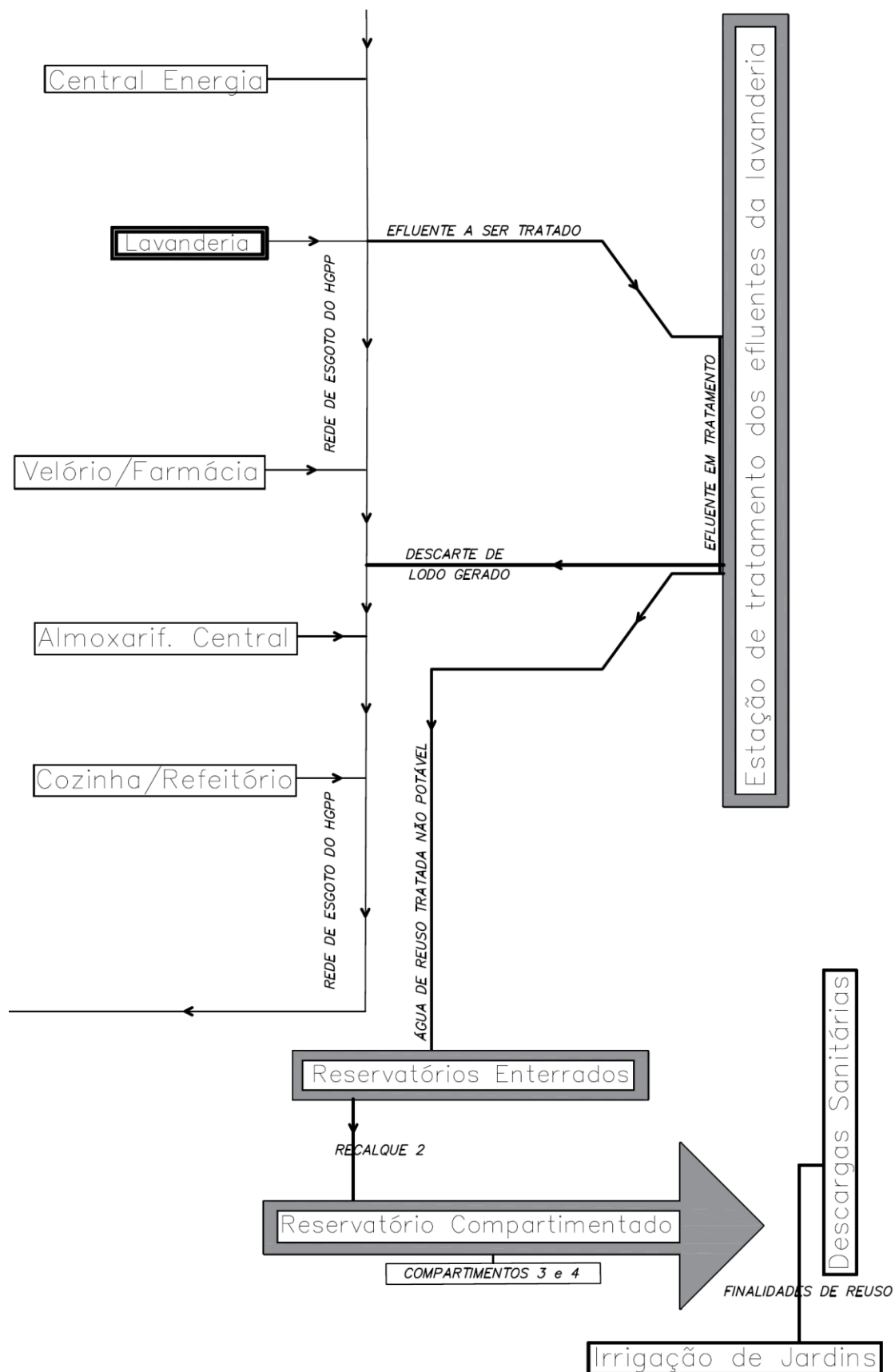
## APÊNDICE C – Fluxo de Coleta e Destinação Final dos Efluentes – HGPP



Corpo Receptor

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

## APÊNDICE D - Fluxo de Coleta, Tratamento e Reuso dos Efluentes - Lavanderia



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

**ANEXO I – PROJETO DE DETALHENTO DOS RESERVATÓRIOS ENTERRADOS**