

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO EFLUENTE DO  
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA GRANDE DOURADOS**

**LILIANE RODRIGUES CONGRO DA ROCHA**

**DOURADOS/MS**

**MARÇO/2015**

**LILIANE RODRIGUES CONGRO DA ROCHA**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO EFLUENTE DO  
HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA GRANDE DOURADOS**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como um dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia na área de concentração Ciência Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Ivan Ramires

**DOURADOS/MS**

**MARÇO/2015**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

R672a	<p>Rocha, Liliane Rodrigues Congro da. Análise físico-química e microbiológica do efluente do hospital universitário da grande Dourados. / Liliane Rodrigues Congro da Rocha. – Dourados, MS : UFGD, 2015. 81f.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Ivan Ramires. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Efluente hospitalar. 2. Esgoto. 3. Água para consumo humano. 4. Análises físico-químicas. 5. Análises microbiológicas. I. Título.</p> <p>CDD – 363.7284</p>
-------	--

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

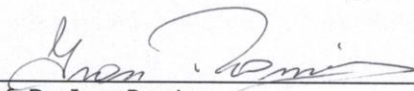


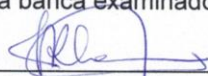
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

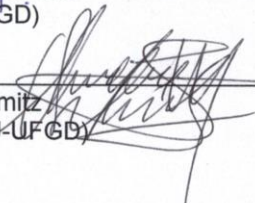
---

### Termo de Aprovação

Após apresentação, arguição e apreciação pela banca examinadora, foi emitido o parecer APROVADO, para a dissertação intitulada: **“Análise físico-química e microbiológica do efluente do hospital universitário da grande dourados”**, de autoria de **Liliane Rodrigues Congro da Rocha**, apresentada ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ivan Ramires  
Presidente da banca examinadora

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Drª. Juliana Carrijo Mauad  
Membro Examinador (UFGD)

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Wanderlei Onofre Schmitz  
Membro Examinador (HU-UFGD)

Dourados/MS, 20 de Março de 2015.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta vitória aos meus filhos Gustavo e Rafael, que lhes sirva de exemplo, para nunca desistirem de estudar, pois mesmo quando tudo lhes parecer impossível, com dedicação, entusiasmo e estudos, nada lhes será impossível.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por esta etapa concluída, por ter me guiado para alcançar meu objetivo e por ter me dado uma família maravilhosa.

Agradeço ao meu querido professor e orientador – Prof. Dr. Ivan Ramires, pela oportunidade de desbravar outras áreas de pesquisas e pelo aprendizado obtido.

Agradeço meu marido, Rodrigo, que me aguentou, inclusive com todas as neuroses e maluquices de uma mestrandia grávida e puérpera. Obrigada amor, por tudo!

Agradeço a minha mãe, que sempre me incentivou e com sua experiência de mestre e mãe me orientou e me fez seguir seu exemplo. Mãe, você me ajudou muito com conselhos, me acalmando, quando minha maior vontade era sumir e desistir. Amo você, muito obrigada.

Agradeço ao meu pai, que sempre se mostrou interessado nos resultados das análises e nas minhas conversas sobre o assunto. Pai, você sempre foi um grande exemplo pra mim. Obrigada!

Agradeço meus irmãos, e minha irmã, pelo apoio, incentivo e carinho que me ofereceram nesta trajetória.

Agradeço a querida professora Dra. Kelly Brabes. Obrigada pelo seu entendimento, conhecimento, por suas dicas, pela tranquilidade repassada, pela paciência. Obrigada por ter dedicado parte do seu tempo e dos seus conhecimentos a favor desta pesquisa.

Agradeço a colega Adriana Costa, que me auxiliou nos trabalhos de laboratório, sempre com um sorriso no rosto, inclusive aos sábados! Adriana te desejo todo o sucesso do mundo, que Deus continue te guiando e que você continue sendo esta pessoa tão especial e com tanto amor no seu coração. Obrigada!!

Agradeço a graduanda Yara Salomoni, que me apresentou o laboratório de físico-química, com toda a paciência me ensinou os ensaios físico-químicos.

Agradeço a equipe do laboratório do HUGD, o esforço e a dedicação de vocês enriqueceram ainda mais este trabalho.

Agradeço a todos que diretamente ou indiretamente estiveram envolvidos com o desenvolvimento desta pesquisa.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 EFLUENTES HOSPITALARES.....	16
2.1.1 Parâmetros Físicos.....	16
2.1.2 Parâmetros Químicos.....	17
2.1.3 Legislações Efluentes.....	19
2.2 CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE EFLUENTES HOSPITALARES.....	20
2.2.1 Coliformes.....	21
2.2.2 <i>Enterococcus</i> sp.....	22
2.2.3 <i>Escherichia</i> sp.....	23
2.2.4 <i>Pseudomonas</i> sp.....	24
2.2.5 <i>Salmonella</i> sp.....	25
2.3 RESISTÊNCIA BACTERIANA AOS ANTIMICROBIANOS.....	26
2.3.1 Produção de $\beta$ -lactamases.....	27
2.3.2 <i>Klebsiella pneumoniae carbapenemase</i> (KPC).....	28
2.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	29
2.5 PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA.....	30
3 OBJETIVOS.....	31
3.1. OBJETIVO GERAL.....	31
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	31
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	32
4.1 HISTÓRICO E ESTRUTURA.....	32
4.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
4.3 AMOSTRAGEM.....	34
4.3.1 Pontos de Coleta – Efluente Hospitalar.....	35
4.3.2 Pontos de Coleta – Água utilizada para consumo Humano.....	38
4.3.3 Pontos de Coleta – ETE Guaxinim.....	39
4.4 FREQUENCIA, COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	39
4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	40
4.5.1 Análises Físico-Químicas.....	40
4.5.2 Análises Microbiológicas.....	40
4.5.3. Antibiograma <i>Enterococcus</i> sp.....	41
4.5.4. Identificação de microrganismos.....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS.....	44

5.1.1 Potencial de Hidrogênio .....	48
5.1.2 Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Condutividade (CE).....	50
5.1.3 Acidez Total .....	53
5.1.4 Alcalinidade.....	54
5.1.5 Oxigênio Consumido.....	56
5.1.6 Cloreto .....	57
5.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) .....	59
5.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS .....	61
5.2.1 Microrganismos isolados.....	61
5.2.2 Testes de susceptibilidade antimicrobiana .....	65
5.2.3 Identificação e testes de susceptibilidade pelo Vitek 2 .....	66
6 CONCLUSÕES .....	72
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73



## LISTA DE ABREVIATURAS

°C – Graus Celsius

µm - micrometros

µS.cm - Micro Siemens por centímetro

ANVISA – Agência de Vigilância Sanitária

APHA – American Public Health Association

BHI – Brain Heart Infusion

BLH – Banco de Leite Humano

CDC – Centers for Disease Control and Prevention

CE – Condutividade Elétrica

Cemat – Central de Materiais Esterilizados

CIP - Ciprofloxacina

CLSI – Clinical and Laboratory Standarts Institute

CO – Centro Obstétrico

CO<sub>2</sub> – Gás Carbônico

Conama – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CT – Coliformes Totais

CTo – Coliformes Termotolerantes ou Coliformes Fecais

DAEC - *E. coli* difusamente aderente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DBO<sub>5</sub> – Demanda Bioquímica de Oxigênio a 5 dias

DNA – Ácido desoxirribonucleico

EAEC - *E. coli* enteroagregativa

Ebserh – Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares

EHEC - *E.coli* enteroemorrágica

EIEC - *E. coli* enteroinvasiva

EPEC - *E. coli* enteropatogênica

ERI – Eritromicina

ESBL – Beta-lactamase de espectro extendido

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

ETEC - *E. coli* enterotoxigênica

FACET – Faculdade de Ciência e Tecnologia  
FCS – Faculdade de Ciências da Saúde  
HCPA – Hospital das Clínicas de Porto Alegre  
HUGD – Hospital Universitário da Grande Dourados  
IMI – *Imipinemase*  
ITU – Infecção do Trato Urinário  
KPC – *Klebsiella pneumoniae carbapenemase*  
MBLs - Metallo- $\beta$ -lactamases  
MIC – Concentração Inibitória Mínima  
MS – Ministério da Saúde  
NHSN – National Healthcare Safety Network  
NMC-A – *Not metalloenzyme carbapenemase*  
NMP – Número Máximo Provável  
NNIS – National Nosocomial Infections Surveillance System  
NOR - Norfloxacin  
OC – Oxigênio Consumido  
OMS – Organização Mundial da Saúde  
PBP's – Proteínas ligadoras de penicilina  
PCA – Plate Count Agar  
PEN – Penicilina  
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada  
RIF – Rifampicina  
Sanesul – Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul  
SE – *Salmonella Enteritidis*  
SENTRY – *Antimicrobial Surveillance Program*  
SME – *Serratia marcescens enzyme*  
ST – *Salmonella Typhimurium*  
STD – Sólidos Totais Dissolvidos  
SUS – Sistema Único de Saúde  
TSI - Triple Sugar Iron Agar  
UFC – Unidade Formadora de Colônias  
UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados  
UTI – Unidade de Terapia Intensiva  
VAN – Vancomicina

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características físicas.....	17
Tabela 2 – Características químicas.....	18
Tabela 3 - Comparação Resoluções Brasileiras de Efluentes.....	19
Tabela 4 – Parâmetros Físico-químicos Efluentes.....	20
Tabela 5 – Parâmetros Água Potável.....	30
Tabela 6 – Parâmetros microbiológicos Água Potável.....	30
Tabela 7 – Volume gerado de efluente proveniente do HUGD.....	33
Tabela 8 – Parâmetros Físico-químicos avaliados.....	40
Tabela 9 – Parâmetros Microbiológicos avaliados.....	41
Tabela 10 – Antibióticos utilizados no antibiograma <i>Enterococcus</i> .....	42
Tabela 11 - Resultados análise água potável HUGD.....	44
Tabela 12 – Resultados análises físico-químicas realizadas no efluente HUGD.....	46
Tabela 13 – Coliformes totais/ 35°C (NMP/100 mL) .....	61
Tabela 14 – Coliformes fecais/ 45°C (NMP/100 mL) .....	62
Tabela 15 – Detecção de <i>Escherichia coli</i> .....	63
Tabela 16 – Detecção de <i>Enterococcus</i> sp.....	63
Tabela 17 – Detecção de <i>Salmonella</i> sp.....	63
Tabela 18 – Contagem de microrganismos Mesófilos Aeróbios.....	64
Tabela 19 – Antibiograma <i>Enterococcus</i> sp.....	65
Tabela 20 – Identificação Vitek-Biomériux – MIC e Antibiograma.....	68
Tabela 21 – Identificação Vitek-Biomériux – MIC e Antibiograma.....	70

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Percurso do Efluente. 1- HUGD / 2 – ETE Guaxinim / 3–Córrego Rego D’água..	34
Figura 2 – Projeto HUGD, com locação dos pontos de coleta.....	35
Figura 3 - Projeto sanitário Enfermarias 28 e 29 HUGD.....	36
Figura 4 – Projeto Sanitário Cemat HUGD.....	36
Figura 5 – Projeto Sanitário Centro Obstétrico HUGD.....	37
Figura 6 – Projeto sanitário do BLH - HUGD.....	37
Figura 7 – Pontos de coleta do efluente HUGD.....	38
Figura 8– Local de descarte do Efluente Tratado da ETE Guaxinim.....	39
Figura 9- pH Efluentes HUGD.....	49
Figura 10- pH água potável HUGD.....	49
Figura 11 – Sólidos Totais Dissolvidos efluentes HUGD.....	51
Figura 12 – Condutividade Elétrica de efluentes HUGD.....	51
Figura 13 – Sólidos Totais Dissolvidos água potável HUGD.....	52
Figura 14– Condutividade Elétrica água potável HUGD.....	52
Figura 15 – Acidez total dos efluentes HUGD.....	53
Figura 16 – Acidez total em água potável HUGD.....	54
Figura 17 - Alcalinidade do Efluente do HUGD.....	55
Figura 18 – Alcalinidade Água Potável HUGD.....	56
Figura 19 – Oxigênio Consumido HUGD.....	57
Figura 20 – Cloreto Efluente HUGD.....	58
Figura 21 – Cloreto Água Potável HUGD.....	59
Figura 22 – Precipitado na amostra do BLH.....	60
Figura 23 - DBO Efluente HUGD.....	61

## RESUMO

A preocupação com a qualidade do meio ambiente vem crescendo em larga escala nos últimos anos e evidencia-se com novas legislações ambientais e mudanças comportamentais da sociedade em relação ao meio ambiente. Os centros de serviços de saúde são motivo de grande preocupação, pois seus resíduos e suas composições não são conhecidos, tornando um meio potencialmente perigoso de contaminação. O objetivo desse estudo foi caracterizar o efluente hospitalar do Hospital Universitário da Grande Dourados (HUGD), de médio porte e alta complexidade, através de análises físico-químicas e microbiológicas e averiguar a conformidade com as recomendações das resoluções vigentes. Foi realizada a análise do efluente hospitalar do HUGD, sendo que os pontos de coleta de efluentes escolhidos foram: Enfermarias, Central de Materiais Esterilizados (Cemat), Centro Obstétrico (CO) e Banco de Leite Humano (BLH). Também foram analisadas amostras do Efluente Tratado da ETE Guaxinim e a análise da água utilizada para consumo humano do HUGD, onde foram coletadas amostras de água da Cozinha e do Lactário Para determinação dos aspectos físico-químicos foram analisados os seguintes parâmetros: pH, Condutividade Elétrica (CE), Demanda Bioquímica de Oxigênio há 5 dias (DBO5), Oxigênio Consumido (OC), Acidez Total, Alcalinidade, Cloreto e Sólidos Totais Dissolvidos (STD). Para determinar os aspectos microbiológicos foi realizada a análise quantitativa de coliformes totais e fecais; análise qualitativa dos seguintes microrganismos - *Escherichia coli*, *Pseudomonas* ssp, *Salmonella* ssp e *Enterococcus* ssp; identificação e antibiograma de microrganismos através do aparelho Vitek-Biomériux. Neste estudo conclui-se que com relação aos parâmetros físico-químicos, os parâmetros avaliados estiveram de acordo com o recomendado pela legislação, tanto para qualidade dos efluentes como para qualidade da água potável. Com relação aos parâmetros microbiológicos analisados foi possível observar a presença de diferentes microrganismos nos efluentes hospitalares, como *Escherichia coli*, *Enterococcus* sp., e *Salmonella* sp. Na água utilizada para consumo humano no hospital foi encontrado microrganismos, como *Salmonella* ssp na água do lactário e também quantidade maior do que o permitido em norma de microrganismos mesófilos aeróbios.

**Palavras chaves:** Efluente hospitalar; esgoto; água para consumo humano; análises físico-químicas; análises microbiológicas.

## ABSTRACT

The concern about the quality of the environment is growing on a large scale over the recent years, which can be observed through new environmental legislation and behavioral changes in society in relation to the environment. The health care centers are of great concern because their waste and compositions are not known, making of them a potentially dangerous means of contamination. The purpose of this study was to characterize the hospital effluent of Hospital Universitário da Grande Dourados (HUGD), a medium sized and high complexity hospital, through physical-chemical and microbiological analyzes, checking their compliance with the recommendations on the current resolutions. The effluent from the HUGD was analyzed according to the following collection points: Medical rooms, Sterile Materials Center (CEMAT), Obstetric Center (CO) and Human Milk Bank (HMB). It was also analyzed samples from the Effluent Treatment Unit of Guaxinim and the potable water used at the kitchen and the lactary. To determine the physical-chemical aspects, the following parameters were analyzed: pH, Electrical Conductivity (EC), Biochemical Oxygen Demand for 5 days (BOD5), Oxygen Consumed (OC), Total acidity, Alkalinity, Chloride and Total Dissolved Solids (TDS). To determine the microbiological aspects it was carried out quantitative analysis of total and fecal coliforms; qualitative analysis of the following microorganisms - *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp, *Salmonella* spp and *Enterococcus* spp; identification and antibiogram of microorganisms via Vitek-Biomériux device. This study concluded that with respect to the physical and chemical parameters, the effluent and potable water parameters evaluated were according to the legislation recommendations. Regarding the microbiological parameters it was observed the presence of different microorganisms in the hospital effluents, such as *Escherichia coli*, *Enterococcus* spp and *Salmonella* spp. In the potable water was found microorganisms, such as *Salmonella* spp in the water used in the lactary, as well as out of the standard mesophilic aerobic microorganisms.

**Keywords:** Hospital effluent; Sewer; Potable water; Physical-chemical analyzes; microbiological analyzes.

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a qualidade do meio ambiente vem crescendo em larga escala nos últimos anos e evidencia-se com novas legislações ambientais, como a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 430 de 2011 e também nas mudanças comportamentais da sociedade em relação ao meio ambiente.

Nos estabelecimentos de assistência à saúde humana não é diferente, os mesmos estão sendo obrigados a se adequarem aos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos, que não existiam até há pouco tempo atrás. A Resolução do Conama nº 358 de 2005, classifica e enfatiza sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos provenientes especificamente dos estabelecimentos de saúde.

Os efluentes gerados nos centros de serviços de saúde são motivo de grande preocupação, pois tais resíduos e suas composições não são conhecidos, tornando um meio potencialmente perigoso de contaminação.

Os efluentes hospitalares, geralmente, são contaminados por microrganismos patogênicos, além de apresentarem grandes quantidades de drogas, especialmente antibióticos excretados pelos pacientes. Também são importantes fontes de produtos químicos, metais pesados, esterilizantes e desinfetantes, compostos resultantes de atividades laboratoriais, atividades de pesquisa e diagnóstico. Logo, a falta de um tratamento apropriado torna esse material contaminante do lençol freático e de mananciais de água potável, o que representa um risco às comunidades aquáticas e à saúde pública. (EMMANUEL et al., 2005; FUENTEFRIA et al., 2008).

Nos últimos anos a crescente resistência antimicrobiana de microrganismos responsáveis por infecções hospitalares presentes no meio ambiente tornou-se um grande desafio à Saúde Pública. Bactérias produtoras carbapenemases representam um dos mais importantes problemas de resistência bacteriana de cepas de interesse clínico, pois conferem resistência à maioria dos beta-lactâmicos, diminuindo as opções terapêuticas. Pelo fato dos genes que codificam essas enzimas estarem inseridos em elementos genéticos móveis e serem facilmente transferidos, os relatos da ocorrência de surtos tornaram-se cada vez mais comuns em efluentes hospitalares, tornando a sua pesquisa um fator relevante a fim de restringir a sua disseminação.

Infelizmente, até os dias de hoje, a regulamentação para efluentes hospitalares não é específica. Existe apenas a Resolução do Conama nº 430, de 2011, a qual recomenda alguns parâmetros para lançamento de qualquer efluente (seja ele doméstico, industrial ou hospitalar) em corpos receptores ou na rede pública de esgoto.

O objetivo deste trabalho é caracterizar o efluente de um hospital de médio porte e alta complexidade, através de análises físico-químicas e microbiológicas. Comparar o efluente bruto com o efluente tratado e lançado no meio ambiente, além de averiguar a conformidade com as recomendações das resoluções vigentes.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 EFLUENTES HOSPITALARES

É visível a grande preocupação da comunidade e dos governantes em geral perante os dejetos de saúde sólidos, a exemplo da RDC 306 de 2004, que dispõe sobre o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Mas, quanto aos dejetos líquidos dos estabelecimentos de saúde, estes têm ficado em segundo plano, devido à ausência de legislações específicas quanto ao descarte dos efluentes hospitalares.

A avaliação da qualidade do efluente enviado a Estação de Tratamento de Efluente (ETE) é especialmente importante quando este corpo d'água deságua em rios que serão utilizados para captação de água. A utilização desta água pode afetar a saúde humana e o ecossistema aquático.

Segundo alguns autores, muitas bactérias resistentes aos antibióticos e genes de resistência foram encontradas em amostras de efluente hospitalar (AALI et al., 2014) e em amostras de lodo ativado (REINTHALER et al., 2003), amostras de esgoto doméstico (TENNSTEDT et al., 2003) e também em corpos d'águas contaminados com efluentes (COSTANZO; MURBY; BATES, 2005). Mesmo após o período de secagem, que são 30 dias, Carrijo e Biondi, (2008) encontraram ovos de helmintos em lodo de esgoto.

O grande problema é que este efluente vai para a ETE e é tratado da mesma maneira que o esgoto doméstico (urbano). O efluente hospitalar é diferente do efluente doméstico e necessita de um tratamento especial para o mesmo, como o que previa as resoluções anteriores à do Conama 430/2011.

O tratamento de efluente convencional, não é suficiente para eliminação das bactérias resistentes, por isso Verlicchi, Galletti e Masotti, (2010) têm recomendado que existissem estações de tratamento de efluentes hospitalares dentro dos hospitais. Os parâmetros para caracterização de efluentes hospitalares podem ser divididos em parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.

#### 2.1.1 Parâmetros Físicos

Os parâmetros físicos comumente utilizados para caracterização de águas e efluentes são: cor, turbidez, sabor, odor, temperatura. A Tabela 1 resume estes parâmetros.

**Tabela 1** – Características físicas

<b>Parâmetro Físico</b>	<b>Conceito</b>	<b>Origem</b>	<b>Importância</b>	<b>Utilização mais frequente</b>
Cor	Responsável pela coloração na água	Natural: Decomposição de matéria orgânica – Ferro e Manganês Antropogênica: Resíduos Industriais e esgotos domésticos	Origem natural: Não apresenta riscos à saúde Origem antropogênica: Pode ou não apresentar toxicidade	Caracterização de águas abastecimento brutas ou tratadas.
Turbidez	Representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma.	Natural: Partículas de rochas, argila e silte – Algas e outros microrganismos. Antropogênica: Despejos domésticos, industriais – Microrganismos e erosão.	Origem natural: Não traz inconvenientes sanitários diretos. Origem antropogênica: Pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em corpos d'água pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese.	Caracterização de águas abastecimento brutas ou tratadas. Controle de operação das ETAs
Temperatura	Medição da intensidade de calor	Natural: Transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo). Antropogênica: Águas de torres de resfriamento, despejos industriais.	Elevações de temperatura aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, diminuem a solubilidade dos gases e aumentam a taxa de transferência de gases.	Caracterização de corpos d'água e de águas residuais brutas.
Sabor e Odor	O sabor é a interação entre o gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e o odor (sensação olfativa).	Natural: Matéria orgânica em decomposição; Microrganismos; Gases dissolvidos. Antropogênica: Despejos domésticos, industriais; Gases dissolvidos.	Origem natural: Não representa riscos à saúde. Origem antropogênica: Pode representar a presença de substâncias potencialmente perigosas.	Caracterização de águas abastecimento brutas ou tratadas

Fonte: (VON SPERLING, 1996).

### 2.1.2 Parâmetros Químicos

A Tabela 2 mostra os principais parâmetros químicos para caracterização de águas.

**Tabela 2** – Características químicas

<b>Parâmetro Químico</b>	<b>Conceito</b>	<b>Origem</b>	<b>Importância</b>	<b>Utilização mais frequente</b>
pH – Potencial Hidrogênionico	Concentração de íons hidrogênio $H^{++}$ . Indicação sobre a acidez, neutralidade e alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14.	Natural: Dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, Oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Antropogênica: Despejos domésticos e industriais.	Diversas etapas do tratamento da água. pH baixo: potencial corrosividade e agressividade nas tubulações. pH elevado: possibilidade de incrustações nas tubulações.	Caracterização de águas abastecimento brutas ou tratadas e águas residuais brutas. Controle da operação de ETEs e ETAs.
Alcalinidade	Quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio	Natural: Dissolução de rochas, reação de $CO_2$ com a água. Antropogênica: Despejos industriais.	Controle do tratamento de água, relacionada com a coagulação, a redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações. Importante no controle do tratamento de esgotos.	Caracterização de águas abastecimento brutas ou tratadas e águas residuais brutas. Controle de operação das ETAs
Acidez	Capacidade da água em resistir às mudanças de pH causadas pelas bases. Presença de gás carbônico livre.	Natural: $CO_2$ absorvido da atmosfera ou da decomposição de matéria orgânica. Gás sulfídrico. Antropogênica: Despejos industriais	Responsável pela corrosão de tubulações e material.	Caracterização de águas de abastecimento (inclusive industriais) brutas ou tratadas.
Cloretos	Os cloretos são íons advindos da dissolução de sais.	Natural: Dissolução de minerais. Intrusão de águas salinas. Antropogênica: Despejos domésticos, industriais e águas utilizadas para irrigação.	Em determinadas situações imprime um sabor salgado a água.	Caracterização de águas abastecimento brutas e de esgotos tratados usados para irrigação.
Oxigênio Dissolvido	Importância para organismos aeróbios. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se condições anaeróbias,.	Natural: Dissolução de oxigênio atmosférico. Produção pelos organismos fotossintéticos. Antropogênica: Introdução de aeração artificial.	Principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos.	Controle operacional de estações de tratamento de esgotos. Caracterização de corpos d'água.
Dureza	Concentração de cátions multimetálicos em solução. Em supersaturação estes cátions reagem com ânions da água, formando precipitados.	Natural: Dissolução de minerais, contendo cálcio e magnésio. Antropogênica: Despejos industriais.	Causa um sabor desagradável e pode ter efeito laxativo. Reduz a formação de espuma, implicando num maior consumo de sabão. Causa incrustações nas tubulações de caldeiras, água quente e aquecedores.	Caracterização de águas abastecimento brutas ou tratadas

Fonte: (VON SPERLING, 1996).

### 2.1.3 Legislações Efluentes

Em relação aos padrões de qualidade para lançamento de efluente hospitalar na rede pública e/ou em corpos d'água receptores, estes são fixados pela Resolução do Conama, nº 430 de 13 de maio de 2011 que, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente. Verifica-se que esta resolução recomenda os padrões para todo e qualquer tipo de efluente, incluindo os hospitalares, e não existe uma resolução específica para os dejetos líquidos de estabelecimentos de saúde, a seguir:

O parágrafo § 3º desta resolução trata dos efluentes hospitalares de maneira geral:

§ 3o Os efluentes oriundos de serviços de saúde estarão sujeitos às exigências estabelecidas na Seção III desta Resolução, desde que atendidas às normas sanitárias específicas vigentes, podendo:

- I - ser lançados em rede coletora de esgotos sanitários conectada a estação de tratamento, atendendo às normas e diretrizes da operadora do sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitários; e
- II - ser lançados diretamente após tratamento especial.

A Resolução do Conama 430/2011 alterou e complementou a Resolução Conama 357/2005, que por sua vez alterou e complementou a Resolução Conama 20/1986. Verifica-se um espaço de quase 20 anos sem grandes alterações e preocupações governamentais quanto aos padrões dos efluentes e dos corpos receptores. Na Tabela 3, segue a evolução das recomendações das Resoluções Brasileiras sobre efluentes de estabelecimentos de saúde.

**Tabela 3 – Evolução das Resoluções Brasileiras de Efluentes**

<b>RDC</b>	<b>Ano</b>	<b>Recomendações</b>	<b>Observações</b>
20	1986	Tratamento especial para estabelecimentos de saúde	Não recomenda o tipo de tratamento
357	2005	Despejos infectados com 25 microrganismos patogênicos, após tratamento especial	Não identifica os microrganismos patogênicos, nem o tratamento especial
430	2011	Parâmetros e condições para descarte do efluente na rede pública	Parâmetros Tabela 4

A Tabela 4 contém as recomendações dos parâmetros físico-químicos para efluentes hospitalares, conforme resolução mais atualizada do Brasil (RDC 430/2011).

**Tabela 4** – Parâmetros Físico-químicos Efluentes Hospitalares

<b>Parâmetro</b>	<b>Exigência Conama 430/2011</b>
pH	5,0 – 9,0
Temperatura	< 40 ° C
Materiais Sedimentáveis	1 mL. L <sup>-1</sup>
Óleos Mineirais	< 20 mg . L <sup>-1</sup>
Óleos Vegetais e Gordura Animal	< 50 mg. L <sup>-1</sup>
Materiais Flutuantes	Ausência
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO <sub>5</sub> )	Remoção mínima de 60%

**Fonte:** Resolução 430/2011 - Conama

## 2.2 CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE EFLUENTES HOSPITALARES

Devido à grande quantidade de antibióticos e também de bactérias resistentes que são descartadas no meio ambiente, as águas dos rios tornam-se os principais receptores desse tipo de poluição, recebendo os esgotos urbano, industrial e hospitalar. Os rios são considerados uma das principais fontes de água, para consumo humano e animal, portanto, esta poluição pode contribuir diretamente para a disseminação da resistência bacteriana. O esgoto hospitalar é responsável por liberar uma grande variedade de substâncias, além de antibióticos, desinfetantes, metais pesados e drogas não metabolizadas por pacientes (EMMANUEL; PIERRE; PERRODIN, 2009).

A ocorrência de ambientes seletivos para os microrganismos recuperados de efluentes hospitalares gera um aumento da frequência de genes de resistência bacteriana. Estudos têm demonstrado que efluentes hospitalares apresentam níveis mais elevados de bactérias entéricas resistentes aos antimicrobianos do que efluentes derivados de outras fontes e, que a concentração de antimicrobianos na água que recebe o esgoto hospitalar também é superior, criando um ambiente com forte pressão seletiva (KITCHEL et al., 2009; BEIER et al., 2010)

Além disso, as precárias condições de saneamento básico e a falta de tratamento dos efluentes hospitalares podem estabelecer rotas de disseminação de bactérias multirresistentes. Desta forma, o esgoto hospitalar torna-se um ambiente propício para o desenvolvimento de doenças causadas por bactérias patogênicas, sendo que os principais gêneros envolvidos são: *Enterococcus* sp., *Escherichia* sp., *Pseudomonas* sp. e *Salmonella* sp. (FUENTEFRIA et al., 2008).

### 2.2.1 Coliformes

As bactérias do grupo coliforme têm sido utilizadas há vários anos na avaliação da qualidade microbiológica de amostras ambientais (ROMPRÉ et al., 2002, TALLON et al., 2005), e atendem vários dos requisitos de um bom indicador de contaminação fecal. O grupo coliforme é dividido em coliformes totais e coliformes termotolerantes ou fecais (MACÊDO, 2001). Os coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTo) são os indicadores de contaminação mais usados para monitorar a qualidade sanitária da água (BETTEGA et al., 2006). Geralmente, na determinação de coliformes, realiza-se a diferenciação entre os de origem fecal e não-fecal. Os coliformes não-fecais como a *Serratia* sp. e *Aeromonas* sp., são encontradas no solo e vegetais, possuindo a capacidade de se multiplicarem na água com relativa facilidade. No entanto os coliformes de origem fecal, não se multiplicam facilmente no ambiente externo e são capazes de sobreviver de modo semelhante às bactérias patogênicas (ZULPO et al., 2006).

O grupo de coliformes totais define-se como bastonetes Gram-negativos não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas à temperatura de 35°C (e podem apresentar atividades da enzima  $\beta$ -galactosidase). O grupo inclui cerca de 20 espécies, dentre as quais encontram-se tanto bactérias originárias do trato gastrointestinal de humanos e outros animais homeotérmicos, como também diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas (SILVA et al., 2009). A detecção de coliformes totais em amostras de águas não é necessariamente um indicativo de contaminação fecal ou ocorrência de enteropatógenos (SOUZA; PERRONE, 2001). A presença de coliformes totais em recursos hídricos deve ser interpretada de acordo com o tipo de água, naquela que sofreu desinfecção, os coliformes totais devem estar ausentes (REGO; BARROS; DOS SANTOS, 2010).

Coliformes fecais ou termotolerantes é um subgrupo dos coliformes totais, que são bacilos Gram-negativos, em forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios facultativos oxidase negativas não formadoras de esporos, apresenta a capacidade de continuar fermentando lactose com produção de gás, quando incubadas a temperaturas de 44 - 45°C (FRANCO; LANDGRAF, 2003). Os coliformes fecais abrangem os gêneros *Escherichia*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo *E. coli* o principal indicador de contaminação fecal, pois é um colonizador comum do trato intestinal de homem e animais e ocorrem em número elevado em dejetos, podendo assim ser analisados sem enriquecimento do material e toleram temperaturas de até 44°C (ELVING, 2009).

### 2.2.2 *Enterococcus* sp.

O gênero *Enterococcus* representa um dos patógenos hospitalares mais importantes, afetando geralmente os pacientes que estão debilitados por outras doenças e submetidos a hospitalização prolongada. As espécies desse gênero são cocos Gram-positivos, com formato oval, que formam cadeias de vários comprimentos. São facultativamente anaeróbias com uma habilidade especial para sobreviver em condições adversas, incluindo concentrações elevadas de sal e a uma vasta gama de temperaturas (ARIAS; MURRAY, 2012).

Podem causar uma variedade de infecções no ambiente hospitalar, incluindo infecções pélvicas, infecções neonatais e infecções do trato urinário (ITU). No entanto, apesar de patogênicos, os enterococos geralmente exibem baixos níveis de virulência, como demonstrado pela sua presença como colonizadores naturais do trato gastrointestinal, na maioria dos seres humanos e animais (ARIAS; MURRAY, 2012).

Dados epidemiológicos indicam que as espécies desse gênero representam o terceiro patógeno nosocomial mais isolado de todas as infecções hospitalares, atrás apenas dos estafilococos coagulase-negativo e *Staphylococcus aureus*. O aumento da prevalência de infecções por enterococos em seres humanos é influenciada pela sua característica de apresentar resistência intrínseca a vários antibióticos. Juntamente com o aumento da resistência aos antibióticos, à aquisição de diversos fatores de virulência e a capacidade desses microrganismos formarem biofilmes, as espécies do gênero *Enterococcus* tornaram-se uma das principais causas de infecções no ambiente hospitalar (HOLLENBECK; RICE, 2012).

### 2.2.3 *Escherichia* sp.

O gênero *Escherichia* é composto pelas espécies: *Escherichia coli*, *blattae*, *fergussoni*, *hermanni* e *vulneris*. Porém a *E. coli* é a espécie do gênero de maior importância clínica (TRABULSI, 2004). Normalmente esse microrganismo é um comensal da microbiota intestinal humana, porém algumas estirpes dessa espécie conseguem causar infecções que vão desde diarreias a meningites (LAW et al., 2013). Essa espécie se apresenta como um bacilo Gram-negativo anaeróbico facultativo, oxidase negativa e catalase positiva. Podem ser móveis ou imóveis e não possuem a capacidade de formar esporos (BARNES; VAILLANCOURT; GROSS, 2003). Integrando o grupo de microrganismos coliformes, no qual a presença em alimentos e água indica contaminação por via fecal (EVANGELISTA, 1994).

De acordo com critérios clínicos e genéticos suas linhagens ainda podem ser classificadas em três grupos: comensais, patogênicas intestinais e extra intestinais (SMITH; FRATAMICO; GUNTHER, 2007). A *E. coli* comensal dificilmente causa alguma doença, exceto quando o trato gastrointestinal é lesionado ou quando em contato com pacientes com sistema imunológico comprometido. As linhagens de bactérias desse grupo se distinguem como: temperatura ideal de multiplicação, espécime clínica e perfil de sensibilidade a antimicrobianos (GORDON et al., 2004; LAI et al., 2013).

Estudo de epidemiologia molecular identificou a ocorrência de diferentes reservatórios de *E. coli* extra intestinal, que além do trato intestinal humano ainda podem estar presentes em alimentos, animais, redes de esgoto e outras fontes ambientais. O que chama a atenção na saúde pública à importância clínica e as vias de transmissão desses microrganismos (MANGES; JHONSONS, 2012).

As cepas de *E. coli* patogênicas formam grupos caracterizados pelo agrupamento de fatores de virulência, que foram adquiridos por meio de alguma mutação cromossômica ou pela aquisição de elementos genéticos móveis (MARRS; ZHANG; FOXMAN et al., 2005; LAW et al., 2013). De acordo com os genes responsáveis pela virulência das cepas, os grupos incluem: *E. coli* Enteropatogênica (EPEC), *E. coli* Enterohemorrágica (EHEC), *E. coli* Enterotoxigênica (ETEC), *E. Coli* Enteroagregativa (EAEC), *E. coli* Enteroinvasiva (EIEC) e *E. coli* Difusamente Aderente (DAEC) (VIDAL et al., 2005; CLEMENTS et al., 2012; LAW et al., 2013).

As únicas estirpes de *E. coli* que tem a capacidade de colonizar a mucosa intestinal são a EPEC e a EHEC, pois possuem fatores de virulência que lhes permite aderir às células e



promover lesões (WONG et al., 2011). A EPEC é umas das principais causas de diarreia aquosa, geralmente estando acompanhada por outros sintomas como, febre, vômito e desidratação (CROXEN; FINLAY, 2010; LAI et al., 2013). EHEC é responsável por provocar sintomas ainda mais graves, que variam entre a gastroenterite até casos mais extremos como a colite hemorrágica (CLEMENTS et al., 2012).

Apesar da EPEC ser a primeira estirpe relacionada com surtos sua incidência vem diminuindo nos últimos anos e tornaram-se raros em países desenvolvidos. Atualmente a ETEC aparece como a cepa mais reportada em casos de diarreia severa que evoluíram para óbito. A emergência desses patógenos pode ser atribuída a vários fatores, que mudam conforme os comportamentos da população e o meio ambiente em que vivem (CLEMENTS et al., 2012).

#### 2.2.4 *Pseudomonas* sp.

Bactérias do gênero *Pseudomonas* são bacilos Gram-negativos não fermentadores de glicose, ligeiramente curvados, não esporulados, que medem aproximadamente 0,5 a 1 µm de largura por 1,5 a 5 µm de comprimento. São usualmente móveis, possuindo um ou vários flagelos polares, utiliza glicose e outros carboidratos oxidativamente e em geral são citocromos oxidase positivas (KONEMAN et al., 2001; BLONDEL-HILL; HENRY; SPEERT, 2007). Esses microrganismos são metabolicamente versáteis, capazes de crescer em meios de cultura pobres, compostos simplesmente de sais minerais, glicose e ágar. As colônias podem ser identificadas rapidamente no meio de cultura devido à pigmentação e ao odor de frutas característico (GILLARD, 1979). As colônias podem apresentar morfologia variada, mas geralmente se apresentam como colônias planas e difusas. No exame direto são facilmente distinguidas de outros bacilos Gram-negativos não fermentadores e baseado em suas características bioquímicas (PITT; BARTH, 1997; MANDELL et al., 2009; MURRAY; ROSENTHAL; PFALER, 2015).

*Pseudomonas aeruginosa* é a principal espécie causadora de infecções, um patógeno oportunista humano e que apresenta alta capacidade de adaptação ao ambiente hospitalar, fruto de mínimas exigências nutricionais. Muitas vezes, as infecções causadas por esse patógeno são difíceis de serem tratadas devido à resistência natural dessa espécie, bem como a sua notável capacidade em adquirir novos mecanismos a vários grupos de antimicrobianos. Dados do “National Nosocomial Infections Surveillance System – NNIS” atualmente esse

programa é chamado como *National Healthcare Safety Network* (NHSN), reportam esse patógeno como o terceiro agente mais frequentemente associado a infecções pulmonares ou do sítio cirúrgico, o quarto patógeno mais frequente em infecção do trato urinário e o quinto mais comum em hemoculturas de pacientes com sepse (RICHARDS et al., 2000). Dados publicados no Brasil, pelo programa de vigilância hospitalar SENTRY, mostraram que *P. aeruginosa* foi o patógeno mais frequentemente isolado em pacientes com pneumonia hospitalar, o terceiro patógeno mais frequente em pele e tecidos moles e o quinto patógeno mais comum em infecções da corrente sanguínea nos hospitais avaliados pelo programa (GALES et al., 2012).

#### 2.2.5 *Salmonella* sp.

A *Salmonella* sp. trata-se uma bactéria anaeróbica facultativa e aeróbica, móvel, pertencente à família *Enterobacteriaceae*, na forma de bacilo Gram-negativo (ANVISA, 2008). Fenotipicamente, o gênero é dividido em espécies *Salmonella enterica*, *Salmonella bongori* e *Salmonella subterrânea*, onde a *Salmonella enterica* é subdividida em seis subespécies. Cada subespécie compreende diferentes tipos sorovares, sendo os mais comuns envolvidos nos surtos de salmonelose a *Salmonella enteritidis* (SE) e a *Salmonella typhimurium* (ST) (SANTOS, 2005).

De acordo com o CDC (2013), os casos de salmonelose ficaram cada vez mais frequentes, sobretudo a partir da década de 80, isso devido a forma de transmissão dessas infecções, que ocorre geralmente através da ingestão de alimentos de origem animal, principalmente de produtos avícolas, que atuam como um dos principais reservatórios de patógenos desse gênero. Atualmente, os microrganismos do gênero *Salmonella* sp. são considerados os patógenos mais importantes em infecções causadas por alimentos, devido à elevada endemicidade, alta morbidade e dificuldade no controle desse contaminante (CARDOSO; CARVALHO, 2006). O amplo uso de antibióticos tanto na medicina humana quanto na produção animal, vem contribuindo para o aumento do número de bactérias comensais e patogênicas resistentes a agentes antimicrobianos, o que vem dificultando e reduzindo significativamente as opções de escolha no tratamento dessas infecções (TÉO; DE OLIVEIRA, 2005).

### 2.3 RESISTÊNCIA BACTERIANA AOS ANTIMICROBIANOS

A resistência bacteriana pode ocorrer pela presença de mecanismos intrínsecos, correspondendo a uma característica da espécie, ou adquiridos e a associação desses mecanismos leva a multirresistência limitando de maneira drástica as opções terapêuticas para o tratamento das infecções causadas por esses patógenos. Muitos antimicrobianos que antes eram capazes de combater às infecções bacterianas em pacientes hospitalizados não são mais eficazes devido à evolução da resistência bacteriana (WILSON, 2014).

A aquisição de resistência geralmente ocorre devido ao surgimento de alguma alteração genética que se expressa bioquimicamente alterando a composição do genoma do organismo. Diversos mecanismos podem estar envolvidos, desde uma mutação no DNA cromossômico da bactéria, que apesar de pouco frequentes podem ser responsáveis pelo desenvolvimento durante a terapia antimicrobiana, como a obtenção de um material genético novo, por meio de elementos genéticos móveis como plasmídeos, transposons e integrons (MULVEY; SIMOR, 2009).

Vários mecanismos podem contribuir para a resistência a essa classe de antibióticos, como a impermeabilidade da membrana externa ou também a hiper-expressão de bombas de efluxo, porém a produção da enzima carbapenemase vem sendo relatada como o mecanismo de resistência mais comum aos carbapenêmicos. Os genes responsáveis pela produção da enzima carbapenemase encontram-se inseridos em estruturas genéticas com grande habilidade móvel como plasmídeos e alguns tipos de transposons (LLEDO et al., 2009).

Os antibióticos  $\beta$ -lactâmicos representam a classe de antimicrobianos mais utilizada na clínica médica para o tratamento de infecções hospitalares contra bacilos Gram-negativos e com baixa toxicidade aos seres humanos (BRADFORD, 2001). Essa classe é composta por vários grupos de medicamentos, que tem em comum na base da sua estrutura molecular um anel  $\beta$ -lactâmico central, como o de quatro membros da classe (MURRAY; ROSENTHAL; PFALER, 2015). A classificação mais utilizada é baseada nas diferenças estruturais desses antimicrobianos, porém também são levadas em consideração características como: espectro de atividade e a estabilidade frente a mecanismos de resistência (ZEMELMAN et al., 1984; KONEMAN et al., 2001).

A atividade dos  $\beta$ -lactâmicos decorre da capacidade desses compostos em interferir na síntese de peptidoglicano componente fundamental da parede celular da bactéria. Nas bactérias Gram-negativas essas drogas conseguem entrar na célula através de proteínas, o anel  $\beta$ -lactâmico age sobre as transpeptidases promovendo a ligação cruzada desses polímeros. Os

compostos  $\beta$ -lactâmicos se ligam as PBPs (proteínas fixadoras de proteínas), que são enzimas envolvidas no processo final de formação da parede celular e impedem a ação de enzimas hidrolases, responsáveis pela lise da parede (ZAPUN; CONTRERAS-MARTEL; VERNET, 2008; DEROUAUX; SAUVAGE; TERRAKI, 2013).

De modo geral a resistência bacteriana aos  $\beta$ -lactâmicos pode ser devido a: I - produção de  $\beta$ -lactamases; II - falta e/ou expressão reduzida das proteínas de membrana externa; III - pela hiper-expressão de bombas de efluxo; IV - alteração do sítio alvo (PBPs), (BABIC; HUJER; BONOMO, 2006; SPELLBERG et al., 2008).

### 2.3.1 Produção de $\beta$ -lactamases

O uso excessivo de penicilinas e cefalosporinas contribuiu para o surgimento de  $\beta$ -lactamases, uma família de enzimas bacterianas capazes de hidrolisar esses medicamentos, impulsionando o aumento na utilização de carbapenêmicos considerados antimicrobianos de última escolha. Porém, o uso indiscriminado dos carbapenêmicos, associado à exposição a outros medicamentos e a ausência de protocolos de controle e prevenção de infecção hospitalar permitiu a emergência de enterobactérias resistentes a este grupo de antibióticos (MUNOZ-PRICE; QUINN, 2009). A hidrólise de antimicrobianos pelas  $\beta$ -lactamases é o principal mecanismo de resistência aos  $\beta$ -lactâmicos em bactérias Gram-negativas. Os genes que codificam essas enzimas sofrem mutações constantemente em resposta à pressão exercida pelos antimicrobianos, contribuindo para o surgimento de novas classes de enzimas com espectro de atividade cada vez maior (NOYAL et al., 2009).

Diversos tipos de  $\beta$ -lactamases já foram descritas e várias tentativas de classificação já foram propostas, sendo que as duas mais importantes são a de Ambler e a de Bush, Jacoby e Medeiros (AMBLER, 1980; BUSH; JACOBY; MEDEIROS, 1995; BUSH; JACOBY, 2010). A classificação proposta por Ambler está relacionada com a estrutura molecular das enzimas e a sequência de aminoácidos codificados. Nessa classificação quatro classes moleculares foram descritas: I,  $\beta$ -lactamases de espectro estendido (ESBLs) e limitado; II penicilinases; III metalo- $\beta$ -lactamases (MBLs) e IV oxacilinases (AMBLER, 1980). A classificação proposta por Bush, Jacoby e Medeiros (1995) relacionou propriedades inibitórias e os substratos preferenciais de cada enzima. No entanto, ao longo dos anos essa classificação passou por atualizações, sendo que as características estruturais e funcionais das  $\beta$ -lactamases foram levadas em consideração.

### 2.3.2 *Klebsiella pneumoniae carbapenemase* (KPC)

As enzimas KPC estão entre as carbapenemases mais comuns isoladas de enterobactérias e que conferem resistência aos antibióticos de amplo espectro, como carbapenêmicos, além de penicilinas, cefalosporinas e monobactâmicos. É habitualmente mais encontrada em *Klebsiella pneumoniae* (ANDERSON et al., 2007), porém vem sendo relatada em diversas outras espécies de interesse clínico, como a *E. coli*, *P. aeruginosa*, *Enterobacter* sp., *Salmonella* sp. (MIRIAGOU et al., 2003; PETRELLA et al., 2008). Essa enzima foi descoberta em 1996, e foi relatado pela primeira vez em 2001 em um caso clínico, onde uma *Klebsiella pneumoniae*, apresentava resistência total ao imipenem e ao meropenem (YIGIT et al., 2001), desde a sua identificação a enzima começou a se espalhar pelos Estados Unidos e pode a partir daí ser isolada em vários países (KITCHEL et al., 2009). São normalmente codificadas por genes localizados em plasmídeos e hidrolisam todos os agentes  $\beta$ -lactâmicos, incluindo penicilinas, cefalosporinas, monobactâmicos e carbapenêmicos (QUEENAN; BUSH, 2007). As maiores famílias de carbapenemases da classe A incluem as enzimas NMC-A, IMI, SME e KPC.

Dados bioquímicos revelaram que as enzimas do tipo KPC hidrolisam todos os antimicrobianos  $\beta$ -lactâmicos incluindo penicilinas, cefalosporinas, monobactâmicos e carbapenêmicos. Na ausência de outros mecanismos, a KPC pode não conferir resistência aos carbapenêmicos, mas somente uma sensibilidade reduzida e devido a isso, alguns testes fenotípicos podem classificar bactérias produtoras de KPC como somente produtoras de ESBL (NORDMANN; NASS; POIREL, 2011; QUEENAN; BUSH, 2007).

Atualmente já foram descritas doze variantes da enzima KPC, sendo sequencialmente classificadas como KPC-2 a KPC-13. A enzima KPC-2 foi identificada em 2003 em Baltimore em um isolado clínico de *K. pneumoniae*. A mutação no gene responsável pela produção dessa enzima é caracterizada pela substituição de um único nucleotídeo (DAIKOS et al., 2012). As variantes KPC-2 e KPC-3 são responsáveis pela maioria dos surtos endêmicos. As principais espécies envolvidas na disseminação dessas enzimas são as enterobactérias (NORDMANN; CUZON; NAAS, 2009).

Na América do Sul a primeira detecção de KPC-2 ocorreu em 2006 por Villegas et al. na Colômbia, em isolados de *K. pneumoniae*. Essas cepas apresentavam resistência a carbapenêmicos e foram isoladas de pacientes de dois hospitais diferentes, os quais haviam sido admitidos para o tratamento de pneumonia bacteriana. No Brasil, a enzima KPC-2 foi identificada em cepas de *K. pneumoniae* em um hospital de Recife em 2006 (MONTEIRO et

al., 2009). Desde então, isolados de *K. pneumoniae* e *E. cloacae* produtores de KPC-2 também foram descritas em, São Paulo, Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul, mostrando que a emergência deste mecanismo de resistência em hospitais brasileiros vem crescendo desde 2005 (PAVEZ; MAMIZUKA; LINCOPAN, 2009; PEIRANO et al, 2009; ZAVASCKI et al., 2009). Em 2010 após vários casos de surtos de KPC no país, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) restringiu a venda de antibióticos sem prescrição médica, a fim de controlar o uso inadequado desses medicamentos.

## 2.4 TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento convencional dos efluentes é realizado em diferentes fases: O tratamento preliminar, na qual ocorre a separação de sólidos grosseiros (gradeamento); O tratamento primário, onde o material poluente é separado da água através de processo de sedimentação, tratamento físico, e também se podem adicionar agentes químicos que através da floculação. Dessa forma, obtêm-se flocos de poluentes maiores, facilitando assim o processo de decantação/sedimentação;

O tratamento secundário, processo de lodo ativado, onde a matéria orgânica é consumida por microrganismos anaeróbicos (reatores biológicos). Neste momento ocorre à separação destes microrganismos e então o efluente passa por decantadores secundários, onde são sedimentados e separados;

Finalmente, acontece o tratamento terciário, no qual o processo de desinfecção do efluente para remoção de microrganismos é ativado. Esta remoção pode ser feita através de cloração, ozonização ou radiação ultravioleta (VON SPERLING, 1996).

O tratamento convencional de efluentes para o efluente hospitalar, apesar de remover grande parte das impurezas e também de microrganismos, não é eficaz para a remoção de fármacos e ou organismos multirresistentes. Verlicchi e Zambello (2014) destacam que verificando 47 artigos sobre estações de tratamento de efluentes, encontraram 137 compostos farmacêuticos diferentes no efluente das estações de tratamento dos artigos descritos. Além de que foram encontrados fármacos nos sedimentos e cascalhos na beira dos rios.

Novas formas de tratamento estão sendo pesquisadas e já utilizadas para remoção destes compostos chamados de ultra poluentes. Segundo Beier et al. (2010), para remoção dos ultra poluentes, além do tratamento convencional, é possível implementar com posterior

tratamento por sistemas de membrana de alta pressão, como por exemplo, nanofiltração e osmose reversa.

## 2.5 PADRÕES DE POTABILIDADE DA ÁGUA

Os padrões para qualidade da água para consumo humano de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde (MS) nº 2914/2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Os resultados obtidos para a verificação da potabilidade da água, estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 – Parâmetros Água Potável**

Parâmetro	Unidade	Exigência Portaria 2914/2011 MS
Cloreto	mg . L <sup>-1</sup>	250
Sólidos Totais Dissolvidos	mg . L <sup>-1</sup>	1000
pH		6,0 – 9,5
Cloro Residual	mg . L <sup>-1</sup>	0,2
<i>Escherichia coli</i>		Ausência em 100ml
Coliformes Fecais / 45°C		Ausência em 100ml

Fonte: Portaria 2914/2011 Ministério da Saúde

Na Resolução 12/2001 ANVISA, que estabelece padrões microbiológicos sanitários para alimentos, existem os padrões para água, utilizada em preparo de mamadeiras e também para o preparo de alimentos para pacientes imunosuprimidos e imunocomprometidos e para dietas enterais, conforme Tabela 6.

**Tabela 6 – Parâmetros microbiológicos Água Potável**

Grupo de Alimentos	Microrganismo	Tolerância para amostra Indicativa
Água para fórmulas lácteas	Aeróbios meso. Viáveis / 100ml	5 x 10 <sup>2</sup> UFC / 100ml
e para preparo de alimentos	Coliformes a 35°C / 100ml	Ausência
para imunocomprometidos	<i>P. aeruginosa</i> / 100ml	Ausência

Fonte: Resolução 12/2001 ANVISA

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar o efluente hospitalar de HUGD, de acordo com aspectos físico-químicos e microbiológicos.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar análise físico-química e microbiológica do efluente hospitalar em quatro pontos de vazão, e da água utilizada para consumo humano no HUGD;
- Determinar os parâmetros físico-químicos do efluente hospitalar e da água potável;
- Determinar o quantitativo de coliformes totais e fecais no efluente hospitalar e a presença/ausência da água potável;
- Determinar a presença/ausência de algumas bactérias no efluente hospitalar e água potável;
- Identificar as bactérias encontradas no efluente e também a sua resistência aos antibióticos, através do equipamento automatizado Vitek- Biomeriéux;
- Avaliar e interpretar as informações da qualidade do efluente e comparar com as diretrizes da Resolução 430/2011 para lançamento na rede coletora pública;
- Verificar a eficiência do tratamento do efluente da rede pública, por meio de análise da água do córrego onde água tratada é descartada.
- Quantificar microrganismos mesófilos aeróbios da água potável e comparar com a Resolução 12/2001.
- Descrever o efluente da ETE Guaxinim lançado no corpo d'água.



## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 HISTÓRICO E ESTRUTURA

O HUGD (Hospital Universitário da Grande Dourados) iniciou seu funcionamento em 2003, apesar do projeto e início das obras terem começado nos anos 90. Até então, era chamado de Santa Casa de Dourados e tinha como gestor e mantenedor a Sociedade Douradense de Beneficência (Sodoben).

Em julho de 2004, o hospital passou a ser chamado de Hospital Universitário (HU) de Dourados, e sua gestão ficou sob a responsabilidade da Prefeitura Municipal de Dourados. Em 2009 o hospital passou a ser administrado pela Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), através da Lei Municipal de Dourados nº 3.118/2008, onde o Poder Executivo Municipal, autorizou a doação da área do terreno à UFGD, para que a edificação fosse utilizada para atendimento hospitalar pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e como hospital escola da UFGD. Assim foi criado o órgão suplementar e o HU passou a fazer parte da estrutura administrativa da UFGD, sendo mantido com recursos do Governo Federal, Estadual e Municipal.

O Governo Federal em 2011 criou a Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (Ebserh), a partir da Lei Federal nº 12.550/2011, conforme artigo 3:

A Ebserh terá por finalidade a prestação de serviços gratuitos de assistência médico-hospitalar, ambulatorial e de apoio diagnóstico e terapêutico à comunidade, assim com a prestação às instituições públicas federais de ensino ou instituições congêneres de serviço de apoio ao ensino, à pesquisa e à extensão, ao ensino-aprendizagem e à formação de pessoas no campo da saúde pública, observada, nos termos do art. 207 da Constituição Federal, a autonomia universitária.

Em 2013, o HU passou a ser administrado pela Ebserh tornando-se assim HUGD. A unidade possui uma estrutura física de 12.677,61 m<sup>2</sup> de construção horizontal de área hospitalar, num terreno de 60 mil m<sup>2</sup>.

Atualmente o HUGD é considerado um hospital de médio porte com serviços de média e alta complexidade, para os usuários exclusivos do Sistema Único de Saúde (SUS) do município de Dourados e dos 34 municípios da macrorregião, o qual é referência para atendimento de uma população referenciada de aproximadamente um milhão de habitantes.

O HUGD conta com uma equipe de aproximadamente 1200 funcionários e 200 leitos distribuídos nas diversas clínicas: cirúrgica, médica, cardiológica, ginecológica, obstétrica, pediátrica, psiquiátrica, infectologia, além de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) para adultos, crianças e recém-nascidos. Suas instalações ainda incluem ambulatórios, centro cirúrgico e obstétrico, lavanderia, restaurante, farmácia, banco de leite humano, área administrativa, laboratórios, setores de imagenologia, biblioteca e salas de aula.

A implantação do sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos ocorreu em 2012, na qual o resíduo sólido é separado e realizado a destinação diferenciada aos diferentes tipos de resíduos sólidos (químicos, biológicos, recicláveis, orgânicos, entre outros).

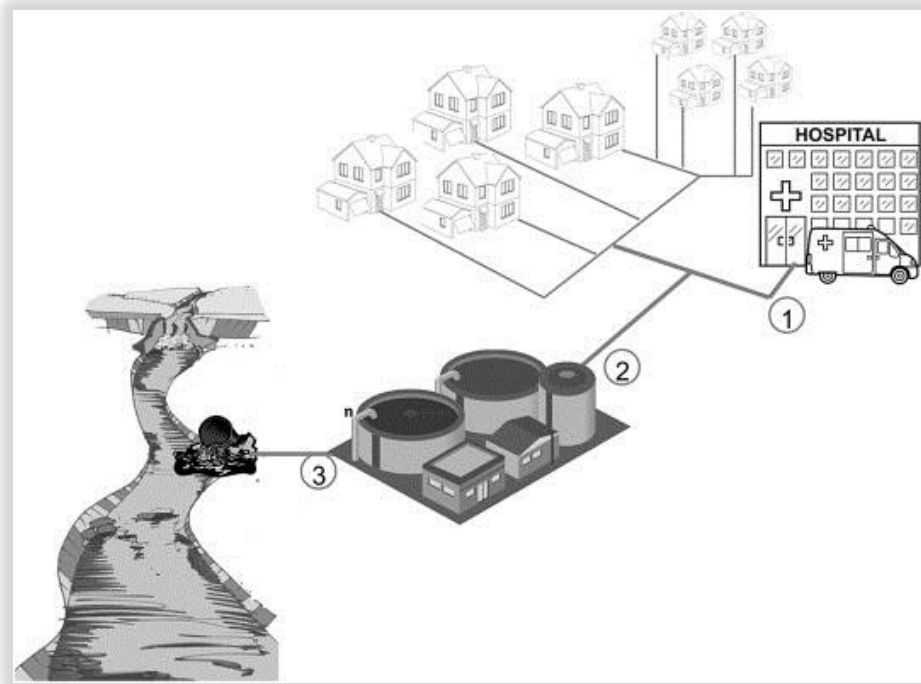
A água consumida no hospital é proveniente de um poço artesiano de 151 m de profundidade, com vazão de 13.200 litros/hora, gerando um efluente de 60% do volume de água consumida do poço artesiano. Além do efluente gerado pela água consumida para os pacientes, existe ainda o efluente gerado pela água consumida pelos funcionários do HUGD. A Tabela 7 mostra o volume de efluente gerado pelo HUGD nos últimos seis meses de 2014.

**Tabela 7** – Volume gerado de efluente proveniente do HUGD.

Mês	Volume de Efluente (m <sup>3</sup> )
Julho	5.985
Agosto	5.295
Setembro	5.280
Outubro	5.368
Novembro	5.996
Dezembro	5.712
<b>Média</b>	<b>5.606</b>

Fonte: Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul (SANESUL).

No HUGD não existe nenhuma estação de tratamento de efluentes, o efluente é descartado na sua forma bruta, na rede coletora pública, onde é tratado na ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) Guaxinim (Latitude 22°14'55.6"S e Longitude 54°49'15.5"W), a qual lança o efluente tratado no Córrego Rego D`água (Figura 1), que deságua no Rio Dourados na cidade de Dourados/MS.



**Figura 1** – Percurso do Efluente. 1- HUGD / 2 – ETE Guaxinim / 3 – Córrego Rego D'água.

Fonte: (FERRANDO-CLIMENT; RODRIGUEZ-MOZAZ; BARCELÓ, 2014).

#### 4.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

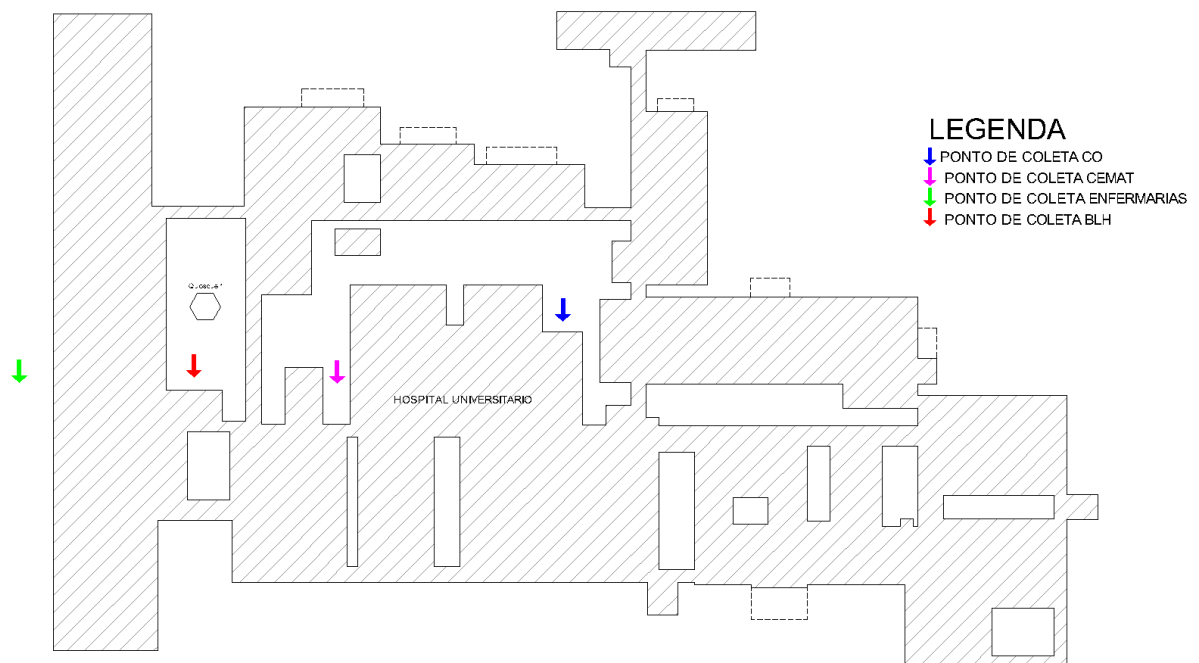
O HUGD é localizado na Rua Ivo Alves da Rocha nº 558, no bairro Altos do Indaiá, na cidade de Dourados, estado do Mato Grosso do Sul, Brasil, latitude 22°12'59.2" S e longitude 54°51'16.8" W.

#### 4.3 AMOSTRAGEM

O estudo dividiu-se em duas partes: A análise do efluente hospitalar do HUGD e a análise da água utilizada para consumo humano do HUGD.

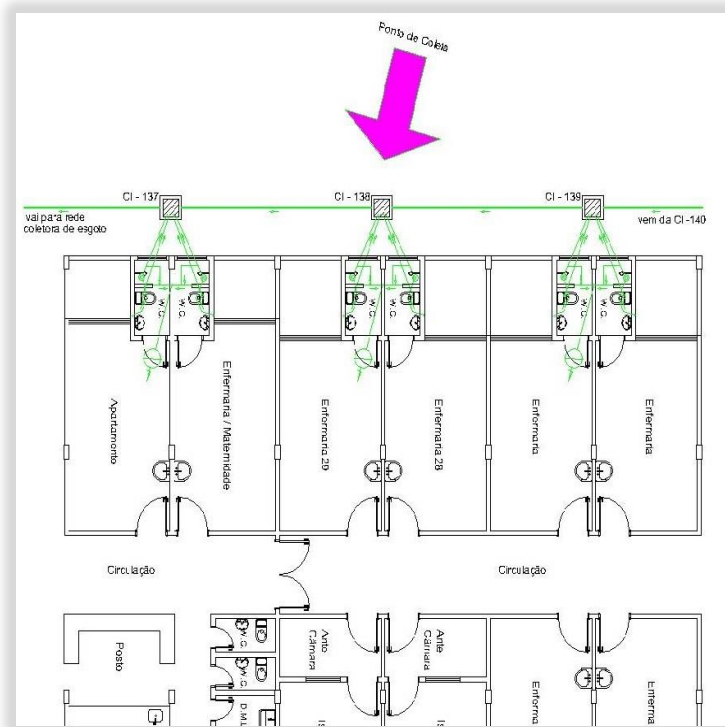
#### 4.3.1 Pontos de Coleta – Efluente Hospitalar

Foram escolhidos quatro caixas de inspeção para retirada das amostras do efluente hospitalar: A Figura 2 mostra o projeto do HU e a localização dos pontos de coleta de efluente.



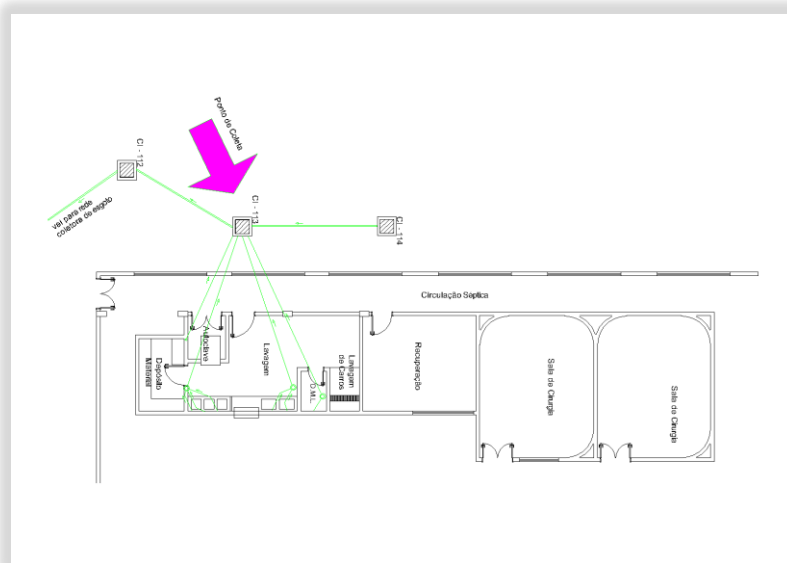
**Figura 2** – Projeto HUGD, com locação dos pontos de coleta.

1) Enfermarias – O efluente gerado nesta caixa de inspeção é proveniente dos banheiros dos quartos das enfermarias 28 e 29, da Clínica Médica Cardiológica. O efluente provém dos vasos sanitários, lavatórios, ralos de chuveiros (Figura 3).



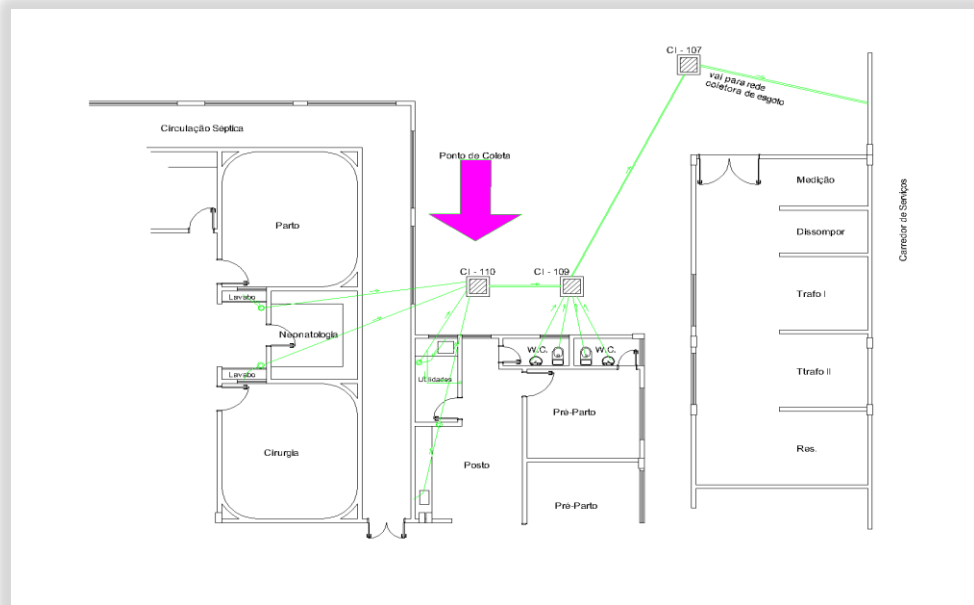
**Figura 3** – Projeto sanitário Enfermarias 28 e 29 HUGD.

2) Central de Materiais Esterilizados (Cemat) – O efluente gerado nesta caixa é oriundo das autoclaves utilizadas para a esterilização de materiais cirúrgicos hospitalares, da pia de lavagem dos materiais, da sala de utilidades do centro cirúrgico e do depósito de material de limpeza do centro cirúrgico (Figura 4).



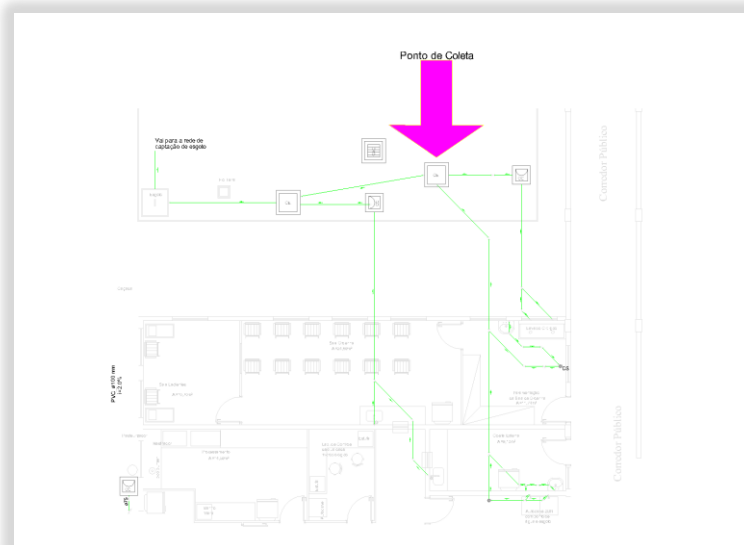
**Figura 4** – Projeto Sanitário Cemat HUGD.

3) Centro Obstétrico (CO) – O efluente gerado nesta caixa vem dos dois lavabos cirúrgicos, da sala de utilidades, da pia do posto de enfermagem e do sanitário do pré-parto do centro obstétrico (Figura 5).



**Figura 5** – Projeto Sanitário Centro Obstétrico HUGD.

4) Banco de Leite Humano (BLH) – O efluente gerado nesta caixa advém da autoclave e da pia de lavagem de materiais da sala de esterilização do Banco de Leite Humano (Figura 6).



**Figura 6** – Projeto sanitário do BLH - HUGD.

A figura 7 mostra os pontos de coleta do efluente.



**Figura 7** – Pontos de coleta do efluente HUGD. A- Enfermarias / B – Cemat / C - CO / D – BHL.

#### 4.3.2 Pontos de Coleta – Água utilizada para consumo Humano

Foram escolhidos dois pontos para coleta da água potável do HUGD;

- 1) Cozinha – água retirada diretamente da torneira da cozinha, utilizada para o preparo das refeições.
- 2) Lactário – A água passa por um processo de fervura, depois de retirada da torneira. É utilizada para o preparo de formulas lácteas da pediatria do HUGD.

#### 4.3.3 Pontos de Coleta – ETE Guaxinim

O efluente tratado na ETE é descartado no Córrego Rego D'água, localizado na cidade de Dourados, A Figura 8 mostra o local da coleta.



**Figura 8** – Local de descarte do Efluente Tratado da ETE Guaxinim

#### 4.4 FREQUENCIA, COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As coletas do efluente hospitalar e da água utilizada para consumo humano ocorreram no início dos meses de junho, julho, agosto, setembro, outubro e novembro de 2014. O intervalo entre uma coleta e outra foi de aproximadamente 30 dias. Os ensaios físico-químicos ocorreram nas amostras dos seis meses, já os ensaios para análise microbiológica, ocorreram nas amostras de setembro, outubro e novembro de 2014.

As coletas das amostras para análises físico-químicas foram realizadas em recipientes plásticos numa profundidade de 10-30 cm e armazenadas em frascos de polietileno (2 L), devidamente identificados e mantidos em caixas de isopor, com gelo ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ) para o transporte até o Laboratório Físico-Químico da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FACET) da UFGD, onde foram armazenadas em refrigeração por  $10^{\circ}\text{C}$  na geladeira, até a realização ou processamento do material para ensaios.

As amostras para análise microbiológica foram coletadas e armazenadas diretamente em recipientes plásticos esterilizados de 50 mL, mantidas em caixa de isopor, com gelo ( $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ), para transporte até o Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da UFGD, onde foram congeladas ( $\pm -16^{\circ}\text{C}$ ) para posterior análise.



Para a análise do efluente tratado na ETE Guaxinim, foi coletada somente amostra no mês de novembro de 2014. A amostra foi coletada e armazenada tanto para utilização em análises físico-químicas, como para análises microbiológicas.

#### 4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

##### 4.5.1 Análises Físico-Químicas

O estudo realizado visou avaliar os seguintes parâmetros para determinar os aspectos físico-químicos do efluente hospitalar: pH, Condutividade Elétrica (CE), Demanda Bioquímica de Oxigênio há 5 dias (DBO<sub>5</sub>), Oxigênio Consumido (OC), Acidez Total, Alcalinidade, Cloreto e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) ( Tabela 8).

**Tabela 8** – Análises Físico-químicas

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamento</b>	<b>Referência</b>
1. Acidez	Titulométrico	-	APHA, 1998
2. Alcalinidade	Titulométrico	-	Adaptado de APHA, 1998
3. Cloreto	Titulométrico	-	APHA, 1998
4. CE	Eletrométrico	Condutivímetro 712 Metrohm	APHA, 1998
5. DBO <sub>5</sub>	Titulométrico	-	APHA, 1998
6. Ph	Potenciométrico	pHmetro, Metrohm	APHA, 1998
7. STD	Condutância Específica	Condutivímetro 712 Metrohm	APHA, 1998

##### 4.5.2 Análises Microbiológicas

O estudo realizado avaliou os seguintes parâmetros para determinar os aspectos microbiológicos do efluente hospitalar, e do efluente da ETE Guaxinim: análise quantitativa de coliformes totais e fecais; análise qualitativa dos seguintes microrganismos - *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp., *Salmonella* sp. e *Enterococcus* sp.; identificação e antibiograma de microrganismos através do equipamento Vitek Biomériux. Todas análises microbiológicas foram realizadas em duplicata.

Na água para consumo humano, foram executados os seguintes ensaios, para se verificar sua qualidade: análise quantitativa de coliformes totais e fecais; contagem de

microrganismos aeróbios mesófilos viáveis e análise qualitativa dos seguintes microrganismos: *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp., *Salmonella* sp. e *Enterococcus* sp. As metodologias utilizadas para análise microbiológica seguiram os critérios recomendados pela APHA (American Public Health Association). Os ensaios foram realizados conforme descrito na Tabela 9. As amostras foram levadas ao laboratório e semeadas em ágar MacConkey para realizar o isolamento dos microrganismos presentes e após esse procedimento os testes de identificação foram realizados.

**Tabela 9** – Parâmetros Microbiológicos avaliados

Parâmetro	Metodologia	Equipamento	Referência
1. Coliformes Totais 35°C / Coliformes Fecais 45°C	Tubos Múltiplos / NMP	-	APHA, 1992
2. <i>Escherichia coli</i>	Inoculação em caldo EC Broth	-	APHA, 1992
3. <i>Enterococcus</i> sp.	Isolamento em ágar base M- <i>Enterococcus</i>	-	APHA, 1992
4. Contagem de Mesófilos Aeróbios	Semeadura em profundidade em ágar Plate Count Agar (PCA)	-	APHA, 1992
5. <i>Pseudomonas</i> sp.	Isolamento em ágar Cetrimide	-	APHA, 1992
6. <i>Salmonella</i> sp.	Inoculação em caldo Rappaport, isolamento em ágar Citrato Simmons e TSI (Triple Sugar Iron Agar)	-	APHA, 1992
7. Isolamento	Semeadura em Agar MacConkey	-	APHA, 1992
8. Identificação, antibiograma e MIC	Equipamento	Vitek – Biomeriéux	-

#### 4.5.3. Antibiograma *Enterococcus* sp.

As cepas características *Enterococcus* sp. foram reativadas em caldo BHI (Caldo de enriquecimento) por 24hs a 35 - 37°C e após esse período submetidas aos testes quanto à susceptibilidade a antimicrobianos pela técnica de difusão em discos. Os resultados obtidos foram comparados com os da tabela padrão do documento M100-S24 (Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI/NCCLS) (Tabela 10).

**Tabela 10** – Antibióticos utilizados no antibiograma *Enterococcus* sp.

<b>Antibiótico</b>	<b>Dosagem µg</b>
1. Ciprofloxacina	CIP 5
2. Rifampicina	RIF 5
3. Amoxicilina	AMO 10
4. Norfloxacina	NOR 10
5. Penicilina	PEN 10
6. Oxacilina	OXA 01
7. Gentomicina	GEN 10
8. Eritromicina	ERI 15
9. Ampilicina/Sulbactam	ABS 20
10. Vancomicina	VAN 30

Fonte: Adaptada CLSI 2014

Para as cepas identificadas no laboratório do HUGD com o equipamento Vitek-Biomerieux, já foram realizados o antibiograma e o MIC.

#### 4.5.4. Identificação de microrganismos

A identificação das cepas foi realizada através equipamento Vitek 2, que é capaz de identificar uma enorme variedade de microrganismos e realizar testes de sensibilidade aos antibióticos. Possui rastreabilidade total dos processos e todas as etapas são automatizadas, desde a identificação dos microrganismos até a liberação dos resultados o que garante aumento da produtividade e segurança nos laudos. A metodologia baseia-se em reações enzimáticas, colorimétricas e testes bioquímicos. Podem ser analisadas 60 amostras simultaneamente e os resultados de identificação são liberados entre 6 e 12 horas (BIOMERIEUX, 2014).

Foram utilizados dois cartões de identificação de cocos Gram-positivos (GPC-ID) e bacilos Gram-negativos (GNB-ID). O cartão foi preenchido automaticamente por um dispositivo de vácuo, selado e inserido no aparelho, obedecendo a temperatura de incubação de 35°C e submetido a uma medição da fluorescência cinética a cada 15 minutos. Os resultados foram interpretados pelo banco de dados e os resultados finais foram obtidos

automaticamente. Todos os cartões usados foram autoclavados, para posterior descarte em um recipiente de resíduos, seguindo a metodologia do equipamento Vitek 2.

Para o teste de susceptibilidade foi preparada uma suspensão bacteriana, os cartões foram preenchidos automaticamente, selados e colocados no aparelho para a incubação e a leitura. Os antimicrobianos testados foram: amicacina, ampicilina, ampicilina-sulbactam, cefepima, cefoxitina, ceftazidima, ceftriaxona, cefuroxima, cefuroxima axetil, ciprofloxacina, colistina, gentamicina, imipenem, meropenem, piperacilina-tazobactam e tigeciclina.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que o HUGD é igual a grande maioria dos hospitais do Brasil, pois conforme diagnóstico realizado por Vecchia et al. (2009) dos 127 hospitais com mais de 200 leitos no Brasil pesquisados, apenas três afirmaram ter estações de tratamento de esgoto no próprio hospital em funcionamento.

### 5.1. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os resultados das análises físico-químicas obtidas no estudo da água utilizada para o preparo de fórmulas lácteas e o preparo de alimentos do HUGD, para fins de determinação da qualidade da água apresentaram os seguintes valores (Tabela 11).

**Tabela 11** - Resultados análise água potável HUGD.

Ponto	Coleta	pH	Sólidos Totais Dissolvidos (mg . L <sup>-1</sup> )	Condutividade (µS .cm <sup>-1</sup> )	Acidez Total (mg. L <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mg. L <sup>-1</sup> )	Cloreto (mg. L <sup>-1</sup> )
Cozinha	jun/14	6,37	60,14	123,90	NR	62,00	17,50
	jul/14	7,72	61,22	124,30	14,00	53,00	12,99
	ago/14	7,11	52,42	118,20	15,00	42,00	9,49
	set/14	6,83	57,00	112,80	27,00	61,00	15,99
	out/14	7,02	54,97	111,50	21,00	51,00	9,49
	nov/14	7,55	55,69	131,50	15,00	54,00	17,49
	Média	7,10	56,91	120,37	18,40	53,83	13,83
	σ x	0,49	3,30	7,65	5,55	7,31	3,41
Lactário	jun/14	7,85	62,78	127,50	NR	66,00	10,99
	jul/14	7,51	60,47	123,20	12,00	54,00	14,99
	ago/14	8,00	57,34	118,30	10,00	58,00	11,99
	set/14	6,99	86,41	183,90	26,00	61,00	10,99
	out/14	7,22	57,16	115,20	17,00	47,00	10,99
	nov/14	8,17	57,90	115,40	13,00	29,00	18,49
	Média	7,62	63,68	130,58	15,60	52,50	13,07
	σ x	0,46	11,35	26,55	6,35	13,19	3,07

Os resultados das amostras da água potável apresentaram maior constância, o que já era esperado. Comparando com as normas vigentes de parâmetros para verificação da qualidade da água utilizada para consumo humano, verificamos que não foi encontrado algum dado alarmante que indica potencial perigo para os consumidores desta água, em relação aos resultados das análises físico-químicas.

Os resultados das variáveis físico-químicas obtidos no estudo do efluente do HUGD, para fins de determinação da qualidade do efluente constam na Tabela 12.

**Tabela – 12** Resultados análises físico-químicas realizadas no efluente HUGD.

Ponto	Coleta	pH	STD (mg. L <sup>-1</sup> )	CE (µS .cm <sup>-1</sup> )	Acidez Total (mg. L <sup>-1</sup> )	Alcalinidade (mg. L <sup>-1</sup> )	Oxigênio Consumido (mg. L <sup>-1</sup> )	Cloreto (mg. L <sup>-1</sup> )	DBO (mg. L <sup>-1</sup> )
Centro Obstétrico	jun/14	5,76	318,60	637,90	172,00	72,00	29,70	1089,75	
	jul/14	4,76	263,30	530,00	209,00	0,00	198,13	119,97	
	ago/14	6,75	84,78	167,90	30,00	54,00	61,30	14,49	530,00
	set/14	5,86	87,76	172,70	105,00	75,00	55,62	27,99	300,00
	out/14	5,24	129,20	264,80	160,00	105,00	203,82	59,99	
	nov/14	4,94	140,50	278,50	233,00	107,00		71,98	780,00
	Média	5,55	170,69	341,97	151,50	68,83	109,72	230,70	536,67
	σ x	0,73	97,31	195,89	73,98	39,42	84,18	422,47	240,07
Enfermaria	jun/14	8,21	223,60	446,80	20,00	184,00	24,33	55,98	
	jul/14	6,88	752,20	1535,00	52,00	80,00	53,72	472,00	400,00
	ago/14	6,51	283,30	563,40	250,00	188,00	43,92	38,45	560,00
	set/14	8,02	667,80	1322,60	135,00	492,00	82,79	171,96	700,00
	out/14	6,95	92,28	185,60	52,00	91,00	49,61	14,00	740,00
	nov/14	8,65	297,10	596,90	0,00	166,00		124,14	640,00
	Média	7,54	386,05	775,05	84,83	200,17	50,88	146,09	608,00
	σ x	0,87	262,53	530,86	93,12	150,40	21,10	170,01	134,61

Central de Materiais Esterilizados	jun/14	7,46	65,85	137,60	24,00	71,00	3,16	12,99	
	jul/14	7,57	64,95	130,30	20,00	60,00	17,06	7,99	480,00
	ago/14	5,94	55,81	113,60	245,00	48,00	17,70	11,00	400,00
	set/14	6,77	57,71	117,40	30,00	71,00	18,33	12,14	80,00
	out/14	7,29	94,13	188,30	18,00	85,00	20,22	24,99	810,00
	nov/14	7,12	112,00	224,30	35,00	94,00		30,49	640,00
	Média	7,03	75,08	151,92	62,00	71,50	15,29	16,60	401,67
	$\sigma x$	0,60	22,75	44,49	89,87	16,57	6,89	8,96	314,48
Banco de Leite Humano	jun/14	6,27	261,00	531,90	146,00	225,00	117,55	43,99	-
	jul/14	6,60	154,40	309,60	42,00	56,00	56,25	57,48	-
	ago/14	5,53	242,40	490,30	245,00	48,00	84,69	72,48	-
	set/14	5,70	216,90	438,50	145,00	147,00	146,31	61,99	680,00
	out/14	5,27	169,90	347,30	212,00	171,00	201,29	49,99	840,00
	nov/14	5,15	233,10	463,20	221,00	239,00		84,98	-
	Média	5,75	212,95	430,13	168,50	147,67	121,22	61,82	760,00
	$\sigma x$	0,57	42,14	85,47	74,24	81,49	56,15	15,01	113,14
ETE	nov/14	7,09	276,70	561,10	94,00	191,00		69,98	720,00



Verificou-se que as amostras dos efluentes variaram muito durante o período do estudo. Apenas nas amostras do Cemat que se encontrou uma constância das variáveis físico-químicas, já nos outros pontos de coleta, cada mês apresentou um resultado diferente, provavelmente devido à grande rotatividade de internações hospitalares e diferentes patologias.

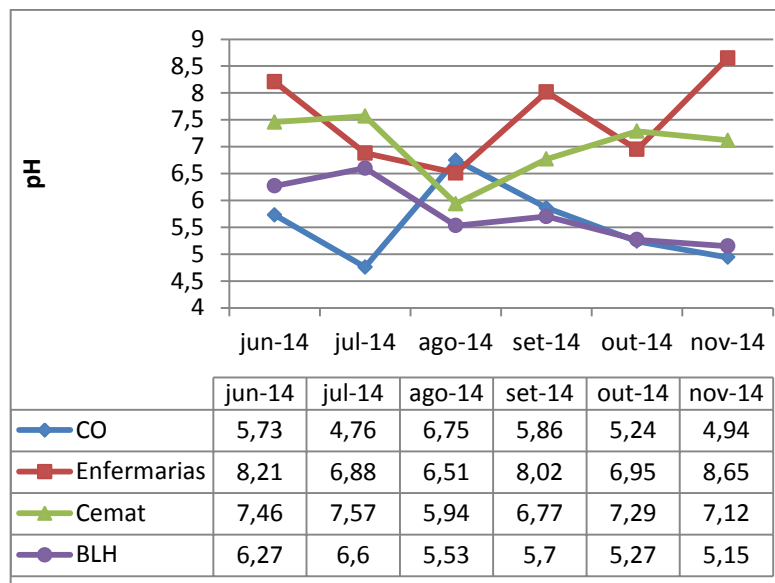
A Resolução 430/2011 do Conama é a recomendação em vigor para a qualidade dos efluentes que são lançados em corpos d'água ou em estações de tratamento, no país e estabelece os valores máximos e/ou mínimos permitidos de DBO<sub>5</sub>, pH, entre outros.

### 5.1.1 Potencial de Hidrogênio

O pH é relacionado ao grau de alcalinidade ou de acidez de uma solução, com escala entre 0 e 14, sendo zero a acidez máxima e 14 a alcalinidade máxima. A água no seu estado natural apresenta um pH de 7,0. Baird e Cann, (2011) afirmam que um pH muito ácido ou muito alcalino geralmente está associado à presença de dejetos industriais, verificamos nos pontos de coleta do CO e BLH um pH muito ácido, provavelmente devido a grandes quantidades de dejetos que são despejados nestes pontos, e também a acidez do leite descartado, no esgoto do BLH.

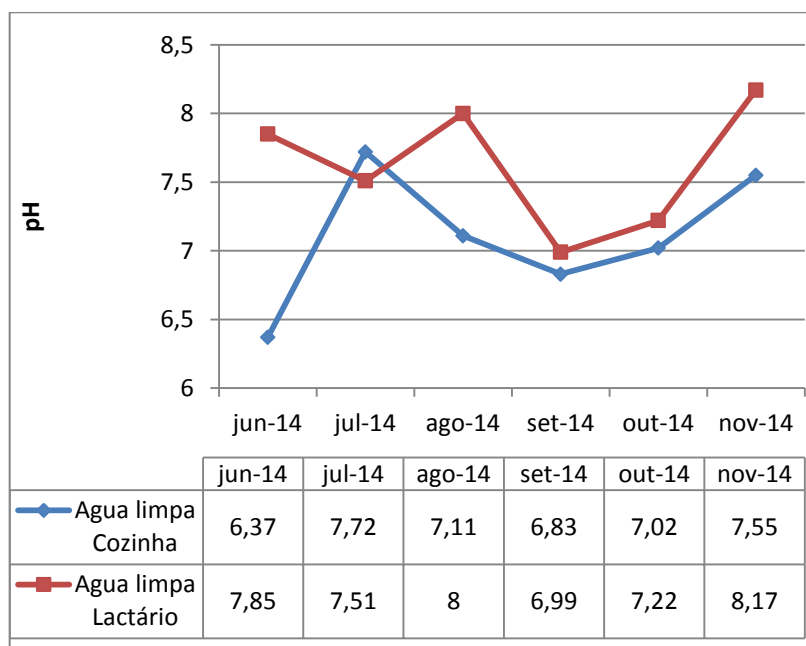
Os valores de referência para o pH variam de 5,0 à 9,0, para o lançamento de efluentes na rede pública e de 6,0 à 9,0 para água potável. A Figura 8 apresenta os resultados dos ensaios de pH durante o estudo, verificando-se que na maioria dos pontos de coleta foram encontrados valores dentro dos limites de referência.

Nas coletas dos meses de julho e novembro/2014 do CO, observou-se que os valores de pH ficaram abaixo de 5,0, caracterizando um pH ácido, que deveria ter sido tratado previamente, antes do lançamento na rede pública, pois o resultado não atende os parâmetros da RDC 430/2011.



**Figura 9-** pH Efluentes HUGD.

Quanto à água potável, os resultados mostraram que quanto a pH, a água consumida pelos usuários do HUGD atende as recomendações da Portaria 2914/2011, que recomenda valores de pH entre 6,0 e 9,0. Na Figura 10 verificam-se os resultados dos ensaios na água consumida no HUGD.



**Figura 10-** pH água potável HUGD.

### 5.1.2 Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Condutividade (CE)

Nas amostras de efluente coletadas, foi encontrado o valor máximo para STD de 752,2 mg.L<sup>-1</sup> na Enfermaria, no mês de julho. Em estudo na ETE de Colombo – PR, o valor encontrado no efluente bruto foi de 486 mg.L<sup>-1</sup> (PIANOWSKI, 2003). Este parâmetro é muito pouco conhecido em efluentes, pois não existe um valor máximo recomendado em normas de efluentes. Os altos valores encontrados, na Enfermaria, corroboram a quantidade de matéria orgânica insolúvel contida neste efluente, que chegou a ficar suspensos na amostra. Em 2004, Silveira, encontrou valores inconstantes também, variando entre 700 mg. L<sup>-1</sup> até 1460 mg. L<sup>-1</sup>, de STD no Hospital das Clínicas de Porto Alegre (HCPA).

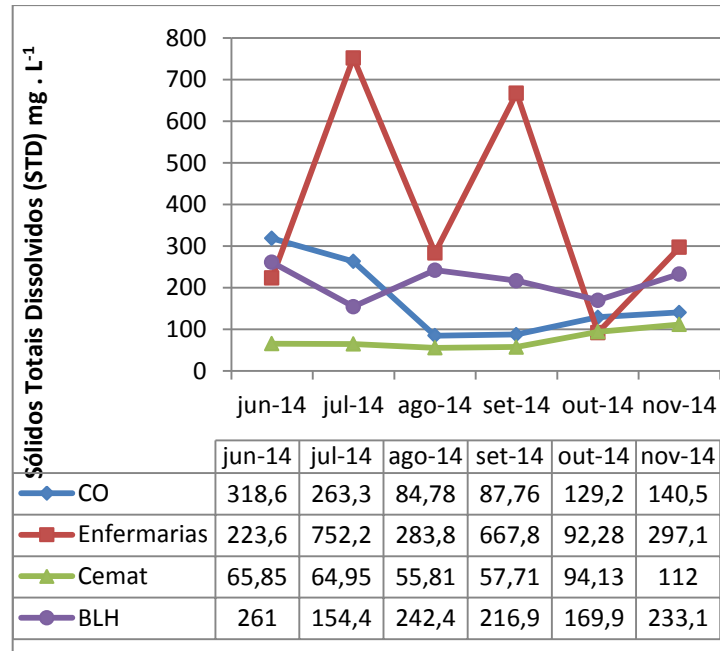
A CE de uma água é a capacidade que ela possui de conduzir corrente elétrica e está diretamente relacionada com a presença de espécies iônicas nela dissolvidas. Assim, quanto maior a concentração de íons numa água, maior será a sua condutividade elétrica (LIBÂNIO, 2008).

Para o efluente não existe valor recomendado nas normativas para o parâmetro CE. Entretanto, sabe-se que águas com altos níveis de CE, possivelmente, serão corrosivas e abrasivas, e também que a CE em excesso pode significar o risco de salinização dos corpos d'água que recebem o efluente, tratados ou não (CAVALCANTI et al., 2011).

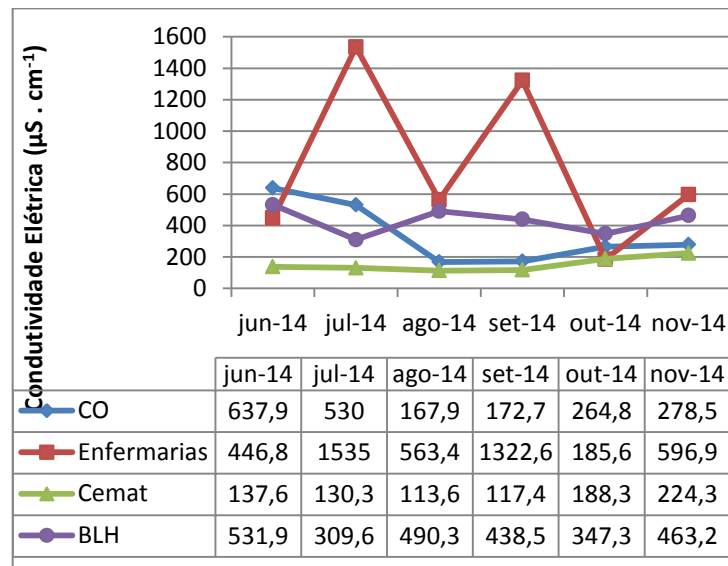
Os valores encontrados de CE, nos quatro pontos de coleta do efluente do HUGD obtiveram média de 424,6 µS.cm<sup>-1</sup>. Em estudo realizado como efluente hospitalar da região metropolitana de Natal, encontrou-se o valor médio de 1214 µS.cm<sup>-1</sup> (CAVALCANTI et al. 2011), justifica estas diferenças encontradas, na inconstância dos dejetos enviados para as caixas de inspeção, conforme as atividades dos setores estudados.

Os valores referentes à CE se posicionaram entre o mínimo de 113,6 µS.cm<sup>-1</sup> (Cemat) e máximo 1535 µS.cm<sup>-1</sup> (Enfermarias). Assim como os valores de STD ficaram entre o mínimo de 55,81 mg.L<sup>-1</sup> (Cemat) e máximo 752,2 mg.L<sup>-1</sup> (Enfermarias). Pode-se observar que no ponto Cemat, os valores encontrados são os mais baixos, devido ao tipo de descarte neste ponto ser somente de esterilização de materiais e autoclaves, indicando uma menor concentração de contaminantes.

Sampaio et al., (2007) constatou que os resultados de CE e STD mostraram que há uma relação linear para a CE em função dos STD em sua maioria nas águas residuárias. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta. Contatou-se esta relação com os resultados de CE e de STD, obtidos das coletas realizadas do efluente, em que os dados são apresentados nas Figuras 11 e 12.



**Figura 11** – Sólidos Totais Dissolvidos efluentes HUGD

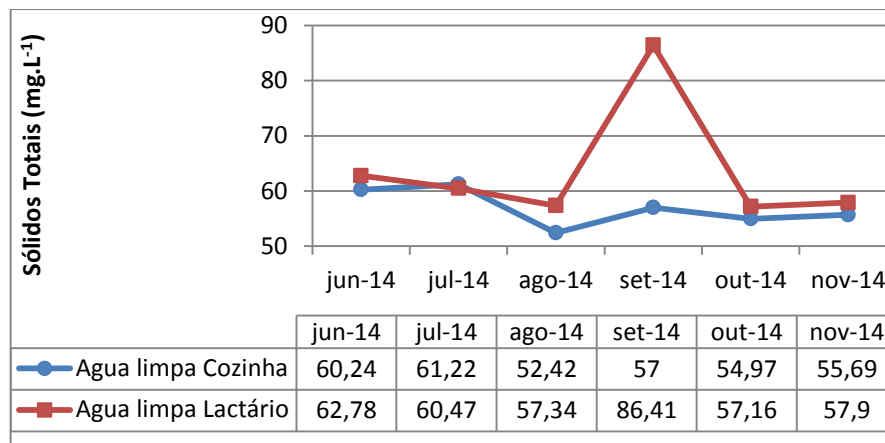


**Figura 12** – Condutividade Elétrica de efluentes HUGD

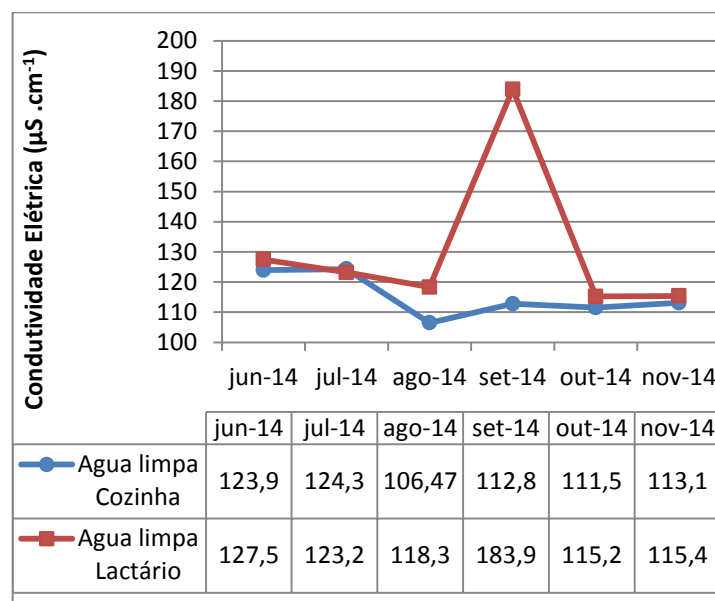
Como padrão de aceitação para consumo humano, a Portaria nº 2.914/2011 estabelece o valor máximo permitido de 1.000 mg . L<sup>-1</sup> para STD na água potável. Verificamos na Figura 11, que os valores encontrados para STD na água utilizada para consumo humano no HUGD, atendem os requisitos desta portaria.

Segundo Botelho e Bifano (2011), recomenda-se para a água de alimentação da caldeira, um valor máximo de STD de 50 mg. L<sup>-1</sup>. Verifica-se que as amostras testadas apresentaram um valor maior do que o recomendado, por isso a importância do controle deste parâmetro na entrada da caldeira, e utilização de agentes químicos corretivos para o funcionamento correto da caldeira e também, o aumento de sua vida útil, o que é executado na caldeira do HUGD.

A CE na água potável amostrada, também corrobora o fato de que a CE tem uma relação linear com o STD, conforme representam as Figuras 13 e 14.



**Figura 13** – Sólidos Totais Dissolvidos água potável HUGD



**Figura 14**– Condutividade Elétrica água potável HUGD

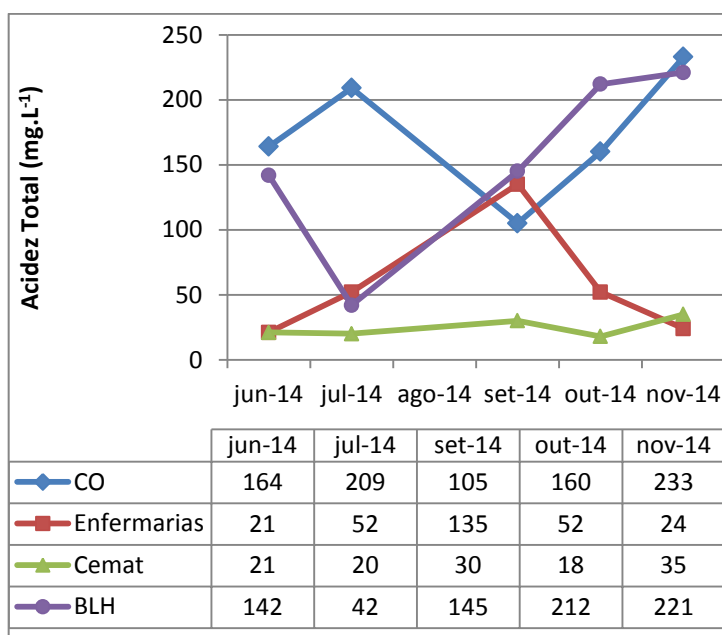
Verifica-se também que os valores de CE estão um pouco acima da normalidade para águas naturais, que apresentam teores de condutividade na faixa de 10 a 100 $\mu$ S.cm<sup>-1</sup>, enquanto que em ambientes poluídos por despejos domésticos e industriais os valores podem chegar até 1000 $\mu$ S.cm<sup>-1</sup> (BRASIL, 2006).

### 5.1.3 Acidez Total

As formas de acidez estão distribuídas em função do pH da água: o pH > 8,2 representa ausência de CO<sub>2</sub> livre; pH entre 4,5 e 8,2 corresponde à acidez carbônica e; pH < 4,5 está relacionado à acidez causada por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais (LIBÂNIO, 2008).

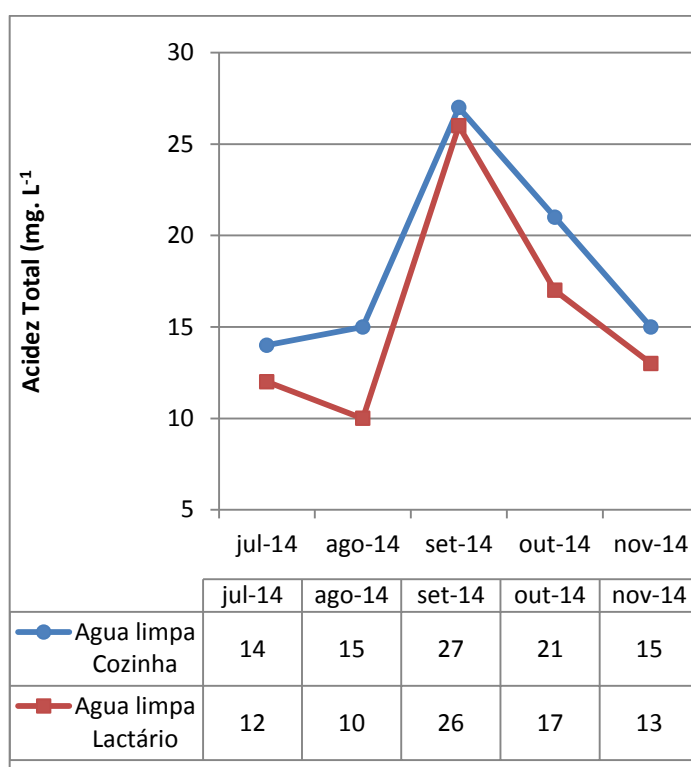
O gás carbônico é um componente habitual da acidez das águas. No caso de efluentes ele resulta da decomposição aeróbia ou anaeróbia da matéria orgânica. As amostras de efluentes do CO e do BLH, devido a grande concentração de matéria orgânica, apresentaram índices maiores de acidez total, chegando a 233 mg.L<sup>-1</sup>, conforme Figura 15.

No mês de novembro, observou-se que os pontos de coleta CO e BLH além da presença de ácido carbônico também ocorreram à presença de outros ácidos, e os resultados de acidez total das amostras corroboram os valores encontrados para o pH de todas as amostras estudadas.



**Figura 15** – Acidez total dos efluentes HUGD

A acidez carbônica na água potável (Figura 16), tem pouco significado sanitário, mas águas com acidez mineral são desagradáveis ao paladar e pode causar danos à saúde. Além disso, água com alto índice de acidez podem causar corrosões nas tubulações (CETESB, 2008). Apesar de não existir parâmetro para acidez total para água potável, estudos mostram que os valores obtidos nos resultados de acidez total da água potável do HUGD, estão dentro da normalidade para água de consumo humano. É importante observar também que foi a acidez encontrada nas amostras de água potável é acidez carbônica, corroborando com a faixa de pH encontrado de 4,5 a 8,2.



**Figura 16** – Acidez Total água potável HUGD

#### 5.1.4 Alcalinidade

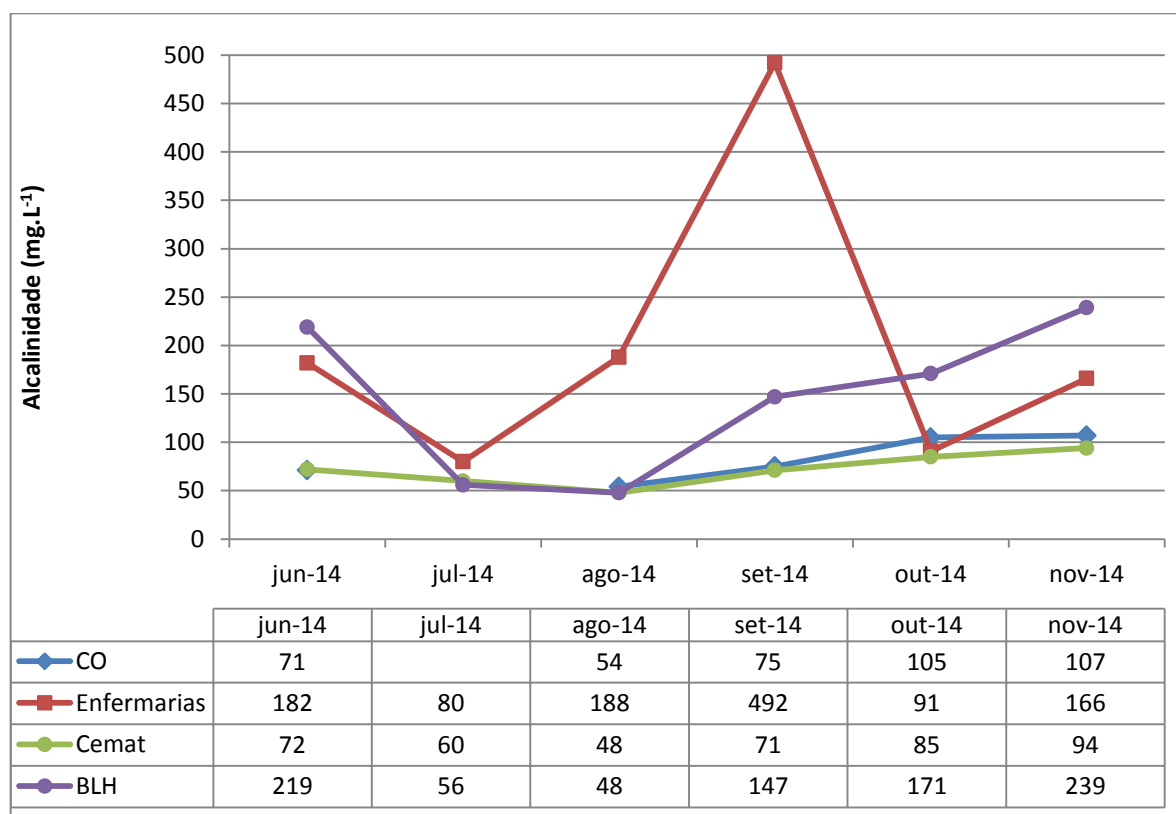
A alcalinidade elevada está associada a processos de decomposição da matéria orgânica, a alta liberação e dissolução de gás carbônico na água pela respiração de microrganismos e ao lançamento de efluentes industriais (LIBÂNIO, 2008).

Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos. Alcalinidade de uma amostra de água pode ser

definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH (LIBÂNIO, 2008).

A distribuição entre as três formas de alcalinidade na água também se dá em função do seu pH: para  $\text{pH} > 9,4$  há o predomínio de hidróxidos e carbonatos;  $\text{pH}$  entre 8,3 e 9,4 se deve a presença de carbonatos e bicarbonatos e;  $\text{pH}$  entre 4,4 e 8,3 apenas bicarbonatos (LIBÂNIO, 2008).

A alcalinidade foi medida em termos de alcalinidade total (carbonatos e bicarbonatos), mas os resultados da Figura 17 mostraram que a alcalinidade de todas as amostras é devida exclusivamente a presença de bicarbonatos, corroborando com o fato de que os valores médios de  $\text{pH}$  das amostras ficaram entre 5,0 e 8,0.

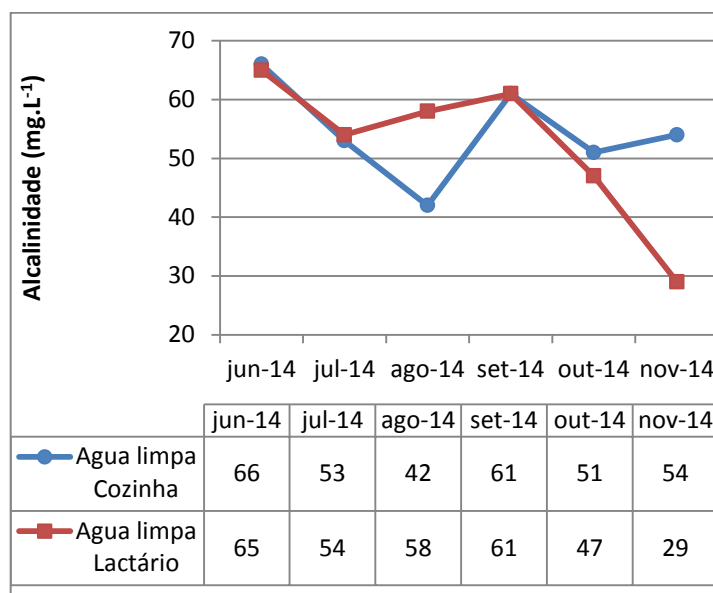


**Figura 17** – Alcalinidade do Efluente do HUGD

Na água potável, a alcalinidade não tem significado sanitário, mas em elevadas concentrações, confere um gosto amargo à água e, a presença de hidróxidos, indica possível fonte de poluição e podem causar incrustações nas tubulações e a grande maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a  $500 \text{ mg.L}^{-1}$  em  $\text{CaCO}_3$ . (CETESB, 2008). Os resultados encontrados na água potável do HUGD estão descritos na Figura 18, o qual indica concentração normal de bicarbonatos e ausência de hidróxidos.



É importante o controle deste parâmetro na entrada e saída da caldeira, devendo utilizar substâncias químicas para neutralizar a água, se esta porventura estiver com alta alcalinidade, para evitar incrustações indevidas nas tubulações da caldeira.



**Figura 18** – Alcalinidade Água Potável HUGD

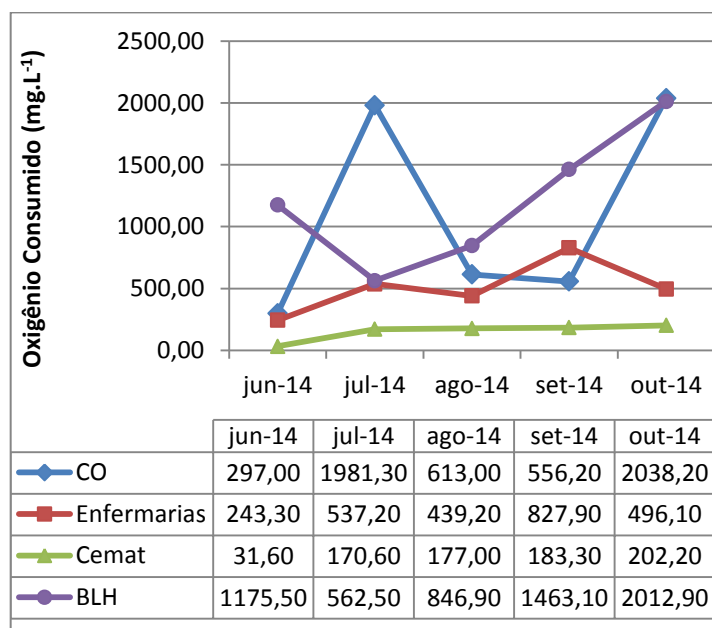
### 5.1.5 Oxigênio Consumido

Oxigênio Consumido (OC) também conhecido como matéria orgânica, é um indicador de concentração de matéria orgânica total. É baseado na medida da concentração de oxigênio requerido para oxidar matéria orgânica, biodegradável ou não, em meio ácido e em condições energéticas por ação de um oxidante forte, no entanto, quando oxidante utilizado é o permanganato, utiliza-se a metodologia de OC (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997).

A oxidação com permanganato é mais utilizada para águas limpas, com baixa concentração de matéria orgânica, onde as concentrações de OC são inferiores a  $5 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$  e, por isso mais utilizada na avaliação de potabilidade (VALENTE; PADILHA; SILVA, 1997) Este parâmetro analisa a efetividade do processo do tratamento aplicado na água e também verifica o crescimento de microrganismos nas Estações de Tratamento de Água (ETA).

Neste estudo, os valores de OC foram muito instáveis, tanto quando avaliados mês a mês, como nos pontos de coleta (Figura 19). Os resultados demonstraram que as amostras do Cemat e Enfermarias, apresentaram valores mais estáveis e mais baixos que os outros pontos

de coleta, devido à carga de efluente lançado normalmente não terem variações de tipos de poluentes. O efluente das enfermarias advém dos banheiros de duas enfermarias, logo os poluentes são os dejetos lançados nos vasos sanitários, ralos de chuveiro, e higienização dos banheiros e o efluente do Cemat advém vem das autoclaves e da higienização das mãos, no centro cirúrgico. Em contrapartida os maiores valores encontrados foram no CO e no BLH, onde ocorre uma carga maior de poluente.



**Figura 19** – Oxigênio Consumido HUGD

Na água potável não foram realizados ensaios de OC devido ao fato que normalmente este tipo de amostra apresenta concentração de matéria orgânica nula.

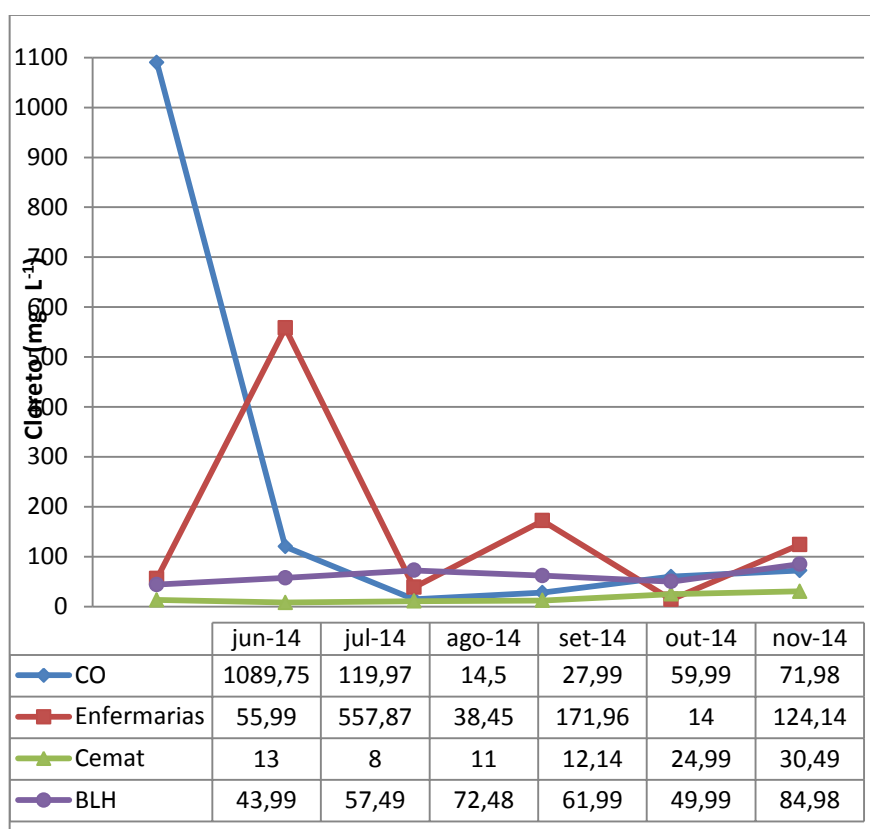
#### 5.1.6 Cloreto

Variações na concentração de cloreto devem ser investigadas, uma vez que o teor de cloreto indica provável poluição por esgotos domésticos em águas naturais e quando em excesso indicam poluição fecal (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2003). O efluente hospitalar bruto em condições naturais tem alto teor de cloreto devido aos processos de higienização com hipoclorito e também resíduos de soro fisiológico e urina no efluente (REDUKER; SPEER; BLIXT, 1985).

Os valores de cloreto encontrados no efluente do HUGD constam na Figura 20. O ponto de coleta CO, apresentou valor muito elevado para o mês de Junho, quando comparado aos outros pontos de coleta e outros meses, e esse resultado pode ser atribuído ao fato de que para a higienização das áreas utilizadas no CO, são utilizados produtos de limpeza contendo alto teor de cloreto, observando que naquele mês, durante a retirada das amostras verificamos que a amostra continha muita espuma, coincidindo com o horário da limpeza do setor.

Outra característica dos dados obtidos é a grande variação nos resultados para o ponto de coleta Enfermarias. Este fato pode ser relacionado à higienização com domissanitários que possuem cloreto em sua concentração, além de presença deste elemento na urina dos pacientes.

Em estudos nos efluentes hospitalares, encontrou-se a presença de cloreto, média de  $102 \text{ mg.L}^{-1}$  em Porto Alegre e  $45,2 \text{ mg.L}^{-1}$  em Campinas (SILVEIRA, 2004; FRANCA, 2007).

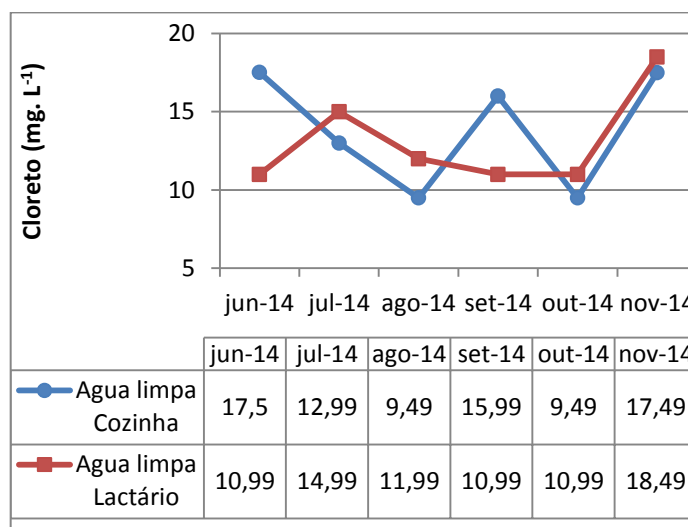


**Figura 20** – Cloreto Efluente HUGD

Em relação à água potável, o padrão de aceitação de cloreto é de no máximo  $250 \text{ mg.L}^{-1}$ , conforme portaria do MS 2914/2011. A Figura 21 mostra que os índices

encontrados foram muito aquém do padrão, respeitando assim a aceitação de potabilidade da água para este parâmetro. Também é um parâmetro de controle utilizado na entrada e saída de água da caldeira, pois altos índices de cloreto podem provocar corrosões nas tubulações.

Em caldeiras com pressões médias, o teor de cloreto na água não pode ultrapassar 50 mg.L<sup>-1</sup>, em caldeiras de alta pressão, não deve ser detectada a presença de cloreto (DE ANDRADE, 1996).



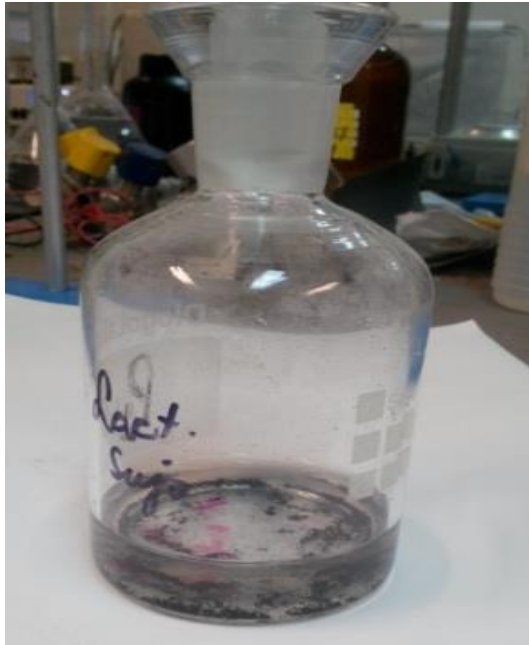
**Figura 21** – Cloreto Água Potável HUGD

### 5.1.7 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO refere-se à capacidade da matéria orgânica e biológica de águas naturais de consumir oxigênio, num processo catalisado pelas bactérias (BAIRD e CANN, 2011). Simplificando ainda mais, a DBO tem o objetivo de quantificar a potencialidade de um determinado despejo em causar impacto em um corpo d'água em termos de consumo de oxigênio (VILLA, 2006).

A Resolução 430/2011 do Conama recomenda que a DBO<sub>5</sub> (5 dias) de efluente hospitalar para ser lançado na rede coletora de esgoto deve sofrer uma redução mínima de 60%.

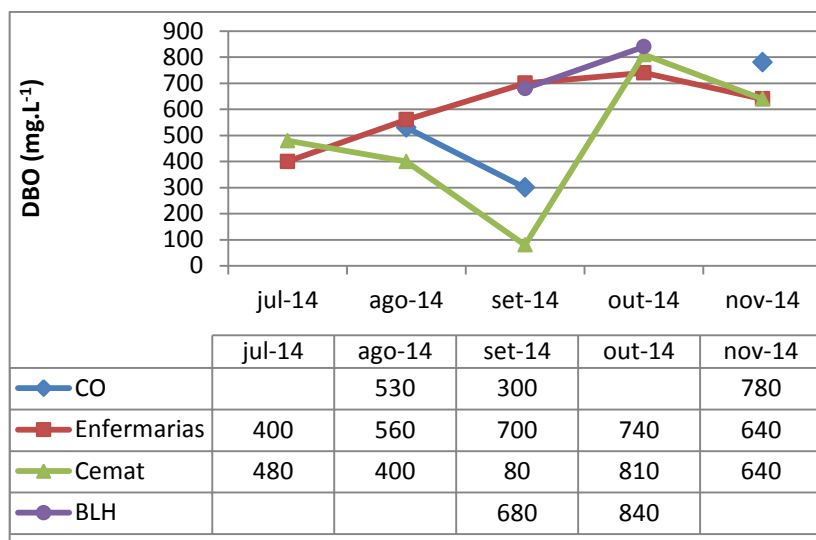
Os pontos de coleta e meses onde não se obteve resultados foram provavelmente devido à ocorrência de alguma reação química, a qual impossibilitou a continuação do ensaio, pois após os cinco dias na estufa, ocorria à formação de um precipitado de cor preta, (Figura 22).



**Figura 22** – Precipitado na amostra do BLH

Análises de  $\text{DBO}_5$  em diferentes hospitais do mundo mostram que este parâmetro sofre grande variação, sendo que foram encontrados valores de  $379,03 \text{ mg. L}^{-1}$  em hospital da região metropolitana de Natal – RN (CAVALCANTI, 2011); média de  $334,3 \text{ mg.L}^{-1}$  em quatro hospitais de Porto Alegre (EVALDT, 2005). Berto et al (2009) encontrou valores de  $612 \text{ mg. L}^{-1}$  enquanto que Paz et al. (2004) encontrou em Buenos Aires, valores médios de  $57,5 \text{ mg.L}^{-1}$ , valores muito inferiores aos encontrados no HUGD. (Figura 23).

Os resultados obtidos no efluente do HUGD mostram que o mês de outubro apresentou resultados mais altos, indicando a ocorrência de um provável aumento no lançamento de matéria orgânica em todos os pontos observados, quando comparado aos outros meses, em que os resultados foram muito variados.



**Figura 23** – DBO Efluente HUGD

## 5.2 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

### 5.2.1 Microrganismos isolados

Durante o período de estudo foram isolados diversos microrganismos dos efluentes hospitalares e da água utilizada para consumo humano no hospital. A seguir estão apresentados os resultados de coliformes totais e termotolerantes encontrados nos efluentes hospitalares e na água potável (Tabelas 13 e 14). Verifica a ausência de coliformes totais e fecais na água utilizada para consumo humano.

**Tabela 13** – Coliformes totais/ 35°C (NMP/100 ml)

Ponto de Coleta	Setembro	Outubro	Novembro
<b>Efluente</b>			
Centro Obstétrico	0	$9 \times 10^5$	$1 \times 10^4$
Enfermarias	0	$9 \times 10^5$	$6 \times 10^4$
Cemat	$7 \times 10^5$	$6 \times 10^4$	$3 \times 10^4$
Banco de Leite Humano	0	$9 \times 10^5$	0
<b>Água Potável*</b>			
Cozinha	0	0	0
Lactário	0	0	0

\* Ausente em 100 ml – Portaria RDC 12/2011 ANVISA

**Tabela 14** – Coliformes fecais/ 45°C (NMP/100 ml)

<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>
<b>Efluente</b>			
Centro Obstétrico	0	9 x 10 <sup>5</sup>	0
Enfermarias	0	9 x 10 <sup>5</sup>	4 x 10 <sup>4</sup>
Cemat	0	1 x 10 <sup>3</sup>	0
Banco de Leite Humano	0	5 x 10 <sup>5</sup>	0
<b>Água Potável*</b>			
Cozinha	0	0	0
Lactário	0	0	0

\* Ausente em 100 ml – Portaria 2914/2011 Ministério da Saúde

O número de coliformes totais e coliformes fecais encontrados nos efluentes hospitalares foi baixo em comparação com as concentrações que geralmente ocorrem em efluentes de esgoto doméstico, cujas concentrações para coliformes totais frequentemente estão entre os valores de 10<sup>6</sup> a 10<sup>10</sup> organismos por 100 ml e entre 10<sup>6</sup> a 10<sup>9</sup> para coliformes fecais (VON SPERLING, 1996). Em todos os pontos de coleta, o mês de outubro representou o período em que foram isolados o maior número desses microrganismos. Estudo realizado em efluentes hospitalares indica que normalmente apresentam concentrações de bactérias menores que 10<sup>8</sup> / 100 ml, comumente presentes nos sistemas de esgoto municipal (EMMANUEL; PIERRE; PERRODIN, 2009). Entretanto, alguns trabalhos relataram que as concentrações de coliformes fecais encontradas no efluente de esgotos hospitalares apresentaram valores menores, da ordem de 10<sup>3</sup> a 10<sup>6</sup> bactérias por 100 mL (WEN et al, 2004; GALLERT; FUND; WINTER, 2005; EMMANUEL; PIERRE; PERRODIN, 2009;) o que está de acordo com os resultados encontrados no presente estudo. Acredita-se que o menor número de coliformes expressos por NMP nos efluentes hospitalares tem sido atribuído à presença de desinfetantes e antibióticos, que provavelmente possuem um potencial genotóxico para estas bactérias (EMMANUEL; PIERRE; PERRODIN, 2009).

Durante o período de estudo também foi possível isolar outras bactérias de interesse clínico e foram considerados todos os resultados obtidos do crescimento de colônias, independentemente dos dias de coleta. Nas amostras inoculadas em placas houve a predominância dos microrganismos *E. coli* e *Salmonella* sp. Os resultados da detecção de microrganismos estão apresentados nas Tabelas 15, 16 e 17.

**Tabela 15** – Detecção de *Escherichia coli*

<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>
<b>Efluente</b>			
Centro Obstétrico	Ausente	Presença	Ausente
Enfermarias	Ausente	Presença	Presença
Cemat	Ausente	Presença	Ausente
Banco de Leite Humano	Ausente	Presença	Ausente
<b>Água Potável *</b>			
Cozinha	Ausente	Ausente	Ausente
Lactário	Ausente	Ausente	Ausente

\* Ausente em 100 ml – Portaria 2914/2011 Ministério da Saúde

**Tabela 16** – Detecção de *Enterococcus* sp.

<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>
<b>Efluente</b>			
Centro Obstétrico	Ausente	Ausente	Ausente
Enfermarias	Presença	Presença	Presença
Cemat	Ausente	Ausente	Ausente
Banco de Leite Humano	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Água Potável</b>			
Cozinha	Ausente	Ausente	Ausente
Lactário	Ausente	Ausente	Ausente

**Tabela 17** – Detecção de *Salmonella* ssp.

<b>Ponto de Coleta</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>
<b>Efluente</b>			
Centro Obstétrico	Presença	Presença	Ausente
Enfermarias	Presença	Presença	Presença
Cemat	Presença	Presença	Presença
Banco de Leite Humano	Ausente	Ausente	Ausente
<b>Água Potável</b>			
Cozinha	Ausente	Ausente	Ausente
Lactário	Ausente	Presença	Ausente

Moges et al., (2014), em seu estudo de isolamento e caracterização de efluentes hospitalares no norte da Etiópia observaram que os microrganismos isolados mais frequentes foram *Klebsiella* sp. (26,5%) seguido por *Pseudomonas* sp. (16,8%), *E. coli* (11,5%) e



*Citrobacter* sp. (11,5%), e *S. aureus*. Chagas et al. (2011a) em estudo realizado no Rio de Janeiro relataram que os microrganismos mais frequentes foram *K. pneumoniae*, *E. coaccae* e *E. coli*. Em estudo realizado por Alam, Ahmad e Malik (2009), os principais microrganismos isolados foram do gênero *Escherichia* sp., *Citrobacter* sp., *Shiguella* sp. e *Klebsiella* sp. Com relação à pesquisa de *Enterococcus* sp., a presença desse microrganismo foi observada apenas no ponto de coleta das enfermarias, o que pode ser explicada pelo fato de que as enfermarias recebem grande quantidade de pacientes, muitas vezes admitidos para o tratamento de diversas doenças infecciosas, incluindo contaminações por esses microrganismos, que recentemente adquiriram grande relevância médica, como importante patógeno nosocomial. Foram revisados dados do Centro de Controle de Infecção Hospitalar sobre o isolamento de *Enterococcus* sp. de pacientes internados nas enfermarias, através dos dados obtidos foi possível observar que durante o período de estudo um paciente permaneceu internado em uma dessas alas. Apesar do motivo de internação não se tratar de doença infecciosa, espécies de *Enterococcus* sp., tratam-se de colonizadores do intestino e podem se transformar em patógenos dependendo da imunidade do hospedeiro.

Com relação à contagem de microrganismos mesófilos em água potável, pode-se observar que as concentrações encontradas estavam acima da permitida pela legislação que é de no máximo  $5 \times 10^2$  UFC / 100 mL. (Tabela 18).

**Tabela 18** – Contagem de microrganismos Mesófilos Aeróbios

Ponto de Coleta	Setembro	Outubro	Novembro
<b>Água Potável</b>			
Cozinha	$7,7 \times 10^5$	$12 \times 10^5$	$12 \times 10^5$
Lactário	$6,4 \times 10^5$	$4 \times 10^5$	$4 \times 10^5$

A contagem de microrganismos mesófilos aeróbios em água potável revelou que as concentrações estavam acima do permitido pela resolução 12/2011 (ANVISA), que define a contagem em  $5 \times 10^2$  UFC/100ml. Além disso, conforme foi observado na Tabela 17, encontrou-se no mês de outubro a presença de *Salmonella* sp. na água utilizada no lactário. A presença de *Salmonella* sp., pode ser atribuída a falhas no processo de fervura da água, contaminação durante a manipulação da água e/ou contaminação da tubulação. Cavassin et al. (2004) realizaram estudo para verificar a contaminação da água utilizada em ambiente hospitalar onde não foi observada a presença desse microrganismo tanto na água filtrada como não filtrada, obedecendo os requisitos da legislação.

### 5.2.2 Testes de susceptibilidade antimicrobiana

Foram realizados testes de susceptibilidade para avaliar a resistência das cepas de *Enterococcus* sp. isoladas durante o estudo. As cepas isoladas apresentaram resistência a ciprofloxacina, rifampicina, norfloxacina e vancomicina, algumas cepas apresentaram resistência intermediária frente à eritromicina (Tabela 19).

**Tabela 19**– Antibiograma *Enterococcus* sp.

		CLSI 2014			Outubro/ Enfermaria			Novembro /Enfermaria			Novembro ETE		
		R	I	S	R	I	S	R	I	S	R	I	S
Ciprofloxacina	CIP 5	<= 15	16-20	>=21	0					22	12		
Rifampicina	RIF 5	<= 16	17-19	>=20			20	10			12		
Norfloxacina	NOR 10	<= 12	13-16	>=17	0					20	12		
Penicilina	PEN 10	<= 14		>=15			16			24			18
Eritromicina	ERI 15	<= 13	14-22	>=23	0				18		0		
Vancomicina	VAN 30	<= 14	15-16	>=17	10					22			18

Fonte: Adaptada, CLSI, 2014.

Varela et al. (2013) estudaram a ocorrência de *Enterococcus* sp. resistentes à vancomicina em efluentes hospitalares e observaram que a maioria das bactérias apresentaram resistência à vancomicina e a ciprofloxacina. As cepas pertenciam principalmente as espécies de *Enterococcus faecalis* e *Enterococcus faecium* e apresentaram fenótipos resistentes vários antibióticos, como: ciprofloxacina, tetraciclina, eritromicina e altos níveis de resistência a gentamicina.

Sadowy e Luczkiewicz (2014) investigaram a presença de espécies de *Enterococcus* sp., em efluentes hospitalares e observaram que a maioria dos isolados compostos por espécies de *E. faecalis* e *E. faecium* apresentavam altos níveis de resistência a eritromicina.

Os testes de susceptibilidade também revelaram que as cepas eram resistentes a tetraciclina, ampicilina, fluoroquinolonas e aminoglicosídios, especialmente as espécies de *E. faecium*. *E. faecalis*, o que sugere o aumento da resistência dessas cepas em efluentes hospitalares e conseqüentemente a sua disseminação.

### 5.2.3 Identificação e testes de susceptibilidade pelo Vitek 2

Através do sistema automatizado Vitek 2 foram identificadas em todos os pontos de coleta, várias espécies de bactérias Gram-negativas. Os resultados de identificação e testes de susceptibilidade estão apresentados nas tabelas 20 e 21. Com relação aos testes de susceptibilidade a antimicrobianos os microrganismos demonstraram resistência a vários antimicrobianos, dentre eles ampicilina, ampicilina-sulbactam, cefoxitina, ceftriaxona e cefuroxima. Foi observado que três cepas apresentaram resistência a antibióticos carbapenêmicos (imipenem e meropenem), sendo elas: *Klebsiella pneumoniae* (CO), *Pseudomonas aeruginosa* (BLH) e *Aeromonas hydrophyla* (Cemat), porém a resistência dessa espécie aos carbapenêmicos é intrínseca. Através desse resultado pode-se dizer que as duas cepas em questão são produtoras de algum tipo de carbapenemase, porém são necessários estudos moleculares para comprovação dessa afirmação. Todas as cepas estudadas apresentaram sensibilidade a colistina, antibiótico considerado de última escolha para o tratamento de infecções no ambiente hospitalar, com exceção a uma cepa de *Serratia marcescens*, pois essa espécie tem a característica de apresentar resistência intrínseca a essa classe de antimicrobianos.

Com relação às outras espécies de bactérias identificadas no efluente do HUGD, os resultados encontrados estão de acordo com os descritos na literatura. Fuentesfria et al (2008) realizaram estudo para inferir a presença de cepas de *P. aeruginosa* em amostras de efluentes hospitalares e observaram que todos os isolados apresentaram multirresistência aos antibióticos testados, incluindo carbapenêmicos. Chagas et al. (2011a) em estudo realizado para identificar a presença de bactérias Gram-negativas em um efluente hospitalar no Rio de Janeiro demonstrou que as cepas isoladas apresentavam altos níveis de resistência a antibióticos não beta-lactâmicos como amicacina e a diferentes cefalosporinas. Em outro estudo Chagas et al. (2011b) reportaram a primeira detecção da enzima KPC-2 em Gram-negativos recuperados de efluentes hospitalares no Brasil. As cepas isoladas apresentavam altos níveis de resistência a cefalosporinas de amplo-espectro e a carbapenêmicos. Foi

possível observar ainda a co-resistência de algumas cepas frente à piperacilina-tazobactam, ciprofloxacina e trimetoprim/ sulfametazol.

Na amostra coletada na jusante da ETE Guaxinim, do córrego Rego D'água, foram encontradas bactérias que apresentavam resistência intrínseca a ampicilina e a cefuroxima axetil e cefoxitina, que são antibióticos da classe das cefalosporinas de 1º e 2º geração, o que demonstra a necessidade de serem realizados investimentos tecnológicos para o tratamento desse efluente, visto que a presença desses microrganismos não deveria ser observada, conforme a legislação.

A principal hipótese para explicar a ocorrência de microrganismos multirresistentes em amostras de efluentes hospitalares é a grande quantidade de substâncias antimicrobianas, desinfetantes e bactérias resistentes excretadas por seres humanos e lançadas nos efluentes (FUENTEFRÍA et al., 2008). A pressão seletiva exercida pelos antibióticos normalmente presentes no efluente hospitalar é um importante fator de seleção de bactérias resistentes. Há ainda evidências de que a resistência antimicrobiana já esteja presente em ambientes naturais e que ocorra apenas a troca de genes entre bactérias, fato que também pode estar ocorrendo entre os isolados do presente estudo, uma vez que os genes envolvidos na resistência a carbapenêmicos são adquiridos e passíveis de transferência horizontal (GOREN et al., 2010).



Ponto	Microorganismo	Antibióticos																	
		Ampicilina		Ampicilina / sulbactam		Piperacilina/ Tazobactam		Cefuroxima		Cefuroxima Axetil		Cefoxitina		Ceftazidima		Ceftriaxona		Cefepima	
		MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma
Cemat	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	>=32	R	16	R	<=4	S	4	S	4	R	>=64	R	<=1	S	<=1	S	<=1	S
	<i>Pseudomonas mendocina</i>	>=32	R	>=32	R	8	S	>=64	R	>=64	R	>=64	R	4	S	16	I	<=1	S
	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i>	>=32	R	>=32	R			<=1	S	<=1	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=1	S
	<i>Citrobacter freundii</i>	8	R	4	R	<=4	S	4	S	4	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=1	S
BLH	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	16	R	<=2	R	<=4	S	<=1	S	<=1	R	>=64	R	<=1	S	<=1	S	<=1	S
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<=2	R	<=2	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=1	S
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	16	R	<=2	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=1	S
	<b><i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>	>=32	R	>=32	R	<b>32</b>	<b>I</b>	>=64	R	>=64	R	>=64	R	<b>16</b>	<b>I</b>	>=64	R	<b>8</b>	<b>S</b>
	<i>Citrobacter freundii</i>	8	R	4	R	<=4	S	4	S	4	S	8	R	<=1	S	<=1	S	<=1	S
ETE	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	4	R	<=2	R	<=4	S	4	S	4	R	>=64	R	<=1	S	<=1	S	<=1	S
	<i>Escherichia coli</i>	<=2	S	<=2	S	<=4	S	4	S	4	S	<=4	S	<=1	S	<=1	S	<=1	S

**Tabela 21**– Identificação Vitek-Biomériux – MIC e Antibiograma

Ponto	Microrganismo	Antibióticos													
		Imipenem		Meropenem		Amicacina		Gentamicina		Ciprofloxacina		Tigeciclina		Colistina	
		MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma
CO	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	16	S	>=16	R	1	S	1	S	<=0,5	S
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	S	0,5	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	>=8	R	<=0,5	S
	<i>Raoultella planticola</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	1	S	<=0,5	S
	<b><i>Klebsiella pneumoniae</i></b>	<b>&gt;=16</b>	<b>R</b>	<b>&gt;=16</b>	<b>R</b>	<b>&lt;=2</b>	<b>S</b>	<b>&lt;=1</b>	<b>S</b>	<b>&gt;=4</b>	<b>R</b>	<b>2</b>	<b>I</b>	<b>&lt;=0,5</b>	<b>S</b>
	<i>Citrobacter freundii</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	1	S	<=0,5	S
	<i>Serratia marcescens</i>	0,5	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	2	I	>=16	R
Enfermarias	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	8	S	<=0,25	S	1	S	<=0,5	S
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=0,5	S	<=0,5	S
	<i>Pseudomonas putida</i>	1	S	2	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	>=8	R	<=0,5	S
	<i>Acinetobacter baumannii</i>	<=0,25	S	1	S	<=2	S	>=16	R	>=4	R	<=0,5	S	<=0,5	S

Ponto	Microorganismo	Antibióticos													
		Imipenem		Meropenem		Amicacina		Gentamicina		Ciprofloxacina		Tigeciclina		Colistina	
		MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma	MIC	Antibiograma
Cemat	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	1	S	<=0,5	S
	<i>Pseudomonas mendocina</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	4	I	<=0,5	S
	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i>	>=16	R	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=0,5	S	2	S
	<i>Citrobacter freundii</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	2	I	<=0,5	S
BLH	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	1	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=0,5	S	<=0,5	S
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=1	S	<=0,5	S
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=1	S	<=0,5	S
	<b><i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>	<b>2</b>	<b>R</b>	<b>8</b>	<b>R</b>	<b>&lt;=2</b>	<b>S</b>	<b>&lt;=1</b>	<b>S</b>	<b>&lt;=0,25</b>	<b>S</b>	<b>&gt;=8</b>	<b>R</b>	<b>&lt;=0,5</b>	<b>S</b>
	<i>Citrobacter freundii</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	2	I	<=0,5	S
ETE	<i>Enterobacter cloacae complex</i>	1	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=0,5	S	<=0,5	S
	<i>Escherichia coli</i>	<=0,25	S	<=0,25	S	<=2	S	<=1	S	<=0,25	S	<=0,5	S	<=0,5	S

Cepas com fenótipo de resistência a carbapenêmicos estão destacadas em negrito.



## 6 CONCLUSÕES

- Não existe constância nos resultados das análises físico-químicas, tanto nos pontos como nos diferentes meses acompanhados, devido a variação das cargas poluidoras lançadas em cada ponto.
- Na caixa de inspeção do Cemat, que foi considerado o efluente menos poluído, pois se encontrou resultados menores. O efluente do HUGD atende os parâmetros da legislação para o lançamento na rede pública.
- Nas caixas de inspeção do CO e BLH foram isoladas duas cepas possivelmente produtoras de carbapenemase.
- No córrego Rego D'água foram identificadas algumas cepas com resistência a antibióticos  $\beta$ -lactâmicos de 1<sup>o</sup> e 2<sup>o</sup> geração.
- A água utilizada para consumo humano no hospital pode estar contaminada, pois foram encontrados microrganismos, como *Salmonella* sp. na água do lactário, e também em quantidade maior do que o permitido pela legislação de microrganismos mesófilos aeróbios.
- A presença de *Enterococcus* sp. no ponto de coleta das enfermarias, pode ser atribuído a grande rotatividade de pacientes nessas alas somado ao aumento de infecções causadas pelas espécies desse gênero no ambiente hospitalar, devido à grande concentração desses microrganismos nas fezes ele torna-se um bom indicador para o controle microbiológico da água.
- Sendo assim pode-se concluir que devem ser reforçadas as medidas de higienização e sanitização no ambiente hospitalar. Também deve ser instituído programas de racionalização do uso de antimicrobianos e controle e prevenção da disseminação de microrganismos multirresistentes.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALI, Rahin et al. “Monitoring and comparison of antibiotic resistant bacteria and their resistance genes in municipal and hospital wastewaters.” **International Journal of Preventive Medicine**, v. 5, n. 7, p. 887-94, 2014.

ALAM, Mohammad Zubair; AHMAD, Shamim; MALIK, Abdul. Genotoxic and mutagenic potential of agricultural soil irrigated with tannery effluents at Jajmau (Kanpur), India. **Archives of environmental Contamination and toxicology**, v. 57, n.3, p. 463-476, 2009.

AMBLER, R. P. The structure of  $\beta$ -lactamases. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v 289, n. 1036, p. 321–331, 1980.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. APHA, 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION et al. APHA, 1998.

ANDERSON, K. F. et al., Evaluation of methods to identify the *Klebsiella pneumoniae carbapenemase* in Enterobacteriaceae. **Journal of clinical microbiology**, v.45, n.8, p. 2723-2725, 2007.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Relatório do monitoramento da prevalência e do perfil de suscetibilidade aos antimicrobianos em enterococos e salmonelas isoladas de carcaças de frango congeladas comercializadas no Brasil. Brasília**, Janeiro/2008.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 306/2004. Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/10d6dd00474597439fb6df3fbc4c6735/RDC+N%C2%BA+306,+DE+7+DE+DEZEMBRO+DE+2004.pdf?MOD=AJPERES>. Acesso em: 12/03/2015.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12/2001. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC\\_12\\_2001.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/a47bab8047458b909541d53fbc4c6735/RDC_12_2001.pdf?MOD=AJPERES). Acesso em: 12/03/2015.

ARIAS, C. A.; MURRAY, B. E. The rise of the Enterococcus: beyond vancomycin resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 10, n. 4, p. 266–278, 2012.

BABIC, Maja; HUJER, Andrea. M; BONOMO, Robert A. What's new in antibiotic resistance? Focus on beta-lactamases. **Drug resistance updates**, v. 9, n. 3, p. 142-156, 2006.

BAIRD, C. e CANN, M. **Química Ambiental**. Bookman, 2011.

BARNES, H. J; VAILLANCOURT, J. P; GROSS, W. B. Colibacillosis. **Diseases of poultry**, v-12, p. 691-732, 631–656, 2003.

BEIER, S. et al. Treatment of hospital wastewater effluent by nanofiltration and reverse osmosis. 2010.

BERTO, Josiani *et al.* Physico-chemical, microbiological and ecotoxicological evaluation of a septic tank/Fenton reaction combination for the treatment of hospital wastewaters. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, n. 4, p. 1076-1081, 2009.

BETTEGA, J. M. P. R. et al. Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano. **Ciência e Agrotecnologia. Lavras**, v.30, n.5, p. 950-954, 2006.

BLONDEL-HILL, E.; HENRY, D.A.; SPEERT, D.P. *Pseudomonas*, “Murray PR, Baron EJ, Jorgensen JH, Landry ML, Pfaller MA (eds). Manual of Clinical Microbiology. Vol 1” – kitabinda s. 734-748. 2007.

BOTELHO, Manoel Henrique; BIFANO, Hercules Marcello. **Operação de Caldeiras**. Editora Blucher, 2011.

BRADFORD, Patricia A. Extended-Spectrum  $\beta$ -Lactamases in the 21st Century: characterization, epidemiology, and detection of this important resistance threat. **Clinical microbiology reviews**. v. 14, n. 4, p. 933-951, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Vigilância e controle da qualidade de água para consumo humano**. Secretaria de Vigilância em Saúde, Brasília, 2006.

BRASIL. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. DOU: 14/12/2011. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html). Acesso em: 12/03/2015.

BUSH, Karen; JACOBY, George A.; MEDEIROS, Antone A. A functional classification scheme for  $\beta$ -lactamases and its correlation with molecular structure. **Antimicrobial agents and chemotherapy**. v. 39, n.6, p. 1211, 1995.

BUSH, Karen; JACOBY, George. A. Updated functional classification of  $\beta$ -lactamases. **Antimicrobial Agents and Chemotherapy**. v. 54, n. 3, p. 969-976, 2010.

CARDOSO, Thatiane Gonçalves; CARVALHO, Vania Maria. Toxinfecção alimentar por *Salmonella* spp. **J. Health Sci. Inst.**, v. 24, n. 2, 2006

CARRIJO, Juliana Rosa; BIONDI, Germano Francisco. Levantamento de ovos de helmintos em lodo de esgoto oriundo de Campo Grande (MS) após tratamento anaeróbico. **Ciência Animal Brasileira**. v. 9, n. 1, p. 207-211, 2008.

CAVALCANTI, Dany Geraldo Kramer *et al.* Caracterização físico-química e microbiológica de efluente hospitalar na Região Metropolitana de Natal – RN- Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.11, n.11, p.205-210, 2011.

CAVASSIN, Emerson Danguy et al. Análise microbiológica de água filtrada por filtros domésticos em ambiente hospitalar. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 20, n. 2, p. 49-56, 2004.

CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. (CDC) et al. Notes from the field: Multistate outbreak of human *Salmonella typhimurium* infections linked to contact with pet hedgehogs - United States, 2011-2013. **MMWR. Morbidity and mortality weekly report** . v. 62, n. 04, p. 73, 2013.

CHAGAS, T. P. G. et al. Multiresistance, beta-lactamase-encoding genes and bacterial diversity in hospital wastewater in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Applied Microbiology**, v. 111, n. 3, p. 572–581, 2011.a

CHAGAS, T. P. G. et al. Occurrence of KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae* strains in hospital wastewater. **Journal of Hospital Infection**, v. 77,n.3, p. 281, 2011.b

CLEMENTS, Abigail, et al., Infection strategies of enteric pathogenic *Escherichia coli*. **Gut microbes**, v. 3, p. 71-87, 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO BASICO. CETESB. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. Sao Paulo, 2008.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 357/2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 12/03/2015.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 358/2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>. Acesso em: 12/03/2015.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 430/2011. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 12/03/2015.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 20/1986. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>. Acesso em 12/03/2015.

COSTANZO, Simon D.; MURBY, John.; BATES, John. Ecosystem response to antibiotics entering the aquatic environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 51, n. 1-4, p. 218-23, 2005.

CROXEN, Matthew A.; FINLAY, B. Brett. Molecular mechanisms of *Escherichia coli* pathogenicity. **Nature Reviews Microbiology**. v. 8, n. 1, p. 26-38, 2010.

DAIKOS, George L. et al. Bloodstream infections caused by carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae*: a clinical perspective, 2012.

DE ANDRADE, Nelio José. **Higienização na indústria de alimentos**. Livraria Varela, 1996.

DEROUAUX, Adeline; SAUVAGE, Eric; TERRAK, Mohammed. Peptidoglycan glycosyltransferase substrate mimics as templates for the design of new antibacterial drugs. **Frontiers in immunology**, v. 4, 2013.

ELVING, Josefine. **Pathogen Inactivation and Regrowth in Organic Waste during Biological Treatment**. 2009. Tese de Doutorado. Swedish University of Agricultural Sciences.

EMMANUEL, Evens 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.

EMMANUEL, Evens; PIERRE, Marie Gisèle; PERRODIN, Yves. Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers. **Environment International**. v.35, p. 718-726, 2009.

EVALDT, Fátima Rosele da Silva. Caracterização físico-química de efluentes de quatro hospitais da cidade de Porto Alegre. 2005.

EVANGELISTA, José. Tecnologia de Alimentos. In: **Tecnologia de Alimentos**. Atheneu, 1994.

FERRANDO-CLIMENT, L.; RODRIGUEZ-MOZAZ, S.; BARCELÓ, D. Incidence of anticancer drugs in an aquatic urban system: from hospital effluents through urban wastewater to natural environment. **Environmental Pollution**, v. 193, p. 216-223, 2014.

FRANCA, Rita Borges. *Cryptosporidium* spp., *Giardia* spp. e ovos de helmintos em esgoto hospitalar: destruição e análise de dano estrutural dos protozoários após o processo fotoeletroquímico. 2007.

FRANCO, Bernadette Dora Gombossy de Melo; LANDGRAF, Mariza. Microbiologia dos Alimentos. In: **Microbiologia dos alimentos**. Atheneu, 2003.

FUENTEFRIA, Daiane Bopp. et al. *Pseudomonas aeruginosa*: disseminação de resistência antimicrobiana em efluente hospitalar e água superficial. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**. v. 41, n. 5, 2008.

GALES, Ana C. et al. Antimicrobial resistance among Gram-negative bacilli isolated from Latin America: results from SENTRY Antimicrobial Surveillance Program (Latin America, 2008-2010). **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v. 73, n. 4, p. 354-360, 2012.

GALLERT, C.; FUND, K.; WINTER J. Antibiotic resistance of bacteria in raw and biologically treated sewage and in groundwater below leaking sewers. **Applied Microbiology and biotechnology**, v. 69, n.1, p. 106–112, 2005.

GILLARDI, D. L. Medical Microbiology. *Pseudomonas aeruginosa*: The Organism, Diseases It Causes and Their Treatment. Hans Huber Publishers, Bern, p. 25-30, 1979.

GORDON, Scott. et al. Kinetics of plasmid segregation in *Escherichia coli*. **Molecular Microbiology**, v. 51, n. 2, p. 461-469, 2004.

GOREN, Moran G. et al. Transfer of carbapenem-resistant plasmid from *Klebsiella pneumoniae* ST258 to *Escherichia coli* in patient. **Emerging infectious diseases**, v. 16, n. 6, p. 1014, 2010.

HOLLENBECK, Brian L; RICE, Louis. B. Intrinsic and acquired resistance mechanisms in *enterococcus*. **Virulence**, v. 3, n. 5, p. 421–433, 2012.

KITCHEL, B, et al. Molecular epidemiology of KPC-producing *Klebsiella pneumoniae* in the United States: clonal expansion of MLST sequence type 258. **Antimicrob. Agents Chemother.** v. 53, p. 3365–3370, 2009.

KONEMAN, E. W. et al. Bacilos Gram-negativos não fermentadores. **Diagnóstico Microbiológico – Texto e Atlas Colorido, 5ª edição, Editora Medsi, Rio de Janeiro**, p. 264-329, 2001.

LAI, Jeffrey Y. et al. Open and shut: crystal structures of the dodecylmaltoside solubilized mechanosensitive channel of small conductance from *Escherichia coli* and *Helicobacter pylori*. **Protein Science**, v. 22, n. 4, p. 502-509, 2013.

LAW, Robin J. *et al.* In vitro and in vivo model systems for studying enteropathogenic *Escherichia coli* infections. **Cold Spring Harbor perspectives in Medicine**, v-3,n-3,p. a009977, 2013.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** Átomo, 2008.

LLEDO, W. et al. Guidance for control of infections with carbapenem-resistant or carbapenemase-producing *Enterobacteriaceae* in acute care facilities. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, v. 58, n. 10, p. 256-258, 2009.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & águas.** São Paulo: Varela, v. 505, 2001.

MANDELL, Gerald et al. **Mandell, Douglas, and Bennett's principles and practice of infectious diseases.** Elsevier, , 2009.

MANGES, Ameer R; JOHNSON, James. R. Foodborne origins of *Escherichia coli* causing extraintestinal infections. **Clinical Infectious Diseases**, p.502, 2012.

MARRS, Carl F.; ZHANG, Lixin; FOXMAN, Betsy. *Escherichia coli* mediated urinary tract infections: are there distinct uropathogenic *Escherichia coli* (UPEC) pathotypes? **FEMS Microbiology Letters**, v. 252, n. 2, p. 183-190, 2005.

MIRIAGOU, Vivi. et al. Imipenem resistance in a *Salmonella* strain due to plasmid-mediated class A carbapenemase KPC-2. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 47, n. 4, p. 1297–1300, 2003.

MOGES, Feleke. et al. Isolation and characterization of multiple drug resistance bacterial pathogens from waste water in hospital and non-hospital environments, Northwest Ethiopia. **BMC Research Notes**, v. 7, n.1, p. 215, 2014.

MONTEIRO, Jussimara et al. First report of KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae* strains in Brazil. **Antimicrobial agents and chemotherapy**. v. 53, n. 1, p. 333-334, 2009.

MULVEY, Michael R; SIMOR, Andrew. E. Antimicrobial resistance in hospitals: how concerned should we be? **Canadian Medical Association Journal**. v. 180, n. 4, p. 408-415, 2009.

MUNOZ-PRICE, L. Silvia; QUINN, John. P. The spread of *Klebsiella pneumoniae carbapenemases*: a tale of strains, plasmids and transposons. **Clinical Infectious Diseases**. v. 49, n. 11, p. 1739-1741, 2009.

MURRAY, Patrick; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A.. **Microbiologia Médica**. Elsevier, 2015.

NORDMANN, Patrice; CUZON, Gaelle; NAAS, Thierry. The real threat of *Klebsiella pneumoniae carbapenemase*-producing bacteria. **The Lancet infectious diseases**, v. 9, n. 4, p. 228-236, 2009.

NORDMANN, P; NAAS, T; POIREL, L. Global Spread of Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae. **Emerging Infectious Diseases**. v. 17, n. 10, p. 1791-1798, 2011.

NOYAL, M. J. C. et al. Simple screening tests for detection of carbapenemases in clinical isolates of nonfermentative Gram-negative bacteria., 2009.

PAVEZ, Monica; MAMIZUKA, Elza; LINCOPAN, Nilton. Early dissemination of KPC-2-producing *Klebsiella pneumoniae* strains in Brazil. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 53, n. 6, p. 2702-2702, 2009.

PAZ, Marta et al. Aguas residuales de un Centro Hospitalario de Buenos Aires, Argentina: Características químicas, biológicas y toxicológicas. **Hig. Sanid. Ambient**, v. 4, p. 83-88, 2004.

PEIRANO, Gisele et al. Carbapenem-hydrolysing  $\beta$ -lactamase KPC-2 in *Klebsiella pneumoniae* isolated in Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of antimicrobial chemotherapy**. v. 63, n. 2, p. 265-268, 2009.

PETRELLA, Stephanie et al. Genetic and structural insights into the dissemination potential of the extremely broad-spectrum class A  $\beta$ -lactamase KPC-2 identified in an *Escherichia coli* strain and an *Enterobacter cloacae* strain isolated from the same patient in France. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 52, n. 10, p. 3725–3736, 2008.

PIANOWSKI, Eloisa Helena; Janissek, Paulo Roberto. Desinfecção de efluentes sanitários com uso de cloro: avaliação da formação de trihalometanos. **Sanare**, v.20, n.20, p.6-17, 2003.

PITT, T. L.; BARTH A. L. et al. *Pseudomonas aeruginosa* and other medically importante *Pseudomonas*. **Principle and Practice of Clinical Microbiology**, v.8, p.14-18, 1997.

QUEENAN, Anne Marie; BUSH, Karen. Carbapenemases: the versatile  $\beta$ -lactamases. **Clinical microbiology reviews**, v. 20, n. 3, p. 440-458, 2007.

REDUKER, David W.; SPEER, C. A.; BLIXT, John A. Ultrastructural changes in the oocyst wall during excystation of *Cryptosporidium parvum* (Apicomplexa; Eucoccidiorida). **Canadian journal of zoology**, v. 63, n. 8, p. 1892-1896, 1985.

REGO Neylor Alves Calasans; BARROS Sizínio Rosa; DOS SANTOS, José Wildes Barbosa. Avaliação espaço-temporal da concentração de coliformes termotolerantes na Lagoa Encantada, Ihéus, Bahia, Brasil. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 4, n.1, 2010.

REINTHALER, F. F. et al. “Antibiotic resistance of E. coli in sewage and sludge.” **Water Research**, v. 37, n. 8, p. 1685-90, 2003.

RICHARDS, Michael J. et al. Nosocomial infections in combined medical-surgical intensive care units in the United States. **Infect Control**. v. 21, n. 8, p. 510-515, 2000.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José Mariano de. Tratamento de água: tecnologia atualizada. In: **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. Edgard Bluncher, 2003.

ROMPRÉ, Annie. et al. Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging. **Journal of microbiological methods**, v. 49, p. 31-54, 2002.

SADOWY Eva; LUCZKIEWICZ Aneta. Drug-resistant and hospital-associated *Enterococcus faecium* from wastewater, riverine estuary and anthropogenically impacted marine catchment basin. **BMC Microbiology**, v. 14, n. 1, p. 66, 2014.

SAMPAIO, Silvio Cesar et al. Relação entre série de sólidos e condutividade elétrica em diferentes águas residuárias. **Revista Irriga**, v.12, n.4,p.557-562, 2007.

SANTOS, B.M. Salmonelose. In. **Principais doenças bacterianas em aves**. v. 9, p. 14. 2 ed. UFV, Viçosa, 2005.

SILVA, L. M. et al. Ocorrência de um surto de hepatite A em três bairros do município de Vitória (ES) e sua relação com a qualidade da água de consumo humano. **Ciênc. saúde coletiva**, v.14, n.6, p.2163-2167, 2009.

SILVEIRA, I. T. C. **Cloro e Ozônio aplicados à desinfecção de Efluente Hospitalar tratado em contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em *Daphnia Similis***. 2004.

SMITH, James L.; FRATAMICO, Pina M.; GUNTHER, Nereus W. Extraintestinal pathogenic *Escherichia coli*. **Foodborne Pathogens and disease**, v. 4, n.2, p. 134–163, 2007.

SOUZA, R. M. G. L.; PERRONE, M. A. Padrões de potabilidade da água. **Programa Estadual de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano – PRÓ-ÁGUA**, São Paulo, 2001.

SPELLBERG, Brad et al. The epidemic of antibiotic-resistant infections: a call to action for the medical community from the Infectious Diseases Society of America. **Clinical Infectious Diseases**, v. 46, p. 155-164, 2008.

TALLON Pam. et al. Microbial indicators of faecal contamination in water: a current perspective. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 166, p. 139-66, 2005.



TENNSTEDT, T. et al. "Occurrence of integron-associated resistance gene cassettes located on antibiotic resistance plasmids isolated from a wastewater treatment plant." **FEMS Microbiology ecology**, v. 45, n. 3, p. 239-52, 2003.

TÉO, Carla Rosane Paz Arruda; DE OLIVEIRA, Tereza Cristina Rocha Moreira. Salmonella spp.: o ovo como veículo de transmissão e as implicações da resistência antimicrobiana para a saúde pública. **Seminário: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2, p. 195-210, 2005.

TRABULSI, L. R. Bactérias de Interesse Médico. **Microbiologia** 3edição. **Atheneu, SP**.p. 119-121, 2004.

VALENTE, José Pedro Serra; PADILHA, Pedro Magalhaes; SILVA, Assunta Maria Marques. Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP. **Eclética Química**. p.46-67,1997.

VARELA, Ana Rita, et al. Vancomycin resistant enterococci: From the hospital effluent to the urban wastewater treatment plant. **Science of The Total Environment**, v. 450, p. 155-161, 2013.

VECCHIA, A. D. et al. **Diagnóstico sobre a situação do tratamento do esgoto hospitalar no Brasil** Revista Saúde e Ambiente,. v.10, P.65-69, 2009.

VERLICCHI, Paola.; GALLETTI, Alessio.; MASOTTI, Luigi. Management of hospital wastewaters: the case of the effluent of a large hospital situated in a small town. **Water Science Technology**, v. 61, n. 10, p. 2507-2519, 2010.

VERLICCHI, Paola.; ZAMBELLO, Elena. How efficient are constructed wetlands in removing pharmaceuticals from untreated and treated urban wastewaters? A review. **Science of The Total Environment**, v. 470, p. 1281-306, 2014.

VIDAL Maricel et al., Single multiplex PCR assay to identify simultaneously the six categories of diarrheagenic *Escherichia coli* associated with enteric infections. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 43, n.10, p. 5362–5365, 2005.

VILLA, Alessandra Tathiana. Avaliação ambiental de qualidade da água do lago do parque Barigui: potencial de poluição orgânica. 2006.

VILLEGAS, M. V. et al. First detection of plasmid-mediated class A carbapenemase KKPC-2 in clinical isolates of *Klebsiella pneumoniae* from South America. **Antimicrobial Agents and Chemoterapy**. v. 50, p. 2880-2882, 2006.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

WEN, Xianghua et al. Treatment of hospital wastewater using a submerged membrane bioreactor. **Process biochemistry**. v. 39, p. 1427 – 1431. 2004.

WILSON, Daniel N. Ribosome-targeting antibiotics and mechanisms of bacterial resistance. **Nature Reviews Microbiology**, v. 12, n.1, p. 35-48,2014.

WONG, Alexander R. C. et al., Enteropathogenic and enterohaemorrhagic *Escherichia coli*: even more subversive elements. **Molecular microbiology**. v. 80, n. 6, p. 1420-1438, 2011.

YIGIT, Hesna et al. Novel carbapenem-hydrolyzing  $\beta$ - lactamase , KPC-1, from a carbapenem-resistant strain of *Klebsiella pneumoniae*. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 45, n. 4, p. 1151-1161, 2001.

ZAPUN, André.; CONTRERAS-MARTEL, Carlos; VERNET, Thierry. Penicillin-binding proteins and  $\beta$ -lactam resistance. **FEMS microbiology Reviews**. v. 32, n.2, p. 361–385, 2008.

ZAVASCKI, Alexandre P. et al., KPC-2-producing *Enterobacter cloacae* in two cities from Southern Brazil. **International journal of antimicrobial agents**. v. 34, n. 3, p. 286-288, 2009.

ZEMELMAN, Raul et al. Resistance of *Aeromonas hydrophila* to  $\beta$ -lactam antibiotics. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**. v. 14, p. 575–579, 1984.

ZULPO, Dauton Luiz. et al. Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. **Seminário: Ciências Agrárias**, v.27, n.1, p. 107-110, 2006.