



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA DO MEIO
AMBIENTE – PPGEMA



LIDIANE JORGE MICHELINI

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E ECOTOXICOLÓGICA
DE EFLUENTES ORIUNDOS DE CLÍNICAS DE ONCOLOGIA DO MUNICÍPIO DE
GOIÂNIA**

Goiânia

2013

LIDIANE JORGE MICHELINI

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E ECOTOXICOLÓGICA
DE EFLUENTES ORIUNDOS DE CLÍNICAS DE ONCOLOGIA DO MUNICÍPIO DE
GOIÂNIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dra. Katia Kopp

Goiânia

2013

Dedico este trabalho à Deus e à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me acompanhar em todos os momentos.

À professora Dra. Katia Kopp, pela paciência e orientação competente.

Aos meus pais e irmão, Antônio, Zenaide e Leonardo Michelini, pelo incentivo, motivação, suporte e apoio.

À Hugo Leonardo Soares Bento, por dividir comigo todos os momentos, pela paciência durante os meses em que me dediquei a este trabalho, e por sempre acreditar em meu potencial.

À equipe do Laboratório de Qualidade das Águas e Monitoramento Ambiental – LAQUAMA-UFG/GO, Uendel Pereira, Karine do Prado, Kelly Cristine Rios, Murilo da Silva, Isabella Costa, Laís de Moura, Karina dos Santos, Magali Lima, João Melo, Willian Pinto, Leandro Borelli, Livia Borges e Jéssica Custódio.

Ao Prof. Dr. Paulo Sérgio Scalize, coordenador do laboratório de Qualidade das Águas e Monitoramento Ambiental – LAQUAMA-UFG/GO, pela disponibilização do laboratório e materiais.

À empresa SANEAGO pela disponibilização de informações.

Aos técnicos Nayara Pereira Rezende de Souza e Guilherme Aires Rodrigues e ao Prof. Dr. Eraldo de Henriques de Carvalho, coordenador do Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia Civil – UFG/GO, pelo auxílio na realização das análises físico-químicas e disponibilização de materiais.

Às instituições de atendimento e serviço oncológico, e seus funcionários, que possibilitaram e apoiaram a realização do trabalho, abrindo as portas de seus estabelecimentos e nos recepcionando bem.

À Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, em especial ao Programa de Pós Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, onde foi possível desenvolver o trabalho. Ainda também aos professores do Programa, Dra. Nora Katia Aguila, Kleber Formiga, Eduardo Siqueira, Nilson Clementino Ferreira, pela disposição de aparelhos e conhecimentos compartilhados.

Ao Laboratório de Ecofisiologia e Ecotoxicologia Aquática do Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos (NEEA), localizado no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) da USP/São Carlos, pela disponibilização dos organismos *Ceriodaphnia dubia*.

À secretaria do curso PPGEMA-UFG/GO Deuzélia Rosa pelo auxílio e atenção.

Ao professor Dr. João Ernandes, pela revisão linguística de partes do trabalho.

Ao Instituto de Química da UFG/GO, em especial, ao Professor Dr. Paulo Sérgio de Souza, pela disponibilização do aparelho de espectrofotometria de absorção atômica.

Aos amigos, companheiros do curso e de trabalho, em especial Kelly Cristine, Lorena Soares, Elaine Franciely, Carlos Henrique, Yara, Keyle, Getúlio, Kátia e Aline.

E a todos que de forma direta ou indireta contribuíram para o desempenho deste trabalho.

RESUMO

As instituições de oncologia trabalham com fármacos de alta capacidade teratogênica, mutagênica e carcinogênica. Os antineoplásicos são denominados como contaminantes emergentes, e o fator preocupante é que de 10 a 50% da quantidade de quimioterápicos inseridos no organismo passam pelo metabolismo humano sem sofrerem alteração. As excretas humanas e despejos incorretos de drogas quimioterápicas são motivos de preocupação devido ao risco potencial que essa categoria de efluente caracteriza para o meio ambiente. No município de Goiânia, as águas residuárias provenientes de instituições oncológicas não recebem tratamento específico, sendo transportadas por redes coletoras até Estações de Tratamento de Esgoto municipais, que não tem capacidade de retirada completa desses contaminantes. Diante do exposto, este trabalho objetiva caracterizar o efluente de duas clínicas de oncologia e compará-los com um efluente de origem doméstica por meio de análises físicas, químicas, microbiológicas e ecotoxicológicas. As análises físicas, químicas e microbiológicas foram escolhidas de forma a contemplar a resolução Conama 430/2011, utilizando a metodologia proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e pela Environmental Protection Agency e as análises ecotoxicológicas foram feitas em dois organismos testes, *Ceriodaphnia dubia*, para análise da toxicidade crônica e aguda, segundo a Norma NBR 13373/2010 e *Allium cepa* para ensaio de citotoxicidade e genotoxicidade, segundo Fiskejö (1985). Como resultado, constatou-se que os efluentes das clínicas de oncologia, apesar de não apresentarem diferenças físicas, químicas e microbiológicas frente ao efluente doméstico, apresentaram alta toxicidade, com mortalidade de 100% em *Ceriodaphnia dubia*, e aberrações de caráter citotóxico e genotóxico em *Allium cepa*, em concentrações na faixa de 6,25% nas análises ecotoxicológicas. O que denota a importância do tratamento deste antes de atingir a rede pública coletora.

Palavras – chaves: efluente, oncologia, caracterização, contaminantes emergentes.

ABSTRACT

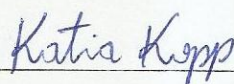
The oncology institutions work with medicines of high capacity teratogenic, mutagenic and carcinogenic drugs. Antineoplastic agents are referred to as emerging contaminants, and the disturbing factor is that 10 to 50% of the quantity of chemotherapeutic inserted into the human body passes by the metabolism without changes. The human excretions and disposal incorrect of anticancer drugs are a concern due because the potential risk that characterizes this category of effluent in the environment. In Goiânia, wastewater from oncological institutions do not receive specific treatment, being carried by collector networks to Municipal Sewage Treatment Stations, which has no ability to withdraw these contaminants. Given the above, this study aims to characterize the effluent from two oncology clinics and compare them with a source of domestic wastewater through physical, chemical, microbiological and ecotoxicological properties. The physical, chemical and microbiological characteristics were chosen in order to consider the resolution CONAMA 430/2011, using the methodology proposed by Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, and the Environmental Protection Agency, and ecotoxicological analyzes were made on two test organisms, *Ceriodaphnia dubia*, second the Norm 13373/2010, for chronic and acute toxicity, and *Allium cepa*, second Fiskejö (1985) for cytotoxicity and genotoxicity. As a result, it was found that the effluent from oncology clinics, although do not present differences in physical, chemical and microbiological tests in front of domestic effluent, showed high toxicity, with 100% mortality in *Ceriodaphnia dubia*, and aberrations of cytotoxic and genotoxic character in *Allium cepa*, at concentrations in the range of 6.25% in ecotoxicological tests. This shows the importance of this treatment before reaching the collecting public.

Keywords: effluent, oncology, characterization, emerging contaminants.

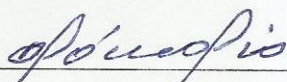
LIDIANE JORGE MICHELINI

**AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E
ECOTOXICOLÓGICA DE EFLUENTES ORIUNDOS DE CLÍNICAS DE
ONCOLOGIA DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA**

Dissertação defendida no Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do grau de Mestre, aprovada em 09 de julho de 2013, pela Banca examinadora constituída pelos seguintes professores:



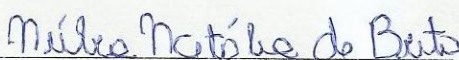
Dra. Katia Kopp
Presidente da Banca



Dr. Cláudio Carlos da Silva



Dr. Eduardo Queija de Siqueira



Dra. Núbia Natália de Brito

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS	xiv
LISTA DE SÍMBOLOS	xvii
INTRODUÇÃO	1
Justificativa	3
OBJETIVOS	4
Objetivo Geral	4
Objetivos Específicos	4
REVISÃO DA LITERATURA	5
Resíduos de Serviços de Saúde: Definição e Classificação	5
Resíduos Genotóxicos	6
Risco das Substâncias Genotóxicas	6
Estabelecimentos Prestadores de Serviços de Oncologia	7
Legislação Específica de Efluentes da Área da Saúde	8
Importância do tratamento dos resíduos líquidos hospitalares e a situação brasileira	9
Ocorrência de drogas citostáticas em efluente e águas superficiais	10
Alternativas de tratamento de efluente hospitalar	11
Influência dos agentes mutagênicos no tratamento convencional de esgotos	13
A avaliação ecotoxicológica em efluentes	13
REFERÊNCIAS	14
COMPARAÇÃO DO EFLUENTE DE INSTITUIÇÕES ONCOLÓGICAS COM EFLUENTE DOMÉSTICO: UMA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA	20
RESUMO:	20

ABSTRACT:	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
Pontos de amostragem.....	23
Coleta das amostras.....	23
Análise físico-química.....	26
Análise microbiológica.....	27
Diluição do esgoto.....	28
Comparação entre pontos amostrais.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
Resultados das análises das amostras simples e amostras compostas.....	28
Avaliação Da Vazão, pH e Temperatura Das Amostras Simples	33
Avaliação das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras compostas.....	36
Considerações sobre a diluição do esgoto	38
Comparação entre os pontos amostrais	39
CONCLUSÃO	42
AGRADECIMENTOS.....	43
REFERÊNCIAS.....	43
APÊNDICE A – Procedimentos de coleta de amostras. (a) Ponto A de coleta Clínica 01; (b) Ponto B de coleta Clínica 02; (c) Ponto C de coleta Edifício residencial; (d) e (e) Tampão; (f) Coleta; (g) e (h) Frascos utilizados para coleta das amostras simples.	46
COMPARAÇÃO DE EFLUENTES PROVENIENTES DE INSTUIÇÕES PRESTADORAS DE SERVIÇOS DE SAÚDE ONCOLÓGICOS E EFLUENTE DOMÉSTICO: UMA AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA.....	48
RESUMO:	48
ABSTRACT:	48
INTRODUÇÃO	49
MATERIAIS E MÉTODOS.....	51

Pontos de amostragem.....	51
Coleta da amostra.....	52
Ensaio com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	54
Ensaio com <i>Allium cepa</i>	55
Análise Estatística	56
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
Ensaio com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	58
Ensaio com <i>Allium cepa</i>	64
CONCLUSÃO.....	68
AGRADECIMENTOS.....	69
REFERÊNCIAS.....	69
APÊNDICE A – Ensaio de toxicidade. (a) e (b) Organismo teste <i>Ceriodaphnia dubia</i> , (c) Cultura de <i>Ceriodaphnia dubia</i> , (d) Teste toxicológico com <i>Ceriodaphnia dubia</i> , (e) Teste citotóxico com <i>Allium cepa</i> , (f) Comparação entre bulbos exposto ao efluente da Clínica 01 e organismo controle, (g) Visualização microscópica com aumento de 10X das células de <i>Allium cepa</i> , (h) Visualização microscópica com aumento de 100X das células de <i>Allium cepa</i>	73
APÊNDICE B – Carta enviada às instituições de oncologia para solicitar a autorização para a realização do estudo.	74
APÊNDICE C – Questionário realizado para o levantamento de dados sobre o funcionamento e medicamentos aplicados nas instituições de oncologia participantes da pesquisa.	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Intervalo de amostragem simples dos efluentes oncológicos coletados em duas clínicas no município de Goiânia, GO.	24
Figura 2: Intervalos de amostras simples do efluente doméstico coletado em um prédio residencial no município de Goiânia, GO.	24
Figura 3: Gráfico da vazão dos pontos A, B e C de acordo com as três repetições para cada ponto e as cinco coletas simples.	33
Figura 4: Gráfico da variação da temperatura (°C) dos pontos A, B e C de acordo com as três repetições para cada ponto e as cinco coletas simples.	34
Figura 5: Gráfico da variação do pH dos pontos A, B e C de acordo com as três repetições para cada ponto e as cinco coletas simples.	35

CAPÍTULO II

Figura 1: Intervalo de amostragem simples dos efluentes oncológicos coletados em duas clínicas no município de Goiânia, Goiás, Brasil.	52
Figura 2: Intervalos de amostras simples do efluente doméstico coletado em um prédio residencial no município de Goiânia, Goiás, Brasil.	53
Figura 3: Representação gráfica em probitos versus concentração da mortalidade observada em uma população de <i>Ceriodaphnia dubia</i> exposta a diferentes concentrações de três efluentes dos Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).	59
Figura 4: Células de <i>Allium cepa</i> ciclo celular após exposição à diversas concentrações de efluentes dos Pontos A, B e C. (a) Células em interfase; (b) Célula binucleada; (c) e (d) Células com micronúcleo; (e) Células em degradação nuclear; (f) Prófase; (g) Metáfase normal; (h) Anáfase normal; (i) Telófase; (j) Anáfase anormal com migração cromossômica; (l) Anáfase anormal; (m) Metáfase anormal.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Produtos genotóxicos mais comumente utilizados em serviços de saúde. Fonte: World Health Organization (2011a).	6
--	---

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categoria dos resíduos hospitalares com descrição e exemplos. Fonte: (PRUSS, et al., 1999).....	5
---	---

CAPÍTULO I

Tabela 1: Local de coleta e data das amostragens de efluentes de clínicas de oncologia e doméstico dos pontos A, B e C realizadas para a comparação física, química e microbiológica no município de Goiânia, Goiás, Brasil.	25
---	----

Tabela 2: Parâmetros físicos e químicos avaliados e metodologia utilizada para análise das amostras de efluentes coletados nos Pontos A, B e C no município de Goiânia, GO.	27
--	----

Tabela 3: Valores de vazão, pH e temperatura coletados das amostras simples de efluentes dos Pontos A, B e C no momento da amostragem, e número de pacientes presentes no momento da coleta nos Pontos A e B.	30
--	----

Tabela 4: Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras compostas de efluentes de clínicas de oncologia, Ponto A e B, e doméstico, Ponto C, coletadas no município de Goiânia, GO.	31
--	----

Tabela 5: Valores de p e r para correlação de Pearson entre os resultados de Vazão da amostra simples e Número de Pacientes no momento da coleta de efluente das clínicas de oncologia, Ponto A e Ponto B.	34
---	----

Tabela 6: Valores médios e desvio padrão dos resultados de pH das amostras simples no momento da coleta para os Pontos A, B e C.	35
---	----

Tabela 7: Valores de p e r para correlação de Pearson entre os resultados de Temperatura e pH no momento da coleta das amostras simples realizadas nos Pontos A, B e C.	35
--	----

Tabela 8: Comparação das concentrações médias dos parâmetros avaliados com valores quantificáveis, após a aplicação da Equação (3) para uma razão de diluição de 100.000:1. ...	38
---	----

Tabela 9: Valores de p resultantes do Teste de Comparação Múltiplas de Kruskal-Wallis. Comparação entre amostras, dos valores quantificáveis, dos pontos A e B, Clínicas 01 e 02, e C, efluente doméstico.	40
---	----

Tabela 10: Valores de p resultantes do Teste de Tukey (Análise de Variância). Comparação entre os valores quantificáveis das amostras dos pontos A e B, Clínicas 01 e 02, e C, efluente doméstico.	41
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1: Local de coleta e data das amostragens de efluentes de clínicas de oncologia e doméstico dos pontos A, B e C realizadas para a comparação física, química e microbiológica no município de Goiânia, Goiás, Brasil.	54
---	----

Tabela 2: Porcentagem de mortalidade da <i>Ceriodaphnia dubia</i> no teste agudo, após exposição de 48h, nas diferentes concentrações de efluente, em diferentes ensaios para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).	58
Tabela 3: Concentração letal mediana (CL50) calculada para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico), e respectivo intervalo de confiança.	60
Tabela 4: Proporções de sobrevivência registradas em ensaios crônicos com <i>Ceriodaphnia dubia</i> em diferentes concentrações nos Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico) amostrados na cidade de Goiânia, Goiás, Brasil.	61
Tabela 5: Valores de α bilateral resultantes do teste não paramétrico exato de Fisher da comparação da sobrevivência de <i>Ceriodaphnia dubia</i> , no teste crônico, entre o controle e as diferentes concentrações para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).	61
Tabela 6: Conclusão da análise estatística do teste paramétrico de Dunnett, de acordo com a comparação entre a sobrevivência média, no teste crônico de <i>Ceriodaphnia dubia</i> , do controle e as diferentes concentrações nos Pontos A, B e C.	62
Tabela 7: Cálculo da CENO e CEO pelo teste paramétrico de Dunnett para os Pontos A, B e C no teste de sobrevivência de toxicidade crônica utilizando o organismo <i>Ceriodaphnia dubia</i>	62
Tabela 8: Média de jovens reproduzidos por organismos sobreviventes, em cada ponto amostrado, no teste de toxicidade crônica com <i>Ceriodaphnia dubia</i>	63
Tabela 9: Valores de p resultantes do teste paramétrico de Dunnett de variância da comparação de reprodução de <i>Ceriodaphnia dubia</i> , entre o controle e as diferentes concentrações para os Pontos A, B e C, com intervalo de confiança de 95%.	64
Tabela 10: Resultados médios do número de prófase, metáfase, anáfase, telófase, intérfase e porcentagem média do índice mitótico e aberrações, das análises com organismo teste <i>Allium cepa</i> para as diversas concentrações nos Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).	65
Tabela 11: Resultados do valor de “r Pearson” e “p” para correlação das porcentagens de aberração e índice mitótico com a concentração da solução teste, para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).	66
Tabela 12: Resultados do valor de “p” no teste de variância não paramétrico Kruskal-Wallis e Student-Newman-Keuls, entre o controle e as diversas concentrações de solução teste, das aberrações e índice mitótico para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).	66

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

$\mu\text{g.L}^{-1}$ – micrograma por litro

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AMIL – Assistência Médica Internacional

ANA – Agência Nacional das Águas

ANOVA – Análise de variâncias

Art. - Artigo

ASCEF – Associação Pessoal Caixa Econômica Federal

ASSEFAZ – Associação Assistencial dos Servidores do Ministério da Fazenda

ASTIR – Associação Tiradentes dos Policiais Militares e Bombeiros Militares do Estado de Rondônia

atendimento/dia – atendimento por dia

BioEstat – Programa de Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biomédicas

CAISM – Centro de Atendimento Integral à Saúde da Mulher

CAPESAÚDE – Caixa de Previdência e Assistência dos Servidores da Fundação Nacional de Saúde

CE – Ceará

CELG MED – Caixa de Assistência à Saúde dos Empregados da Celg

células/mL – células por mililitro

CENO – Concentração de Efeito Não Observado

CEO – Concentração de Efeito Observado

CL – Concentração Letal

CL50 – Concentração Letal Mediana

cm – centímetro

CN – Controle Negativo

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

CRHEA – Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DNA – Ácido desoxirribonucleico

DQO - Demanda Química de Oxigênio

EEC – Escola de Engenharia Civil

EPA – Environmental Protection Agency

Fe – Ferro dissolvido

FUSEX – Assistência Médico-Hospitalar à Família Militar

g.d^{-1} – grama por dia

GEAP – Fundação de Seguridade Social

GO – Goiás

h – horas

HUM – Hospital Universitário de Maringá

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IC – Intervalo de Confiança

IM – Índice Mitótico

IMAS – Instituto de Assistência à Saúde e Social dos Servidores Municipais de Goiânia

IPASGO – Instituto de Assistência dos Servidores Públicos de Goiás

KW – Kruskal Wallis

L.s^{-1} – litros por segundo

LAQUAMA – Laboratório de Qualidade das Águas e Monitoramento Ambiental

litros/leito/dia – litros por leito por dia

litros/pessoa/dia – litros por pessoa por dia

LQ – Limite de Quantificação

m^2 – metros quadrados

m^3 – metros cúbicos

$\text{m}^3.\text{mês}^{-1}$ – metros cúbicos por mês

mg.L^{-1} – miligrama por litro

min – minutos

mL – mililitro

$\text{mL}.\text{(L.h)}^{-1}$ – mililitro por litro por hora

mL.s^{-1} – mililitros por segundo

mm – milímetros

Mn – Manganês Total

N – normal

NBR – Denominação de Norma da ABNT

NEEA – Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos

ng.L^{-1} – nanograma por litro

NMP.100mL^{-1} – Número mais provável por 100 mililitros

nº - Número

NR – Não regulamentado

°C – graus Celcius

ONU – Organização das Nações Unidas

p – p valor

pg.L⁻¹ – picograma por litro

pH – Potencial Hidrogeniônico

PLANMED – Plano de Saúde São Francisco

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PPGEMA – Programa de Pós Graduação *Strictu Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente

RS – Rio Grande do Sul

RSS – Resíduo de Serviço de Saúde

SABESP – Companhia de Saneamento Básico de São Paulo

SLAM – Santa Luzia Assistência Médica

SANEAGO – Companhia de Saneamento de Goiás, S. A.

SM - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

SUS – Sistema Único de Saúde

THF – Tetrahidrofuran

UFG – Universidade Federal de Goiás

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

USP – Universidade de São Paulo

Zn – Zinco Total

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Porcentagem

§ – Parágrafo

< – menor

σ – Desvio Padrão

$\pm$ – mais ou menos

- – menos

INTRODUÇÃO

A preocupação com o consumo e falta de água é um assunto de elevada importância que vem sendo levantado por décadas. Muitas pesquisas e estudos foram publicados a respeito e continuam sendo desenvolvidos. Contudo, quando se trata de água, o ponto final é o mesmo: após sua utilização e retorno ao ambiente natural, a mesma não pode comprometer usos futuros, tanto privados quanto públicos. Além do que, a contaminação da água deve receber atenção da comunidade científica, já que sua qualidade tem piorado gradativamente (EDVALT, 2005).

Atualmente, estima-se que pessoas morrem mais por problemas relacionados à água do que de outras formas como violência, inclusive as guerras. Estas mortes são uma afronta para humanidade e seus esforços de desenvolvimento econômico. Quando a Secretária Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) lançou a década da ação internacional “Água para vida”, compreendida entre 2005 e 2015, seu principal objetivo era garantir e conectar assuntos de melhoria da qualidade de vida infantil, aumento da expectativa de vida, desenvolvimento sustentável e ampliação do acesso à comida e água de boa qualidade (ONU, 2010). Por isso, a conservação da qualidade da água não pode ser menosprezada, faz-se necessário a união de comunidade, governo e empresas públicas e privadas para garantir que este recurso continue em sua melhor forma, ou seja, potável.

Neste sentido, é importante que se dê atenção aos problemas gerados por efluentes. Estes resíduos sem o tratamento apropriado geram impactos profundos ao meio ambiente, tais como: poluição de rios, geração de gases e odores desagradáveis, proliferação de pestes e doenças em grandes centros urbanos, além da contaminação por metais nocivos e substâncias organocloradas que podem ocasionar efeitos de bioacumulação nos organismos e, fatalmente, no ser humano com o decorrer da cadeia alimentar. Vale lembrar que, além de rios e lagos, os lençóis subterrâneos também podem ser contaminados por meio da infiltração ou reservatórios de águas residuárias, ocasionando, com isso, contaminação de pessoas e animais que fazem uso desta água em poços ou minas (EDVALT, 2005).

Quando o assunto são fontes poluidoras, as indústrias, a agricultura, o setor de mineração e os aglomerados urbanos estão sempre no topo da listagem de contaminação e recebem maior atenção. No entanto, assuntos pouco explorados, como os resíduos hospitalares, permanecem em parcial esquecimento. Os centros de saúde eliminam grandes volumes de resíduos líquidos contaminados com matéria orgânica, incluindo antibióticos, medicamentos, excretas e secreções humanas contaminadas por diferentes tipos de microrganismos e substâncias patogênicas (ORTOLAN, 1999). Portanto, no quesito poluidor,

estes efluentes constituem um risco potencial, tanto quanto os demais e maior no que se traduz em impacto para saúde pública.

Outro fator de importância é o volume de resíduos líquidos gerados. Num hospital, uma pessoa gera muito mais resíduos do que no uso doméstico. Isso pode ser comprovado pelo consumo de água: o uso doméstico de água do brasileiro pode chegar a mais de 200 litros/pessoa.dia (SABESP, 2012), enquanto em um hospital varia entre 400 a 1200 litros/leito.dia (DELOFFRE-BONNAMOUR, 1995), sendo que na França estima-se a utilização de 750 litros/leito.dia (CCLIN, 1999).

A produção deste tipo de resíduo depende de diversos fatores: o método de gestão existente, os tipos de cuidados de saúde prestados, as especializações existentes no local de atendimento, a quantidade de material utilizado, a origem e nocividade das substâncias das quais é feito uso e o número de pacientes por dia que recebem atendimento (TAVARES; BARREIROS, 2004). Nesse aspecto é importante ressaltar que existem inúmeros tipos de clínicas que prestam variadas formas de atendimento, e que não possuem um sistema de tratamento prévio de efluentes para lançamento na rede coletora de esgoto. Uma dessas divisões são as clínicas de oncologia, que trabalham com substâncias genotóxicas e citotóxicas, substâncias com propriedades altamente mutagênicas, teratogênicas e carcinogênicas (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

Neste sentido, este trabalho visa levantar dados bibliográficos sobre os resíduos de serviços de saúde, legislações específicas e alternativas de tratamento, dando ênfase aos resíduos genotóxicos e seus impactos no tratamento convencional de esgotos, como primeira parte do trabalho. Essa revisão da literatura, já transformada em artigo, foi enviada em outubro de 2012, sujeita a avaliação, para a revista Engenharia Sanitária e Ambiental.

Além disso, em continuidade ao estudo, este trabalho objetivou caracterizar os efluentes provenientes de instituições de oncologia e compará-los com o efluente de origem doméstica. No primeiro capítulo, foram abordadas avaliações de âmbito físico, químico e microbiológico de acordo com a legislação CONAMA 430/2011. No segundo capítulo, foram relatadas experiências ecotoxicológicas utilizando dois grupos de organismos: *Ceriodaphnia dubia* para caracterização da toxicidade crônica e aguda e *Allium cepa* para análise de genotoxicidade e citotoxicidade em diversas concentrações de efluentes num mesmo tempo de exposição.

Justificativa

A pesquisa sobre efluentes de clínicas de oncologia é de extrema importância pela falta de conhecimento sobre os efeitos que os quimioterápicos podem vir a causar no meio ambiente. Centros de oncologia lidam com radioterapia e quimioterapia, técnicas altamente nocivas ao organismo, cujos princípios envolvem elementos citotóxicos e genotóxicos na sua composição. Estes tipos de substâncias podem afetar o desenvolvimento das células tanto em animais quanto em plantas, e são altamente prejudiciais, pois podem induzir danos no DNA das células dos organismos expostos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

Quando submetidas ao organismo para tratamento do câncer, os antineoplásicos passam pelo metabolismo sem sofrer alteração numa quantidade de 14 a 53% (SANDERSON *et al.*, 2004) Além de presente nas excreções humanas, se houver o despejo inadequado dessas substâncias, há grande possibilidade de risco para o meio ambiente.

Apesar das clínicas de oncologia do município de Goiânia lançarem as águas residuárias na rede coletora, que por fim, possui tratamento primário de efluentes, esse tratamento não é suficiente para inativar os quimioterápicos e eles acabam por alcançar os mananciais superficiais em torno da cidade, gerando possíveis riscos de bioacumulação e alteração do habitat aquático.

Dessa forma faz-se necessário investigar a composição físico-química, microbiológica e potencial de ecotoxicidade dos resíduos gerados por este tipo de serviço. Por meio dessa caracterização será possível determinar se há ou não necessidade de um tratamento prévio dos efluentes das clínicas de oncologia antes do lançamento na rede coletora de esgoto, e se há grande diferenças do efluente das clínicas em comparação com o efluente doméstico.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi realizar uma avaliação físico-química, microbiológica e ecotoxicológica de efluentes de duas clínicas de oncologia de Goiânia, com o intuito de analisar os potenciais riscos ambientais da disposição sem tratamento prévio desses efluentes.

Objetivos Específicos

Os objetivos específicos foram:

- Pesquisar e aplicar questionários a fim de traçar um panorama quanto capacidade de atendimento, tamanho e quantidade de efluentes gerados pelas clínicas de oncologia, bem como, atividades potenciais geradoras de impactos.
- Caracterizar os efluentes das clínicas de oncologia em termos físicos, químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos, bem como caracterizar, nos mesmos termos, o efluente doméstico;
- Comparar a caracterização dos efluentes de clínicas de oncologia com o efluente doméstico em termos físico, químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos e verificar possíveis diferenças;
- Analisar os possíveis impactos ambientais gerados por esse tipo de efluente, com base nas análises realizadas.

REVISÃO DA LITERATURA

Resíduos de Serviços de Saúde: Definição e Classificação

Resíduos de serviço de saúde incluem todos os tipos de resíduos gerados por estabelecimentos de serviço de saúde, instalações de pesquisa e laboratórios. Incluem também resíduos de fontes menores ou dispersas – como as produzidas por cuidados de saúde feitos em casa (diálises, injeções de insulina, etc...) (PRÜSS *et al.*, 1999).

Do total de resíduos gerados por atividades de serviço de saúde, aproximadamente 80% são comparáveis ao lixo doméstico em sua composição. Esses resíduos são provenientes das funções administrativas, das cantinas, das lavanderias, embalagens de materiais e outras substâncias que não necessitam de cuidados especiais no seu manuseamento ou que não constituem risco para o homem e ambiente. Os outros 20%, aproximadamente, são considerados materiais de risco biológico e potencialmente infecciosos, tóxicos ou radioativos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2007).

De acordo com Prüss *et al.* (1999) os resíduos hospitalares podem ser classificados como: resíduos infecciosos, patológicos, genotóxicos, químicos, radioativos, farmacêuticos, perfuro-cortantes, com grande quantidade de metais e recipientes pressurizados. A Tabela 1 oferece descrições e exemplos de cada um desses tipos de resíduos.

Tabela 1: Categoria dos resíduos hospitalares com descrição e exemplos. Fonte: (PRUSS, et al., 1999)

Categoria do resíduo	Descrição e Exemplos
Resíduo Infeccioso	Resíduos suspeitos de conter patógenos. Cultura de laboratórios, resíduos de áreas de isolamento, tecidos, materiais ou equipamentos que tenham tido contato com pacientes infectados, excreções.
Resíduos Patológicos	Tecidos humanos ou fluidos. Partes do Corpo, sangue ou outros resíduos corporais.
Afiados	Resíduos afiados. Agulhas, equipamentos de infusão, bisturis, facas, vidro quebrado, lâminas.
Resíduos Farmacêuticos	Resíduos contendo substâncias farmacêuticas: Remédios que expiraram o prazo de validade, item contaminados por substâncias farmacêuticas (garrafas ou caixas).
Resíduos Genotóxicos	Resíduos contendo substâncias com propriedades genotóxicas: Resíduos contendo drogas citostáticas (utilizadas no tratamento do câncer), químicos genotóxicos.
Resíduos Químicos	Resíduos contendo substâncias químicas: Reagentes de laboratório, desinfetantes que tem o prazo de validade expirado ou não são mais necessários, solventes.
Resíduos com Alta Concentração de Metais Tóxicos	Baterias, termostatos quebrados, bitolas de pressurização do sangue.
Recipientes pressurizados	Cilindros de gás, canos de aerosol, cartuchos de gás.
Resíduos radioativos	Resíduos que contenham substâncias radioativas: Líquidos de radioterapia ou de laboratórios de pesquisa, vidros contaminados, pacotes, papéis de absorção, urina e excreções de pacientes tratados ou testados com substâncias radioativas, fontes seladas.

Resíduos Genotóxicos

Os resíduos genotóxicos são os que possuem maior risco biológico devido as suas propriedades mutagênicas, teratogênicas e carcinogênicas. Isto levanta sérios problemas de segurança, tanto dentro do hospital quanto no momento da disposição. Resíduos genotóxicos incluem certas drogas citostáticas, vômito, urina e fezes de pacientes tratados com drogas citostáticas, químicos ou materiais radioativos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011a).

Drogas citotóxicas (ou antineoplásicas), a principal substância nessa categoria, tem o potencial de matar ou parar o crescimento de certas células vivas que podem ser usadas na quimioterapia do câncer. Elas tem um importante papel terapêutico na aplicação de vários neoplásicos, mas também atuam em agentes imunossuppressores do organismo e no tratamento de várias doenças com bases imunológicas. Drogas citostáticas são mais amplamente utilizadas em departamentos especializados como unidades de oncologia e radioterapia, com intuito de tratamento ao câncer. Contudo, seu uso em outras unidades hospitalares está crescendo e também há indícios de utilização fora do hospital (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011a). As substâncias genotóxicas mais utilizadas estão listadas no Quadro 1.

Quadro 1: Produtos genotóxicos mais comumente utilizados em serviços de saúde. Fonte: World Health Organization (2011a).

Classificados como carcinogênicos	
Químicos	Benzeno
Citotóxicos e outras drogas	Azatiopramina, clorambutila, cloronafazina, ciclosporina, ciclofosfamida, melfanalo, simustina, tamoxifeno, thiotepa, treosulfano.
Classificados como possíveis carcinogênicos	
Citotóxico e outras drogas	Azactidina, bleomicina, carmustina, cloramfenicol, clorozotocina, cisplatina, dacarbazina, daunorubicina, dihidroximetilfuratrizina (Panfuran não é mais utilizado), doxorubicin, lomustina, metiltiouracil, metronidazole, mitomycin, nafenopin, niridazole, oxazepam, fenacetin, fenobarbital, fenitoinprocarbazina hidrocloreata, progesterona, sarcolysin, streptozocin, triclormetina.

Risco das Substâncias Genotóxicas

A severidade dos riscos biológicos para os trabalhadores do serviço de saúde responsáveis pelo manuseio e disposição dos resíduos genotóxicos é definida pela combinação de substâncias tóxicas expostas e a extensão e duração da exposição. Exposição a substâncias genotóxicas pode ocorrer durante a preparação ou tratamento com as drogas. Os caminhos de exposição são por inalação de partículas aerossolizadas, absorção através da pele, ingestão acidental de contaminantes com drogas citostáticas, químicos, e a ingestão

resultante de práticas laboratoriais erradas, como pipetar com a boca. Exposições podem também ocorrer através de fluidos corporais contaminados provenientes de excreções de pacientes que passaram por quimioterapia (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

A citotoxicidade de muitas drogas antineoplásicas é imposta por um ciclo celular específico, que tem como alvo processos intracelulares específicos como a síntese de DNA e mitose. Outros antineoplásicos, como agentes alquilados, não são específicos, mas a citotoxicidade pode atingir qualquer ponto do ciclo celular (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011b).

De acordo com Rocha *et al.* (2004) a manipulação incorreta de quimioterápicos antineoplásicos pode provocar danos a saúde dos trabalhadores, como mutagenicidade, infertilidade, aborto e malformações congênitas, disfunções menstruais e sintomas imediatos como tonturas, cefaléia, náusea, alterações de mucosas e reações alérgicas. Neste mesmo estudo, os autores verificaram que as práticas adotadas pelos trabalhadores de enfermagem durante a manipulação de antineoplásicos, os expõem à grande risco de contato direto das drogas e inalação de partículas aerossolizadas, além de favorecer a contaminação do ambiente de trabalho. Já num estudo desenvolvido por Xelegati *et al.* (2006) os enfermeiros relataram alterações sanguíneas nos trabalhadores do hospital e atribuíram o fato as drogas antineoplásicas.

Estabelecimentos Prestadores de Serviços de Oncologia

São muitas as unidades de terapia contra o câncer no Brasil. Estabelecimentos cada vez maiores que se superam a cada dia em questões tecnológicas para atender a população, sejam de caráter público e privado. Um estudo feito em São Paulo em 2009 mostra a necessidade de aumento de 4,6 vezes na atual oferta de leitos de cirurgia oncológica para garantir assistência integral a todos os casos de câncer que buscam atendimento no SUS. Visto isto é esperado que o número de clínicas com serviços oncológicos aumente (GOMES JUNIOR; ALMEIDA, 2009).

Esses estabelecimentos, assim como hospitais de maior porte, possuem legislação própria voltada, basicamente, para as questões de saúde e bem estar do usuário. Contudo, são pouco servidos de legislações que tratam de assuntos ambientais. Deste ponto de vista, é possível verificar o tema no Código Nacional de Saúde, Decreto Federal nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961, no capítulo IV que versa sobre saneamento. Esse decreto regulamenta, sob

a denominação de Código Nacional de Saúde, a Lei 2.312, de 3 de setembro de 1954, de Normas Gerais sobre Defesa e Proteção da Saúde (BRASIL, 1961).

Neste documento é clara a preocupação com o tema, como pode ser verificado no artigo 37:

Art. 37 – As águas residuárias de qualquer natureza, quando por suas características físicas, químicas ou biológicas, alterarem prejudicialmente a composição das águas receptoras, deverão sofrer prévio tratamento.

§ 1º O lançamento de águas residuárias de qualquer natureza em águas receptoras ou áreas territoriais, somente é permitido quando não prejudicial à saúde humana e à ecologia.

§ 2º A administração local dentro de sua jurisdição será diretamente responsável pela contaminação ou poluição de águas receptoras ou de áreas territoriais conseqüente ao lançamento de resíduos sem prévio pronunciamento a autoridade sanitária competente não excluía a responsabilidade de terceiros.

Legislação Específica de Efluentes da Área da Saúde.

A legislação para esta área é bem provida quando o assunto é resíduo sólido hospitalar (Resíduo de Serviço de Saúde). É possível encontrar resoluções e decretos, federais e estaduais, que versam sobre resíduo sólido, inclusive conceituando-os e caracterizando-os (EVALDT, 2005). Um exemplo é a resolução CONAMA nº 358 de abril de 2005, que dispõe sobre o tratamento e a disposição final de resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências (BRASIL, 2005).

No aspecto que tange efluente, a legislação que agrega em seu conteúdo regras para disposição de efluentes hospitalares é resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 (BRASIL, 2011), que dispõe sobre as condições padrões de lançamento de efluentes. Nesta legislação a preocupação com monitoramento do efluente hospitalar fica em evidência no Art. 16, § 3º, que trata do seguinte aspecto:

§ 3º Os efluentes oriundos de serviços de saúde estarão sujeitos às exigências estabelecidas na Seção III desta Resolução, desde que atendidas as 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.

Importância do tratamento dos resíduos líquidos hospitalares e a situação brasileira

O resíduo líquido hospitalar caracteriza-se como possível veículo de disseminação de uma enorme variedade de microrganismos patógenos além de apresentar grande concentração de antibióticos e outros fármacos poluidores e de difícil tratamento (AUGUSTINHO; FERREIRA, 2004). Esta qualidade e quantidade de fármacos, presentes nos efluentes hospitalares em relação aos efluentes domésticos, caracterizam fontes pontuais que merecem tratamento específico e separado (MARTINS, 2012).

Quando o tratamento adequado não ocorre, são graves as contaminações de mananciais de água potável, tanto superficiais quanto subterrâneos e podem representar enorme risco à saúde pública ao atingir o sistema de abastecimento (AUGUSTINHO; FERREIRA, 2004).

No Brasil existiam em 1995 mais de 30 mil unidades de saúde que produziam resíduos. E naquele ano foi verificado que na maioria das cidades além de não haver tratamento, a questão do gerenciamento de resíduos do serviço de saúde estava mal resolvida (FERREIRA, 1995). Quase 10 anos depois, ainda não havia uma estimativa precisa a respeito do número de geradores de resíduos de saúde, a causa deste quadro foi atribuída às condições precárias de gerenciamento de resíduos (GARCIA; RAMOS, 2004).

Atualmente, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a estimativa é que 1% do total de 259.547 toneladas de lixo gerados por dia no país seja correspondente aos resíduos de serviço de saúde. Sendo que dos 5.564 municípios brasileiros, 4.469 realizam coleta de resíduos sólidos de serviços de saúde e desses, somente 2.358 tem locais para disposição desses resíduos (IBGE, 2010). Sendo que, de acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico, de onde foram coletados os dados de resíduos sólidos, não há dados sobre a geração de efluentes hospitalares.

Um diagnóstico levantado por Vecchia *et al.* (2009) para identificar quantos estabelecimentos no Brasil são dotados de instalações próprias para tratamento de esgoto hospitalar, revelou que o “comportamento típico de autopreservação” permitiu somente que 6,3% dos hospitais consultados respondesse ao questionário e desses somente três instituições possuíam um sistema de tratamento adequado. Nesta pesquisa foram enviados questionários para hospitais de todas as regiões brasileiras, totalizando 127 mensagens eletrônicas aos principais estabelecimentos que se enquadravam na categoria mínima de 200 leitos. Os autores concluíram que devido à carência de dados sobre o tema e da falta de saneamento de fato, é necessária uma discussão mais ampla e que possibilite a implantação de normas e de um conjunto de práticas que se apliquem especificamente ao caso do esgoto hospitalar no

Brasil. Ainda, segundo os autores, o tema hoje é mantido “à margem das políticas públicas e de regulamentação específica”.

Esse comportamento também já foi evidenciado por Michelinini *et al.* (2012), que ao realizar um estudo sobre efluentes gerados por clínicas de oncologia da cidade de Goiânia, Goiás, conseguiram a parceria inicial de apenas três instituições das 16 em que foram feitos contatos e pedidos para parceria com o projeto. Dessas três, os autores relataram a desistência de uma das clínicas. Este fato confirma a autopreservação das instituições brasileiras de serviço de saúde e a dificuldade dos pesquisadores de levantarem estudos sobre a temática em questão.

Esta situação não difere muito em regiões específicas do Brasil. Como por exemplo, na região nordeste, especificamente na cidade de Fortaleza (CE) onde apenas 37,5% dos hospitais públicos e 25% dos particulares elaboraram o Plano de Gestão de Resíduos de Serviços de Saúde; o restante não tem ou está em fase de preparação. Esta investigação foi feita em 2004 com base na legislação vigente daquele ano. Os autores afirmam que é uma situação que, provavelmente, acontece em grande parte das cidades do país (MOURA; AGUIAR, 2005).

Ocorrência de drogas citostáticas em efluente e águas superficiais

É verificável a preocupação decorrente da ineficiência das estações de tratamento de esgoto para remoção dos chamados contaminantes emergentes, como fármacos, hormônios e produtos de cuidado pessoal. Segundo Martins (2012), essas substâncias estão sendo encontradas em todos os compartimentos ambientais, e isso ocorre devido aos sistemas de tratamento de esgoto não garantirem a completa remoção desses microcontaminantes.

Um exemplo é o estudo de Billa e Dezotti (2003), que demonstra a variedade de fármacos que são encontrados em águas superficiais, envolvendo analgésicos, antibióticos, anti-inflamatórios, hormônios e bloqueadores em concentrações na faixa de $\mu\text{g.L}^{-1}$ a ng.L^{-1} , além de citar a grande necessidade de pesquisas que envolvam este tema com o intuito de traçar os riscos ambientais decorrentes da presença dessas substâncias em águas superficiais.

Drogas citostáticas como isofamida e ciclofosfamida já foram encontradas em águas superficiais da Suíça. Estes dois compostos são utilizados como quimioterápicos contra câncer e no tratamento de doenças autoimunes. Por meio da utilização de um método analítico ultra sensível baseado na extração sólida e cromatografia líquida, foi possível constatar a presença da isofamida e ciclofosfamida em faixas de 50 a 170 pg.L^{-1} . Entretanto não foi

possível traçar uma avaliação de risco ambiental pois, análises toxicológicas com essas drogas foram relatadas apenas na faixa de mg.L^{-1} (BUERGE, et al. 2006).

Efluentes gerados por estabelecimentos onde há grande número de pacientes oncológicos também apresentam grande quantidade de substâncias genotóxicas. Uma análise de efluente de um importante hospital suíço resultou em emissões de 255 a 1250 g.d^{-1} dos medicamentos fluorouracila, gemcitabina e difluorodeoxiuridina, proveniente de grandes quantidades de medicamentos administrados em pacientes por dia (WEISSBROD *et al.*, 2009).

Cada vez mais as drogas antineoplásicas tem sido assunto principal de estudos em determinação da concentração em águas superficiais ou esgotos. Como por exemplo, a própria fluorouracila, que já possui um método validado para determinação de concentração utilizando cromatografia gasosa proveniente de efluente hospitalar (MULLOT *et al.*, 2009). Ou ainda, a ciclofosfamida e epirubicina que foram extraídas tanto pelo método analítico de extração sólida com limites de detecção de 0,35 a $2,77 \text{ ng.L}^{-1}$, quanto pelo método de injeção direta em cromatografia de alta resolução com limites de detecção de 3,1 a 81 ng.L^{-1} (CANELA *et al.*, 2012).

Alternativas de tratamento de efluente hospitalar

Para o tratamento deste tipo de efluente podem ser utilizadas uma gama de alternativas de tratamento, entre elas o processo eletroquímico (BRATFICH, 2011) e o processo oxidativo avançado (TACCHINI, 2011), processos que já estão em uso no Brasil. O processo eletroquímico consiste na instalação de eletrodos que atendam a vazão do hospital e aplicação de corrente no efluente. Quando aplicada no esgoto sanitário proveniente do Centro de Atendimento Integral à Saúde da Mulher – CAISM, unidade hospitalar anexa ao Hospital das Clínicas da UNICAMP, os resultados foram excelentes, promovendo a inativação da patogenicidade da solução em 10 minutos.

Já o processo oxidativo avançado utilizado no hospital Tacchini, situado em Bento Gonçalves (RS), consta de três fases: o sistema primário, secundário e terciário. O sistema primário é composto de dois pequenos tanques onde ocorre a separação mecânica e coleta de sólidos grosseiros que são lançados junto com o efluente; no sistema secundário ocorre a homogeneização para evitar variações bruscas na qualidade do efluente; e por último no sistema terciário ocorre a oxidação por ação do oxigênio num tanque de aeração forçada.

Outra alternativa é a utilização de ozônio, num processo de oxidação avançada, para tratamento de efluentes líquidos. Uma das características mais marcantes desse tipo de tratamento é o fato de ser um forte oxidante e não possuir riscos poluidores quando utilizado da maneira correta como mostra o estudo de Souza e Pantaleão (2008).

Para realização do trabalho os autores utilizaram o efluente hospitalar sem tratamento coletado no Hospital Universitário de Maringá – HUM e submeteram ao processo de tratamento com ozônio. Os pesquisadores recomendaram o uso de um tratamento físico, como a filtração por membrana, com o intuito de retirar a matéria orgânica e melhorar a ação da reação com ozônio, bem como, o controle do pH para o nível ótimo dessa reação (SOUSA; PANTALEÃO, 2008).

Além do ozônio, outro tipo de substância em estudo para utilização no tratamento de efluente hospitalar é o ferrato (IV). Segundo um estudo de Cantelli e Monteggia (2003), este composto é uma excelente alternativa para o tratamento prévio de efluentes hospitalares, pois atua tanto na desinfecção bacteriológica quanto na precipitação do material orgânico.

Neste trabalho os autores utilizaram amostra de efluente bruto coletado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre e realizaram testes com três dosagens de ferrato de potássio sob um experimento fatorial fracionado. Após o tratamento as amostras apresentaram alta desinfecção, principalmente para coliformes totais e total inativação de *Escherichia coli*. Contudo não houve remoção de nitrogênio nem fosfatos, outro agravante é que a concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DQO) também não foi alterada significativamente. A utilização deste tipo de elemento para tratamento de efluentes hospitalar deve ser combinada com outros métodos para que haja total desinfecção do material (CANTELLI; MONTEGGIA, 2003).

Alternativa de tratamento para efluente hospitalar oncológico

O efluente hospitalar de estabelecimentos de oncologia, além de apresentar riscos equivalentes aos hospitais comuns, apresenta ainda, substâncias de caráter mutagênico em sua composição. Este fato caracteriza risco ainda maior do que efluentes gerados por estabelecimentos de saúde que não trabalham com antineoplásicos. Por isso, o tratamento deste efluente deve ser voltado para remoção de substâncias genotóxicas.

Com este pensamento, Mahnik *et al.* (2007) investigaram o efluente gerado pelo hospital da Universidade de Vienna na Áustria. Primeiramente foi feito a determinação das taxas de concentração de quatro agentes quimioterápicos presentes no efluente: fluorouracila,

doxorubicina, epirubicina e daunorrubicina. Em seguida, o efluente foi submetido a tratamento em biorreator de membranas. Como resultado, foi alcançada uma remoção de 90% dos componentes estudados na fase líquida.

Outro estudo realizado na Itália, também utilizando o biorreator de membranas, alcançou uma remoção de 80% por meio de vários estudos de condições de operação. Os autores afirmam a confiabilidade do processo de tratamento utilizando essa metodologia (ALBASI *et al.*, 2009).

Influência dos agentes mutagênicos no tratamento convencional de esgotos

Ainda são poucos os estudos sobre a influência dos agentes mutagênicos no tratamento convencional utilizados em estações de tratamento de esgoto, tais como os tratamentos biológicos e físico-químicos. Um estudo feito por Wang e Peng (2003) demonstra que quando adicionado o composto mutagênico tetrahidrofuran (THF) em um sistema com digestão anaeróbia é observado a inibição bacteriana e redução da produção de gás quando é alcançada uma concentração de 200mg.L^{-1} do composto. Este fato demonstra que a presença desse agente mutagênico causa impactos ao tratamento convencional. Entretanto ainda é necessário mais estudos quanto à influência de outros agentes ou ainda, de um conjunto de agentes.

A avaliação ecotoxicológica em efluentes

As avaliações ecotoxicológicas permitem avaliar a toxicidade de agentes químicos, por meio de ensaios com organismos representativos, e avaliar os danos ocorridos em diversos sistemas, bem como, prever após a contaminação e os possíveis impactos futuros (ZAGATO; BERTOLETTI, 2008), o que não é possível utilizando somente as análises físico-químicas.

São utilizados inúmeros organismos para avaliação ecotoxicológica, dependendo do tipo de contaminante e habitat a ser estudado. Na avaliação de efluentes pode ser utilizado o microcrustáceo *Ceriodaphnia dubia*, esse organismo de água doce é facilmente encontrado em águas continentais e tem o tamanho de 0,8 mm a 0,9 mm. Possui um corpo coberto por uma carapaça transparente e um olho evidente, sensível a variações de intensidade da luz. Estes organismos possuem longas antenas responsáveis pelo impulso natatório para frente, e são filtradores, alimentando-se de algas, bactérias e detritos orgânicos. Por esse motivo são

bons indicadores de toxicidade em ambientes aquáticos. Na análise com *Ceriodaphnia dubia* é possível avaliar a toxicidade crônica e aguda de diferentes tipos de contaminantes líquidos, em diferentes concentrações, isso permite avaliar tantos os efeitos em curto quanto em longo prazo. Bem como, é possível quantificar as concentrações letais e aquelas que afetam os organismos em diferentes graus (CETESB, 1997).

Outro tipo de organismo, que pode ser utilizado na avaliação ecotoxicológica de efluentes, é o *Allium cepa*. Esse organismo é utilizado para avaliar a citotoxicidade de diversas concentrações de contaminantes líquidos. Nessa análise é possível avaliar a germinação das sementes, a taxa de crescimento radicular e análise microscópica do índice mitótico e aberrações nas fases mitóticas. É considerada importante e de ampla abordagem, pois a avaliação microscópica das fases mitóticas pode ser ampliada para diferentes organismos, já que a maioria dos mesmos passa pela mesma fase de divisão celular (FISKEJÖ, 1985).

REFERÊNCIAS

- ALBASI, C.; DELGADO, L. F.; DORANDEU, C. FAUCET-MARQUIS, V.; MARION, B.; PFOHI-LESZKOWICZ, A. *Cytotoxicity and cytostatic drug removal in a membrane bioreactor from wastewater*, In: 2nd International Congress on Freen Process Engineering, 2nd European Process Intensification Conference, Venesa, Italia, 14-17 de junho, 2009.
- AUGUSTINHO L.; FERREIRA A. *Impactos ambientais dos efluentes líquidos hospitalares no rio Paraguai, Cáceres, MT*. In: V Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá, 2004.
- BILLA, D. M. DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente, *Química Nova*, v. 26, n 4, p. 523-530, 2003.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução n° 430*, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> , acesso em: 28 jun. 2011.
- BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução n° 358*, de 29 de abril de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>>, acesso em: 29 jun. 2011.
- IBGE, (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Ciência (IBGE), *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico: 2008*, Rio de Janeiro, 2010.

BRASIL, Senado Federal, *Decreto nº 49.974-A, de 21 de janeiro de 1961*, disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaTextoIntegral.action?id=160292>>, acesso em: 29 jul. 2011.

BRATFICH, O. J. Inovação tecnológica em pequenas empresas: Fases I e II – 12º Edital, FAPESP, disponível em: <<http://watson.fapesp.br/PIPEM/Pipe12/engsan1.htm>>, acesso em: 25 jul. 2011.

BUERGE I. J.; BUSER, H.; R. POIGER T.; MÜLLER, M. D. Occurrence and fate of the cytostatic drugs cyclophosphamide and ifosfamide in wastewater and surface waters, *Environmental Science and Technology*, v. 40, n. 23, p. 7742-7250, 2006.

CANELA, C. G.; FRANCISCO, N. C.; OLIVA, X.; PUJOL, C.; VENTURA, F.; LACORTE, S.; CAIXACH, J. Occurrence of cyclophosphamide and epirubicin in wastewaters by direct injection analysis-liquid chromatography-high resolution mass spectrometry, *Environmental Science and Pollution Research*, v. 19 n. 8, p. 3210-3218, 2012.

CANTELLI, M.; MONTEGGIA, L. O. *Potencialidade do emprego de Ferrato (VI) no tratamento de efluentes líquidos hospitalares*, In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Joinville SC, 14 a 19 setembro, 2003.

CETESB, *Métodos para avaliação da toxicidade de poluentes a organismos aquáticos*, São Paulo, v.1, 1997.

CCLIN Paris-Nord *Élimination des effluents liquides des établissements hospitaliers – Recommandations*. Institut Biomédical des Cordeliers, Paris, 74p, 1999. Disponível em: <http://nosobase.chu-lyon.fr/recommandations/cclin/cclinParisNord/1999_dechets_CCLIN.pdf>, acesso: 11 set. 2012.

EDVALT, F. R. S. *Caracterização Físico Química de Efluentes de Quatro Hospitais da Cidade de Porto Alegre*, Porto Alegre: UFRGS, Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

FERREIRA, J. A. Resíduos Sólidos e Lixo Hospitalar: Uma discussão ética, *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 11, n. 2, p. 314-320, 1995.

FISKESJÖ, G. The allium test as a standard in environmental monitoring, *Hereditas*, vol. 102, pg. 99-112, 1985.

GARCIA, L. P.; RAMOS, B. G. Z. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança, *Caderno de Saúde Pública*, v. 20, n.3, p. 744-752, 2004.

GOMES JUNIOR, S. C. S.; ALMEIDA, R. T. Modelo de simulação para estimar a infraestrutura necessária à assistência oncológica no sistema público de saúde, *Ver. Panam Salud Publica*, v. 25, n.2, pg. 113-119, 2009.

MAHNIK, S. N.; LENZ, N.; WEISSENBACHER, R. M.; MADER, R. M.; FUERHACKER, M. Fate of 5-fluorouracil, doxorubicin, epirubicin, and daunorubicin in hospital wastewater and their elimination by activated sludge and treatment in a membrane-bio-reactor system, *Chemospeher*, v. 66, n. 1, p. 30-37, 2007.

MARTINS, A. F. *Efluente Hospitalar: fonte pontual de contaminantes ambientais e emergentes*, In: 5º Congresso Iberoamericano de Química Analítica e 2º Congresso Uruguayo de Química Analítica, Montedideo, Uruguay. 7 a 10 de outubro de 2012.

MICHELINI, L.; KOPP, K.; TAMINATO, R. L.; SANTOS, K. *Comparação de efluentes de instituições oncológicas com efluente doméstico: Uma caracterização físicoquímica*, In: XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, João Pessoa, Paraíba, 27 a 30 de novembro de 2012.

MOURA A. S.; AGUIAR, G. Manejo do lixo em hospitais públicos e particulares de Fortaleza – CE. *Infarma*, v. 17 n. 3/4 p. 68-71, 2005.

MULLOT, J. U.; KAROLAK S.; FONTOVA, A. Development and validation of a sensitive and selective method using GC/MS-MS for quantification of 5-fluorouracil in hospital wastewater, *Analitical and Bionalytical Chemistry*, v. 394, n.8, p. 2203-2212, 2009.

ONU, Secretaria Geral das Nações Unidas, *Deaths from unsafe water undermine national efforts to achieve development*, 12 de março de 2010, disponível em: <<http://www.un.org/News/Press/docs/2010/sgsm12786.doc.htm>>, acesso em: 28 jun. 2011.

ORTOLAN M. G. S. *Avaliação do efluente do Hospital de Clinicas de Pôrto Alegre: citotoxicidade, genotoxicidade, perfil microbiológico de bactérias mesofílicas e resistencia a antibióticos*, Porto Alegre: UFRGS, Dissertação de Mestrado-Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Rio Grande do Sul, 115 p., 1999.

PRÜSS A., TOWNEND K. Management of Wastes from Health-Care Activities, Geneve: *World Health Organization*, 1999.

ROCHA, F. L. R.; MARZIALE, M. H. P.; ROBAZZI, M. L. C. C. Perigos potenciais a que estão expostos os trabalhadores de enfermagem na manipulação de quimioterápicos antineoplásicos: conhecê-los para preveni-los, *Revista Latino-Americana Enfermagem*, v. 12, n. 3, p 511-517, 2004.

SABESP, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, *Uso racional de água*, disponível em:

<http://www.sabesp.com.br/CalandraWeb/CalandraRedirect/?temp=2&temp2=3&proj=sabesp&pub=T&nome=Uso_Racional_Agua_Generico&db=&docid=DAE20C6250A162698325711B00508A40>, acesso: 11 set. 2012.

SANDERSON, H; BRAIN, R. A; JOHNSON, D. J; WILSON, C. J; SOLOMON, K. R., Toxicity classification and evaluation of four pharmaceuticals classes: antibiotics, antineoplastics, cardiovascular, and sex hormones, *Toxicology*, vol. 203, p. 27-40, 2004.

SOUZA, A. F.; PANTALEÃO, C. H. Z. (2008) Análise da eficiência do ozônio em efluentes líquidos hospitalares, *Revista Saúde e Pesquisa*, v. 1, n. 2, p. 111-116.

TACCHINI, Sistema Integrado de Saúde, Estação de Tratamento de Efluentes, 2011, disponível em: < <http://www.tacchini.com.br/conteudo.php?url=estacao-de-tratamento-de-efluentes>>, acesso: 25 jul. 2011.

TAVARES, A.; BARREIROS, C. Gestão de resíduos hospitalares nos centros de saúde e extensões do distrito de Lisboa, *Revista Port Clin Geral*, v. 20, pg. 31-44, 2004.

VECCHIA, A. D.; THEWES, M. R.; HARB NAIME, R.; SPILKI, F. R. Diagnóstico sobre a situação do tratamento de esgoto hospitalar no Brasil, *Revista Saúde e Ambiente/Health and Environment Journal*, v. 10, n. 2, p. 65-70, 2009.

WANG, Y.; PENG, D. Biodegradability of wastewater containing tetrahydrofuran, *Environmental Science and Technology*, S2, 2003, disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-FJKS2003S2006.htm>, acesso: 22 mai. 2012.

WEISSBROD, D.; KOVALOVA, L.; ORT, C.; PAZHEPURACKEL, V.; MOSER, R.; HOLLENDER, J.; SIEGRIST, H.; MCARDELL, C. S. Mass flows of X-ray contrast media and cytostatics in hospital wastewater, *Environmental Science Technoogy*, v. 43, n.13, p. 4810-4817, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, Health impacts of health-care waste, *Water Sanitation Health: Medical Waste*, 2011b, disponível em: < http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/020to030.pdf>, acesso: 29 jul. 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, “Definition and characterization of health care waste”, *Water Sanitation Health: Medical waste*, 2011a, disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/002to019.pdf>, acesso em 29 jun. 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, Health-care waste management, fact sheet n° 281, October 2004. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs281/en/>>, acesso: 29 jun. 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, Wastes from health care activities, fac sheet n° 253, November 2007, disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/en/>>, acesso: 29 jun. 2011.

XELEGATI, R.; ROBAZZI, M. L. C. C.; MARZIALE, M. H. P.; HAAS, V. J. Riscos ocupacionais químicos identificados por enfermeiros que trabalham em ambiente hospitalar, *Revista Latino-Americana Enfermagem*, v. 14, n. 2, p 214-219, 2006.

ZAGATTO, P. A; BERTOLETTI, E. *Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações*, 2ª Ed., São Carlos, Rima, 2008.

CAPÍTULO I

**COMPARAÇÃO DO EFLUENTE DE
INSTITUIÇÕES ONCOLÓGICAS COM
EFLUENTE DOMÉSTICO: UMA
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA
E MICROBIOLÓGICA.**

Lidiane Michelini, Katia Kopp

COMPARAÇÃO DO EFLUENTE DE INSTITUIÇÕES ONCOLÓGICAS COM EFLUENTE DOMÉSTICO: UMA CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA.

Lidiane Michelini, Katia Kopp

RESUMO: Os resíduos hospitalares contêm substâncias ímpares se comparadas aos resíduos comuns. Entre os resíduos hospitalares encontram-se os efluentes gerados por clínicas de oncologia que possuem em sua composição substâncias genotóxicas. As drogas quimioterápicas, quando no meio ambiente, podem causar inúmeros impactos, afetam os organismos e seu habitat, e não são completamente removidos do tratamento convencional de água residuária, como a coagulação e floculação. Com o intuito de caracterizar esses efluentes foram feitas análises físicas, químicas e microbiológicas, a fim de atender os parâmetros exigidos pela resolução Conama 430/2011, em efluente de duas clínicas de oncologia de Goiânia, e em efluente de origem doméstica. A metodologia utilizada seguiu as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e do Environmental Protection Agency. O efluente das clínicas de oncologia não apresentou diferença significativa com o esgoto comum e os parâmetros analisados estavam majoritariamente de acordo com os limites exigidos pela resolução Conama 430/2011. Concluiu-se que segundo as análises realizadas, e considerando a diluição deste efluente frente ao efluente doméstico, não é necessário o tratamento prévio para efluentes oriundos de serviços de saúde oncológicos, entretanto recomenda-se realização de análises ecotoxicológicas e aprofundamento do estudo sobre o tema.

ABSTRACT: Clinical wastewater containing substances unique compared to common liquid waste. Among hospital waste effluents there are oncology clinics which have in their composition genotoxic substances. The chemotherapy drugs, when presents in the environment, can cause numerous impacts, affect the organisms and their habitats, and are not removed from the conventional treatment of residual water, like coagulation and flocculation. In order to characterize these effluents were realized chemical, physical and microbiological analysis, in order to meet the parameters required by Resolution CONAMA 430/2011, in two oncology clinics effluents of Goiânia and in domestic effluent. The oncology effluents showed no significant difference between the common drain and the parameters were, mostly of them, according to the limits required by the resolution Conama 430/2011. It was concluded that according to the analyzes, and considering the dilution of this effluent in front of domestic effluente, there is no need for treatment of effluents from cancer health services, however recommended to carry out analyzes ecotoxicological and depth study on the subject.

Palavras-Chave: avaliação, resíduos líquidos, serviços de saúde.

INTRODUÇÃO

A qualidade da água despejada em mananciais superficiais é uma questão cada vez mais alarmante. Quando utilizada para diversos fins, como produção industrial, consumo doméstico ou com a finalidade de lazer, deve ser devolvida ao meio ambiente de forma a não prejudicar a fauna e flora local e os demais usos. Ou seja, não deve causar impacto e deve ser devolvida de maneira a atender a legislação vigente (EDVALT, 2005).

É fato que as atividades humanas geram resíduos diversos, dentre eles, os relacionados às atividades de saúde. Os resíduos de serviço de saúde contêm substâncias ímpares se comparadas aos resíduos líquidos comuns. Materiais de risco biológico, tóxicos, radioativos ou ainda com potencial infeccioso são despejados diariamente por inúmeros hospitais (PRUSS *et al*, 1999). O fator mais agravante é que quando não há um tratamento adequado deste tipo de resíduo, é possível a ocorrência de contaminações de mananciais de água potável, ou ainda sérios problemas à saúde pública (AUGUSTINHO; FERREIRA, 2004).

Apesar de o Brasil possuir legislação ambiental avançada em comparação com os demais países em desenvolvimento (PEREIRA, 2011), é perceptível que, as legislações para serviços de saúde não são suficientes para determinar todos os tipos de agentes nocivos presentes na água de despejo. Ou ainda, não tratam detalhadamente dos inúmeros parâmetros existentes. Efluentes gerados por hospitais não possuem uma legislação específica. Uma das legislações que tratam sobre o tema é a resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 que apesar de dispor sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, não trata de parâmetros característicos de resíduos provenientes de hospitais (BRASIL, 2011).

Medicamentos, utilizados frequentemente pelos pacientes hospitalares, contêm substâncias biologicamente e quimicamente ativas que podem provocar alterações no meio ambiente. Mesmo quando presentes em concentrações mínimas as alterações podem levar a grandes impactos. Quimioterápicos, por exemplo, são substâncias genotóxicas que possuem o potencial de matar ou parar o crescimento de células vivas, características comuns de agentes mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2011).

Os quimioterápicos, ou ainda, drogas citostáticas são mais amplamente utilizadas em estabelecimentos especializados de oncologia, quimioterapia ou radioterapia no tratamento de câncer. Instituições que na maioria das ocasiões não possuem tratamento específico para resíduos líquidos e lançam as águas residuárias na rede coletora de esgoto. A maior preocupação é quanto à disposição inadequada desses medicamentos por meio da utilização de expurgos, e também das excreções humanas que carregam os princípios ativos dessas

substâncias, e que elevam consideravelmente a presença dessas drogas no esgoto sanitário recepcionado pelas estações de tratamento (SHAREEF *et al.*, 2008).

Esses contaminantes enquadram-se na classe de contaminantes emergentes, constituídos também de medicamentos diversos, desinfetantes, detergentes, surfactantes, pesticidas, aditivos alimentares, entre outros. Entretanto, o tratamento físico-químico convencional das estações de tratamento de esgoto, como processos de floculação e coagulação, não remove consideravelmente esses componentes. E, apesar do tratamento de oxidação avançada ser efetivo, esse processo pode gerar a formação de produtos intermediários, a maioria ainda com efeitos desconhecidos (GRASSI *et al.*, 2012).

Além disso, vários tipos de fármacos já foram encontrados e quantificados em águas superficiais. Entre eles analgésicos, antibióticos, anti-inflamatórios, hormônios e bloqueadores em concentrações na faixa de $\mu\text{g.L}^{-1}$ a ng.L^{-1} (BILLA; DEZOTTI, 2003). Especificamente, drogas citostáticas como isofamida e ciclofosfamida já foram encontradas em águas superficiais da Suíça em faixas de 50 a 170 pg.L^{-1} (BUERGE *et al.*, 2006).

Outros quimioterápicos como fluorouracila, gemcitabina e difluorodeoxiuridina são emitidos em concentrações de 255 a 1250 g.d^{-1} de um hospital Suíço (WEISSBROD *et al.*, 2009). Substâncias que quando em contato com o ser humano podem causar danos como mutagenicidade, infertilidade, aborto e malformações congênitas, disfunções menstruais ou sintomas imediatos como tonturas, cefaleia, náusea, alterações de mucosas e reações alérgicas (ROCHA *et al.*, 2004).

No meio ambiente essas substâncias impactam a saúde ambiental por um tempo relativamente longo e em larga escala, já que possuem características físico-químicas marcantes, tais como persistência, lipofilicidade e volatilidade. Bem como, ainda são desconhecidos os efeitos que elas podem ocasionar às futuras gerações, principalmente quando afetam o sistema endócrino dos seres vivos. Sendo que, a falta de informações dá-se principalmente pelo reduzido número de monitoramento dessas substâncias, desde a geração até possíveis impactos quanto à destinação final (MOREIRA *et al.*, 2013).

Exemplos como esses evidenciam a importância do estudo de efluentes oriundos de clínicas de oncologia. Dessa forma, este trabalho objetivou a comparação de efluentes oncológicos com efluentes domésticos utilizando análises físicas, químicas e microbiológicas de três efluentes: dois efluentes gerados por duas clínicas de oncologia do município de Goiânia, e um efluente doméstico sem traços de efluente hospitalar, bem como, a avaliação da necessidade de tratamento de efluentes oriundos de clínicas de oncologia.

MATERIAIS E MÉTODOS

Pontos de amostragem

A coleta dos efluentes oncológicos foi realizada em duas instituições que prestam serviços de diagnóstico e tratamento com drogas quimioterápicas situadas no município de Goiânia, GO. As instituições são denominadas como Clínica 01 e Clínica 02. As clínicas utilizam da aplicação de drogas quimioterápicas e outras drogas para o tratamento de pacientes e não dispõem de serviços de radioterapia. A preparação dos medicamentos não é feita no local de atendimento aos pacientes, são terceirizadas e provenientes de laboratório especializado.

A Clínica 01 possui capacidade de oito leitos com média de atendimento/dia de 15 pacientes sem internação, 28 funcionários, uma cantina para funcionários, sua área construída é de 460 m² e gera uma quantidade de efluente mensal de 16 m³, valor condizente a 80% do valor consumido de água, equivalente a 20m³. A clínica 02 possui capacidade de 15 leitos com média de atendimento/dia de 30 pacientes sem internação, 37 funcionários, uma cantina para funcionários, sua área construída é de 635 m² e gera uma quantidade aproximada de efluente mensal de 47,2 m³, valor condizente a 80% do consumo de água mensal, equivalente a 59m³.

A coleta do efluente doméstico aconteceu em um edifício localizado no município de Goiânia, situado em um dos bairros centrais. A escolha foi feita por tratar-se de um ponto que recebe esgotos tipicamente domésticos sem nenhuma contribuição de serviços de saúde ou qualquer outro serviço que possa influenciar em sua composição. O edifício possui 15 apartamentos, uma loja de locação de vídeos, bem como um espaço comercial que realiza atividades massoterapêuticas, e gera uma quantidade estimada de 81,6 m³ de efluente mensais.

Salienta-se que o efluente produzido por todos os estabelecimentos, escolhidos para amostragem, são lançados na rede pública de esgoto e, por isso, recebem tratamento primário de efluentes pela empresa de saneamento público do estado de Goiás, Saneamento de Goiás, S.A., SANEAGO.

Coleta das amostras

A amostragem foi realizada após estudo das instalações hidráulicas dos locais de amostragem, sendo que, o local determinado foi a última caixa de passagem de esgoto antes do lançamento na rede pública de coleta de efluente. Para que fosse obtida uma amostra

representativa de todo o período de geração de efluente, tanto do esgoto relativo ao funcionamento da clínica quanto do prédio, a forma escolhida para amostragem foi a de amostra composta.

Para os efluentes oncológicos, o intervalo de coleta levou em consideração o período de funcionamento das clínicas (07h00min às 19h00min), que foi dividido em cinco (Figura 1). As coletas objetivaram seguir estes períodos quando possível, a duração da coleta foi variável de acordo com a vazão instantânea.



Figura 1: Intervalo de amostragem simples dos efluentes oncológicos coletados em duas clínicas no município de Goiânia, GO.

Para o efluente doméstico, o intervalo de coleta levou em consideração o período de maior atividade dos moradores do prédio (06h00min às 22h00min), que também foi dividido em cinco (Figura 2). Da mesma maneira, as coletas objetivaram seguir os períodos pré-determinados quando possível.

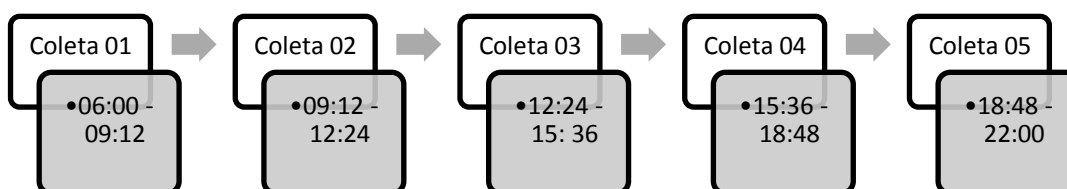


Figura 2: Intervalos de amostras simples do efluente doméstico coletado em um prédio residencial no município de Goiânia, GO.

Para composição da amostra composta seguiu-se metodologia proposta pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2012) de acordo com a equação 1.

$$V_{al} = \frac{Q_i \cdot V_{am}}{Q_m \cdot n} \quad (1)$$

Onde:

V_{al} = Volume da alíquota (mL)

Q_i = Vazão instantânea (mL/s)

Q_m = Vazão média (mL/s)

V_{am} = Volume total da amostra (mL)

n = número total de alíquotas

Com a finalidade de obter o valor da vazão instantânea as caixas de passagem de efluente passaram por medição, interrupção do fluxo de efluente e cronometragem do tempo necessário para alcançar o volume pré-determinado. Para alcançar este objetivo, a interrupção do fluxo ocorreu com auxílio de um tampão na tubulação de saída. A medição da capacidade volumétrica foi obtida utilizando um volume conhecido de água. Com a cronometragem do intervalo necessário para que a quantidade liberada de esgoto alcançasse o volume previamente demarcado, foi possível quantificar o tempo.

A vazão instantânea foi então calculada seguindo a equação 2.

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad (2)$$

Onde:

Q = Vazão (mL/s)

V = Volume (mL)

Δt = Variação do tempo (s)

As amostras compostas, constituídas das amostras simples coletadas nos cinco horários diferentes, em cada um dos três pontos, foram coletadas em três campanhas distintas, num total de três amostras por ponto. O número total de amostras foram nove (Tabela 1). As datas escolhidas não levaram em consideração a sazonalidade, já que a rede de esgoto, de todos os pontos, era exclusiva da rede pluvial.

Tabela 1: Local de coleta e data das amostragens de efluentes de clínicas de oncologia e doméstico dos pontos A, B e C realizadas para a comparação física, química e microbiológica no município de Goiânia, GO.

Local	Ponto	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03
Clínica 01	Ponto A	20/04/2012	08/06/2012	04/07/2012
Clínica 02	Ponto B	05/05/2012	15/06/2012	07/07/2012
Efluente doméstico (Prédio Residencial)	Ponto C	08/10/2012	10/10/2012	16/10/2012

Cada amostra simples foi retirada da caixa de coleta com auxílio do coletor, e transferida para frascos de polietileno, acondicionados a 4°C até composição da amostra composta. Antes do acondicionamento, cada amostra simples foi submetida à medição momentânea de pH e temperatura utilizando sonda multiparâmetros (marca YSI, modelo

650). Os procedimentos para coleta, transporte, preservação e análise das amostras obedeceram aos métodos padronizados existentes, preceituados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (SM) (2005).

Análise físico-química

Após a formulação das amostras compostas, as nove amostras dos pontos A, B e C foram submetidas à análise dos parâmetros físico-químicos (Tabela 2) de acordo com a Resolução CONAMA nº 430/11, no laboratório Conágua Ambiental, no município de Goiânia GO, sendo que a análise de metais do Ponto C (efluente doméstico) foram realizadas no Laboratório de Espectrofotometria de Absorção Atômica do Instituto de Química na Universidade Federal de Goiás.

Tabela 2: Parâmetros físicos e químicos avaliados e metodologia utilizada para análise das amostras de efluentes coletados nos Pontos A, B e C no município de Goiânia, GO.

Parâmetros Analisados	LQ	Metodologia
Arsênio total	0,002 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Bário total	0,005 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Boro Total	0,006 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Cadmio Total	0,001 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Chumbo Total	0,005 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Cianeto Livre	0,005 mg.L ⁻¹	SM 4500
Cobre dissolvido	0,003 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Cromo Hexavalente Total	0,01 mg.L ⁻¹	SM 3500 B
Cromo III	0,01 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	0,20 mg.L ⁻¹	SM 5210
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	0,03 mg.L ⁻¹	SM 5220 D
Estanho Total	0,021mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Ferro dissolvido	0,04 mg.L ⁻¹	SM 3500 B
Fluoreto total	0,04 mg.L ⁻¹	SM 4500 B
Manganês total	0,007 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Mercurio total	0,0001 mg.L ⁻¹	EPA 7470 A
Níquel total	0,009 mg.L ⁻¹	SM 3120 A
Nitrogênio Amoniacal	0,02 mg.L ⁻¹	SM 4500
Óleos e graxas	1,0 mg.L ⁻¹	SM 5520
pH	0,02	SM 4500
Prata total	0,004 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Selênio total	0,002 mg.L ⁻¹	SM 3120 B
Sólidos suspensos	1,0 mg.L ⁻¹	SM 2540
Sólidos Suspensos Fixos	10 mg.L ⁻¹	SM 2540 E
Sólidos suspensos voláteis	1 mg.L ⁻¹	SM 2540
Sólidos Totais	1 mg.L ⁻¹	SM 2540
Sólidos Totais Fixos	1,0 mg.L ⁻¹	SM 2540
Sólidos Totais Voláteis	1,0 mg.L ⁻¹	SM 2540
Sólidos Sedimentáveis	0,1 mL.(L.h) ⁻¹	SM 2540 F
Sulfeto	0,05 mg.L ⁻¹	SM 4500

Legenda: LQ: Limite de Quantificação. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21 st. Edition, 2005. EPA: Environmental Protection Agency.

Análise microbiológica

As análises microbiológicas, das nove amostras compostas provenientes dos Pontos A, B e C, foram realizadas no Laboratório de Saneamento da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Nessas análises foram determinados os coliformes totais e *Escherichia coli* pelo método de substrato cromogênico definido (Colilert® AOAC 991.15), descrito no SM 9223 B.

Diluição do esgoto

Para avaliação da necessidade do tratamento do esgoto do estabelecimento assistencial de oncologia antes do seu lançamento na rede pública de coleta, pode-se fazer hipóteses relativas à diluição, a partir da relação da vazão do esgoto total com a vazão do esgoto do estabelecimento oncológico, utilizando a Equação 3 (Guedes, 2005).

$$C_{total} = \frac{C_{dom} \times Q_{dom} + C_{EO} \times Q_{EO}}{Q_{dom} + Q_{EO}} \quad (3)$$

Onde:

C_{total} = concentração dos esgotos urbanos incluindo despejos de Estabelecimentos de Oncologia;

C_{dom} = concentração dos esgotos urbanos, sem despejos de Estabelecimentos de Oncologia;

C_{EO} = concentração dos esgotos dos Estabelecimentos de Oncologia;

Q_{dom} = Vazão dos esgotos domésticos, sem os despejos dos Estabelecimentos de Oncologia;

Q_{EO} = Vazão dos esgotos dos Estabelecimentos de Oncologia.

Comparação entre pontos amostrais

Ao tratar das análises estatísticas dos dados, adotou-se a metodologia de análise proposta por Guedes (2004). Foram feitas as análises por comparações múltiplas do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (KW) e a análise pelo método de Tukey nos testes de ANOVA entre as amostras dos Pontos A, B e C. Dessa maneira, puderam-se detectar quais amostras eram significativamente diferentes entre si, a um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). O programa utilizado foi o BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados das análises das amostras simples e amostras compostas

Depois de realizada a coleta, as amostras simples (Tabela 3) apresentaram valores de vazão, temperatura e pH variados. A clínica 01 apresentou valores de vazão entre 10,56 a 0,57 mL.s⁻¹, enquanto a clínica 02, 111 a 15, 25 mL.s⁻¹, e o efluente doméstico proveniente do edifício, 136 a 6,4 mL.s⁻¹. A temperatura e o pH não obtiveram tanta oscilação, foram encontrados valores entre 9,01 e 6,18 para o pH, e entre 22,95°C e 28, 49°C para temperatura

em todos os pontos amostrados. Quanto aos pacientes presentes no momento da coleta a quantificação dos presentes variou de 0 a 12.

As amostras compostas de todos os pontos passaram por análises físico-químicas e microbiológicas (Tabela 4), a fim de atender a resolução Conama 430/2011. Para os três pontos os valores de DBO variaram entre 235,7 e 578,5 mg.L⁻¹, e os valores de DQO entre 357 e 816 mg.L⁻¹. Na maioria das análises de arsênio total, bário total, boro total, cádmio total, chumbo total, cianeto livre, cianeto total, cobre dissolvido, cromo hexavalente total, cromo III, estanho total, fluoreto total, mercúrio total, prata total e selênio total os valores ficaram abaixo do quantificável. Foram quantificados valores de ferro dissolvido, manganês total e zinco total para os três pontos amostrados, mas ainda assim, foram valores pequenos e abaixo do limite permitido pela Conama 430/2011. Os pontos das clínicas de oncologia 01 e 02 apresentaram valores acima do permitido na legislação para nitrogênio amoniacal (131.22 mg.L⁻¹ e 76.45 mg.L⁻¹ respectivamente), enquanto para o efluente doméstico os valores estão dentro do limite (5,00 mg.L⁻¹ a 11.05 mg.L⁻¹). Para óleos e graxas, os três pontos apresentaram valores dentro do limite (óleos minerais até 20 mg.L⁻¹ e óleos vegetais até 50 mg.L⁻¹). Na análise de sólidos, os valores foram variantes nos três pontos, sendo que a clínica 01 apresentou valores maiores de concentração para sólidos totais e sólidos suspensos totais (671 mg.L⁻¹ e 356.6 mg.L⁻¹, respectivamente).

Nas análises microbiológicas o efluente doméstico apresentou o maior valor para Coliformes Totais e *Escherichia coli* 1,6x10⁸ NPM.100mL⁻¹, enquanto a clínica 02 apresentou a menor concentração de Coliformes Totais, 3,9x10⁶ NMP.100mL⁻¹, e a clínica 01 apresentou o menor valor para *Escherichia coli*, 9,7x10⁴ NMP.100 mL⁻¹.

Tabela 3: Valores de vazão, pH e temperatura coletados das amostras simples de efluentes dos Pontos A, B e C no momento da amostragem, e número de pacientes presentes no momento da coleta nos Pontos A e B.

Repetição 01						Repetição 02					Repetição 03				
P	CS	NP	V (mL.s ⁻¹)	Ph	T (°C)	CS	NP	V (mL.s ⁻¹)	pH	T (°C)	CS	NP	V (mL.s ⁻¹)	pH	T (°C)
A	1	0	2,50	8,25	25,63	1	4	0,61	7,83	23,53	1	4	2,60	6,74	23,52
	2	3	3,70	8,27	25,96	2	7	3,75	7,64	23,78	2	5	4,21	6,80	23,93
	3	5	1,82	8,23	26,95	3	4	0,57	7,37	24,08	3	7	4,87	6,67	24,90
	4	6	4,56	8,12	26,31	4	5	2,75	7,30	23,97	4	2	3,00	6,22	24,78
	5	2	2,33	8,23	25,69	5	2	5,60	7,22	24,67	5	1	10,56	6,75	24,96
B	1	6	47,61	7,77	23,27	1	1	35,90	6,18	23,22	1	7	15,25	7,22	22,71
	2	14	111,00	7,71	23,60	2	10	35,70	6,40	22,95	2	12	48,19	7,20	22,88
	3	11	99,50	7,10	26,19	3	6	51,50	6,54	25,18	3	9	37,24	7,01	23,93
	4	7	55,60	7,14	26,98	4	5	23,90	6,40	24,98	4	5	80,64	6,93	24,74
	5	7	55,40	7,40	25,75	5	3	35,00	6,33	24,87	5	1	47,50	6,77	24,39
C	1	-	35,91	9,00	27,50	1	-	14,93	9,01	25,68	1	-	20,75	8,32	25,84
	2	-	6,40	8,33	27,35	2	-	12,84	8,58	26,18	2	-	113	7,76	25,88
	3	-	26,64	9,10	28,44	3	-	11,62	8,09	26,72	3	-	32	7,75	26,61
	4	-	136,00	7,98	28,49	4	-	11,42	8,13	26,80	4	-	53	7,42	28,07
	5	-	46,40	7,69	28,44	5	-	11,08	8,42	28,12	5	-	47,50	7,46	26,84

Legenda: P: Ponto; CS: Coleta Simples; NP: Número de Paciente; V: Vazão; T: Temperatura.

Tabela 4: Resultado das análises físico-químicas e microbiológicas de amostras compostas de efluentes de clínicas de oncologia, Ponto A e B, e doméstico, Ponto C, coletadas no município de Goiânia, GO.

Ensaio	PONTO A			PONTO B			PONTO C			Unidade	(L1)	LQ
Repetições	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Arsênio total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.5	0.002
Bário total	0.007	<LQ	<LQ	<LQ	0.057	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	5	0.005
Boro total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	5	0.006
Cádmio total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.2	0.001
Chumbo total	< LQ	0.1	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.189	0.384	0.374	mg.L ⁻¹	0.5	0.005
Cianeto livre	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.2	0.005
Cianeto total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	1	0.005
Cobre dissolvido	0.008	0.060	<LQ	<LQ	<LQ	0.007	<LQ	0.059	0.047	mg.L ⁻¹	1	0.003
Cromo Hexavalente total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.1	0.01
Cromo III	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	1	0.01
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	345.0	578.5	280.0	420.0	235.7	288.4	239.0	271.0	294.0	mg.L ⁻¹	NR	0.2
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	567.0	816.0	688.0	622.0	421.0	459.0	357.0	375.0	450.0	mg.L ⁻¹	NR	0.03
Estanho total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0.037	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	4	0.021
Ferro dissolvido	0.232	0.080	<LQ	0.131	0.140	0.150	0.076	0.043	0.079	mg.L ⁻¹	15	0.04
Fluoreto total	0.14	0.10	<LQ	0.23	<LQ	0.16	0.08	<LQ	0.08	mg.L ⁻¹	10	0.04
Manganês total	0.014	0.520	0.007	<LQ	0.135	<LQ	0.009	0.007	0.007	mg.L ⁻¹	NR	0.007
Mercurio total	0.002	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.01	1E-04
Níquel total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	2	0.009
Nitrogênio amoniacal	10.58	30.69	131.22	11.84	8.96	76.45	11.05	5.00	6.58	mg.L ⁻¹	20	0.02
Óleos e graxas	24.0	30.8	27.5	26.4	30.7	24.0	10.0	11.6	30.8	mg.L ⁻¹	Obs(a)	1
pH	7.96	8.23	8.84	7.58	6.81	8.04	8.83	7.17	7.32	--	5,0 a 9,0	0.02
Prata total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.1	0.004
Selênio total	< LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	mg.L ⁻¹	0.3	0.002

Ensaio	PONTO A			PONTO B			PONTO C			Unidade	(L1)	LQ
Repetições	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
Sólidos suspensos totais	93.3	356.3	178.6	55.0	74.0	51.4	44.0	46.0	85.5	mg.L ⁻¹	NR	1
Sólidos suspensos fixos	65.4	245.4	125.1	38.5	51.8	36.0	29.0	23.0	53.3	mg.L ⁻¹	NR	1
Sólidos suspensos voláteis	27.9	106.8	53.5	16.5	22.2	15.4	15.0	17.0	32.1	mg.L ⁻¹	NR	1
Sólidos totais	565	619	671	515	481	442	406	301	200	mg.L ⁻¹	NR	1
Sólidos totais fixos	134	204	242	222	297	154	309	67	90	mg.L ⁻¹	NR	1
Sólidos totais voláteis	431	415	429	293	184	288	97	234	110	mg.L ⁻¹	NR	1
Sólidos sedimentáveis	12.0	14.0	10.0	0.5	1.0	0.7	2.0	1.5	0.7	mL.L ⁻¹ .h ⁻¹	NR	0.1
Sulfeto	24.0	376.0	21.0	29.6	17.0	19.8	12.0	19.0	22.0	mg.L ⁻¹	1	0.05
Zinco total	0.065	0.220	0.030	0.015	0.153	0.115	0.025	0.010	0.042	mg.L ⁻¹	5	0.007
Coliformes totais	1.0x10 ⁷	9.6x10 ⁶	1.6x10 ⁷	1.6x10 ⁷	2.9x10 ⁷	3.9x10 ⁶	1,6x10 ⁸	1,6x10 ⁸	7.9x10 ⁶	NMP.100 mL ⁻¹		
<i>Escherichia coli</i>	4.2x10 ⁶	9.7X10 ⁴	4.4x10 ⁶	6.9x10 ⁶	7.7x10 ⁶	2.6x10 ⁶	1,6x10 ⁸	3,9x10 ⁶	2.2x10 ⁶	NMP.100 mL ⁻¹		

Legenda: L1: Limites máximos impostos pela Resolução CONAMA 430/11 LQ: Limite de Quantificação. SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st. Edition, 2005. EPA: Environmental Protection Agency. Obs (a): Óleos Minerais até 20mg.L⁻¹ e óleos vegetais até 50mg.L⁻¹ segundo a resolução CONAMA 430/2011. NR: Não Regulamentado.

Avaliação Da Vazão, pH e Temperatura Das Amostras Simples

A partir dos dados da Tabela 3 foi possível plotar os gráficos de variação de vazão do efluente de acordo com o período de funcionamento diário (Figura 3). A vazão do Ponto A apresentou os menores valores, já que possui menor capacidade de atendimento e menor área construída, enquanto que o Ponto B e C apresentaram valores semelhantes, entretanto, a vazão do Ponto C em uma das coletas alcançou o máximo de 136 mL.s^{-1} .

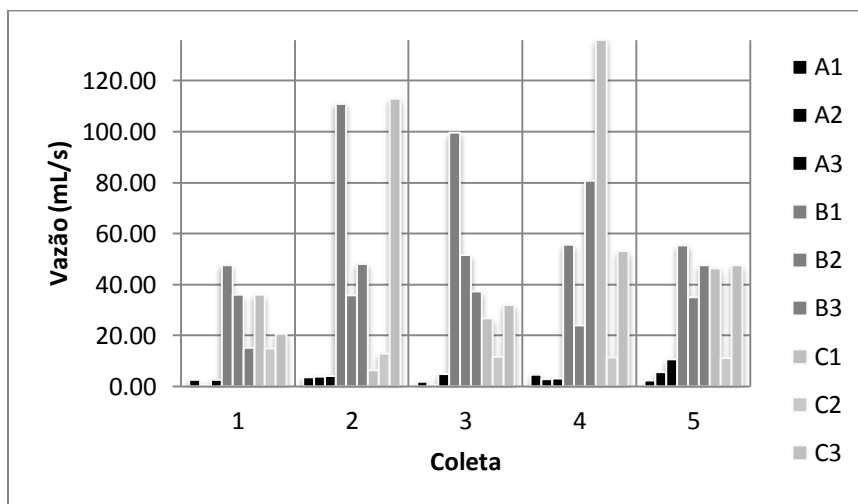


Figura 3: Gráfico da vazão dos pontos A, B e C de acordo com as três repetições para cada ponto e as cinco coletas simples.

Analisando a variação de vazão a partir da correlação com o número de pacientes percebe-se que não há correlação evidente segundo o teste de correlação de Pearson (Tabela 5). Isso provavelmente decorre devido aos hábitos de limpeza de ambas as clínicas, nesses períodos a vazão aumenta significativamente, independente da quantidade de pacientes. Quando não há influência de efluente oriundo de atividades de higiene do local, ocorre correlação forte positiva como no caso da repetição 2 da clínica 01 e da repetição 1 do clínica 02. É importante salientar, que a vazão também sofre grande decréscimo nos períodos de intervalo dos funcionários, ainda que com grande número de pacientes.

Tabela 5: Valores de p e r para correlação de Pearson entre os resultados de Vazão da amostra simples e Número de Pacientes no momento da coleta de efluente das clínicas de oncologia, Ponto A e Ponto B.

Ponto de Análise	Repetição	(r) Pearson	P	Conclusão*
A	1	0.4222	0.4795	Fraca positiva
	2	0.8766	0.7957	Forte positiva
	3	-0.4501	0.4469	Fraca negativa
B	1	0.9841	0.0024	Forte positiva
	2	0.1229	0.8439	Fraca positiva
	3	-0.2173	0.7255	Fraca negativa

* Conclusão da correlação de acordo com Santos (2007).

Já para o efluente doméstico, os valores de vazão variaram de acordo com as atividades dos moradores do prédio. De acordo com a Figura 3 na primeira e na terceira repetição registraram-se valores mais elevados do que na segunda repetição. Decorrente das variações normais do cotidiano dos moradores, já que foram escolhidos dias diferentes da semana para coleta.

A partir dos valores de temperatura e pH (Tabela 3) foi possível construir os respectivos gráficos de variação no decorrer da amostragem simples (Figura 4 e 5). A temperatura variou entre 23,53°C e 26,95° C na clínica 01, 23,22°C e 26,98°C na clínica 02, e 25,68°C e 28,12°C para o efluente doméstico. Perceptivelmente a temperatura não se altera mais do que 3,5°C para cada ponto. Já os valores de pH permaneceram entre 6,22 e 8,25 na clínica 01, 6,18 e 7,77 na clínica 02 e 7,42 e 9 no efluente doméstico.

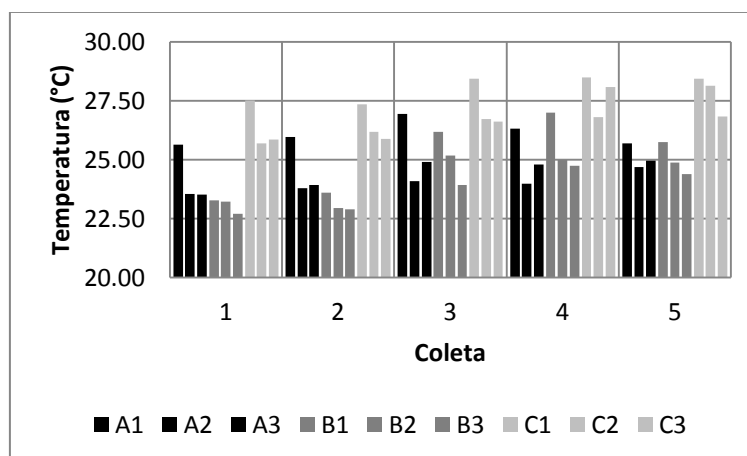


Figura 4: Gráfico da variação da temperatura (°C) dos pontos A, B e C de acordo com as três repetições para cada ponto e as cinco coletas simples.

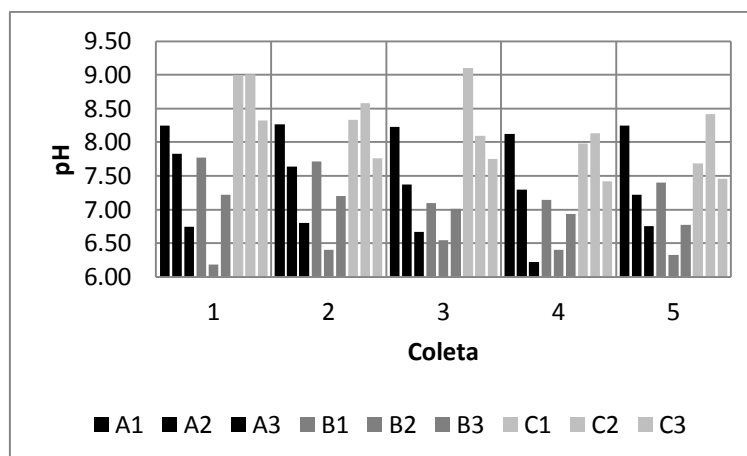


Figura 5: Gráfico da variação do pH dos pontos A, B e C de acordo com as três repetições para cada ponto e as cinco coletas simples.

Quando se analisa a Figura 4 é perceptível que a variação da temperatura ocorreu conforme variação da temperatura ambiente, com temperaturas menores nos períodos matutinos que levemente elevam-se no decorrer do período vespertino. Já os valores de pH tiveram poucas alterações no decorrer das medições, obtendo valores médios de 6,98, 6,71 e 7,94 para a clínica 01, clínica 02 e efluente doméstico (Tabela 6).

Tabela 6: Valores médios e desvio padrão dos resultados de pH das amostras simples no momento da coleta para os Pontos A, B e C.

Ponto	Descrição	Média
A	Clínica 01	6,98
B	Clínica 02	6,71
C	Efluente doméstico	7,94

Não houve correlação visível entre pH e temperatura no presente estudo (Tabela 7).

Tabela 7: Valores de p e r para correlação de Pearson entre os resultados de Temperatura e pH no momento da coleta das amostras simples realizadas nos Pontos A (Clínica 01), B (Clínica 02) e C (Efluente doméstico).

Ponto de Análise	Repetição	(r) Pearson	p	Conclusão*
A	1	-0.3551	0.5575	Fraca negativa
	2	-0.8685	0.0561	Forte negativa
	3	-0.3974	0.5077	Fraca negativa
B	1	-0.9635	0.0083	Forte negativa
	2	0.5602	0.326	Moderada positiva
	3	-0.901	0.0368	Forte negativa
C	1	-0.3335	0.5833	Fraca negativa
	2	-0.5255	0.363	Moderada Negativa
	3	-0.7595	0.1363	Moderada Negativa

* Conclusão da correlação de acordo com Santos (2007).

Avaliação das análises físico-químicas e microbiológicas das amostras compostas

Das análises físico-químicas da amostra composta, a maioria dos parâmetros encontra-se dentro dos permitidos na legislação, exceto sulfeto. Ainda assim, os efluentes dos três pontos passam por tratamento posterior em estação de tratamento de efluentes do município, e como num tratamento de efluentes primários o sulfeto é facilmente removido com cloreto férrico (SOUZA, 2007), entretanto o uso desse coagulante não é praticante corrente nas estações de tratamento de esgoto, sendo usado somente em casos excepcionais.

O metal ferro foi quantificável na maioria das amostras, fato que se deve provavelmente ao material de constituição das tubulações dos pontos de amostragem, que são compostos por esse material. Entretanto, é notável que o valor da concentração média de ferro dissolvido das clínicas 01 e 02 (0.12 mg.L^{-1} e 0.14 mg.L^{-1}) é significativamente superior ao do esgoto comum (0.066 mg.L^{-1}). Esse fato pode ser decorrente à perda de sangue dos pacientes, já que, a hemoglobina é composta por ferro, ou ainda da própria sujidade do sólido que pode conter ferro e manganês.

Outro metal com concentração quantificável foi o zinco total, provavelmente porque em alguns casos as tubulações de ferro podem ser revestidas com zinco para evitar oxidação. Ainda assim, a média da concentração de zinco total para o Ponto A e Ponto B foi de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, para ambos, enquanto que a média para o Ponto C foi $0,02 \text{ mg.L}^{-1}$. Essa diferença de $0,08 \text{ mg.L}^{-1}$ pode ter ocorrido, devido ao fato de que, pacientes de quimioterapia são aconselhados a consumirem alimentos ricos em zinco, e muitas vezes recebem compostos vitamínicos derivados dessa substância (MASSUMOTO; COREN, 2012). Isso ocorre porque muitos quimioterápicos atuam na fase de protease com compostos ativos de zinco, consumindo o zinco presente no organismo (SILVA JR; DE SIMONE, 2001).

Além do zinco, o manganês também foi encontrado em maior quantidade nos pontos A e B do que ponto C. A média da concentração de manganês total dos Pontos A e B equivale a $0,14 \text{ mg.L}^{-1}$ enquanto que no ponto C a concentração média encontrada foi de $0,0077 \text{ mg.L}^{-1}$. A causa pode ter acontecido, porque alguns medicamentos que atuam como redutores dos efeitos colaterais, em pacientes quimioterápicos, como o calmagafodipir, liberam grandes porções de manganês (ISAÚDE, 2013). Traços de cobre, chumbo e bário total também foram quantificados, entretanto em quantidades também muito diminutas, e não excedem o nível determinado pela legislação.

Ao analisar os valores de DBO e DQO é perceptível que o esgoto não pode ser lançado na forma bruta em um manancial superficial, pois são valores altos (na clínica 01, por exemplo, foram obtidos valores de 578.5 mg.L^{-1} para DBO e 816 mg.L^{-1} para DQO)

indicativos de alta concentração de matéria orgânica. Como o esgoto é lançado em rede pública coletora que passa por tratamento espera-se que os valores encontrados atendam a legislação específica para lançamento em corpo receptor.

A concentração da DBO dos esgotos domésticos brutos tem um valor médio da ordem de 250-350 mg.L⁻¹ segundo Jordão e Pessoa (2011), valor encontrado para o efluente doméstico, que corresponde a um valor médio de 268 mg.L⁻¹. Para os efluentes da clínica 01 e 02 foram encontrados valores médios de 401,2 mg.L⁻¹ 314,7 mg.L⁻¹, respectivamente, valores levemente superiores ao de esgoto doméstico. Já segundo Metcalf e Eddy (2003), o valor médio de DQO para esgoto sanitário doméstico não tratado é de 500 mg.L⁻¹, podendo ter uma variação na sua concentração de 250 a 1000 mg.L⁻¹. Para os esgotos da clínica 01, clínica 02 e efluente doméstico foram encontrados valores médios de 690,3 mg.L⁻¹, 500,66 mg.L⁻¹ e 394 mg.L⁻¹, respectivamente, evidenciando que os efluentes estão de acordo com a literatura, entretanto os valores para as clínicas 01 e 02 foram maiores que para o efluente doméstico.

Segundo McCarthy e Brodersen (1962), a parcela de correlação entre DBO e DQO corresponde a cerca de 13% da carga orgânica inicial, de modo que, a DBO última equivale a 87% da DQO biodegradável. No caso de esgoto doméstico, a razão geralmente se situa na faixa de 1,8 a 2,2 (FERNANDES, 1997). Para os Pontos A, B e C as relações encontradas foram de 1,7, 1,6 e 1,5, respectivamente, um valor ligeiramente menor que em geral encontrado na literatura. Isso talvez pela maior presença de carga orgânica biodegradável do que carga refratária.

Quando feita a comparação dos resultados dos Pontos A, B e C com a faixa de concentração de sólidos em esgoto sanitário determinada por Von Sperling (2005), todos os parâmetros analisados estão abaixo da faixa proposta pelo autor. Evidenciando, que os efluentes dos pontos estudados possuem pequena quantidade de sólidos e segundo esse parâmetro podem ser lançados na rede pública sem prejuízo à estação de tratamento.

Ao analisar a quantidade de Coliformes Totais e *Escherichia coli* percebe-se que as concentrações das clínicas 01 e 02 (Ponto A e B) são menores do que para o esgoto doméstico (Ponto C). Já que, as clínicas utilizam de produtos de limpeza específicos para combate a contaminação microbiológica. Num trabalho desenvolvido por Resende (2009), a quantidade de *Escherichia coli* encontrada em hospitais da cidade de Goiânia também foi menor, do que a quantidade encontrada no esgoto sanitário de uma estação de tratamento de esgotos. Segundo Von Sperling (2005) a proporção de coliformes totais no esgoto doméstico é variável e bastante elevada, assim como, a proporção de *Escherichia coli* em coliformes

totais. Por isso, é esperado que a quantidade de Coliformes totais e *Escherichia coli* variem de amostra para amostra.

Considerações sobre a diluição do esgoto

Para aplicar a equação 3 ao estudo de caso, foi levado em consideração que a vazão média de esgoto tratado nas estações de tratamento de Goiânia, no ano de 2012, foi de 1.512 L.s^{-1} , conforme informações da empresa Saneamento de Goiás, S.A, ou ainda $3,9 \times 10^6 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, e que a média de esgoto produzido pelos Pontos A e B foi de $31.6 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$. Se for considerado que todo o esgoto recebido pelas estações de tratamento é proveniente apenas de esgoto doméstico, pode-se adotar uma diluição aproximada de 100.000:1. Dessa forma são gerados os dados expostos na Tabela 8.

Tabela 8: Comparação das concentrações médias dos parâmetros avaliados com valores quantificáveis, após a aplicação da Equação (3) para uma razão de diluição de 100.000:1.

Ensaio	MÉDIA C	MÉDIA A+B	Resultado Equação (3)	DIFERENÇA
DBO	268	356.1	268.0009	0.09%
DQO	394	591.4	394.002	0.20%
Ferro dissolvido	0.066	0.2	0.066001	0.00%
Fluoreto total	0.08	0.2	0.080001	0.00%
Manganês total	0.0077	0.1	0.007668	0.00%
Nitrogênio amoniacal	7.54	40.0	7.543658	0.03%
Óleos e graxas	17.47	26.8	17.46676	0.01%
pH	7.77	7.9	7.773335	0.00%
Sulfeto	17.67	73.1	17.66722	0.06%
Zinco total	0.026	0.1	0.025667	0.00%
Coliformes totais	1.09×10^8	1.35×10^7	1.09299×10^8	-0.01%
<i>Escherichia coli</i>	5.53×10^7	2.73×10^6	5.536614×10^8	-0.01%

Assim, ao analisar a diferença obtida na Tabela 8, percebe-se que a elevada diluição dos esgotos, lançados pelos estabelecimentos de oncologia, representam quase nenhuma importância na concentração final. Visto que, todos os valores obtidos para as diferenças foram próximos de zero. Um estudo feito por Guedes (2005) também encontrou o mesmo resultado ao avaliar esgoto proveniente de hospitais.

Comparação entre os pontos amostrais

Ao realizar as análises estatísticas (Tabela 9 e 10), percebe-se que para DQO o teste de comparação múltipla revelou que o esgoto da clínica 01 (Ponto A) é significativamente diferente do esgoto doméstico (Ponto C), ao passo que, não há diferenças entre as clínicas 01 e 02 (Ponto A e B) e entre a clínica 02 e o esgoto doméstico (Ponto B e C, respectivamente). É perceptível, que a razão dessa diferença dá-se pelos altos valores de DQO encontrados para a clínica 01 (Ponto A). Já no teste de Tukey as três amostras se comportaram como não sendo diferentes entre si.

Para o ferro dissolvido, ambos os testes apresentaram diferenças entre as amostras estudadas. No teste de comparação múltipla ocorre diferença significativa entre a clínica 02 (Ponto B) e o esgoto comum (Ponto C), enquanto que, o teste de Tukey apresentou diferença significativa entre as clínicas 01 e 02 (Ponto A e B, respectivamente) e o esgoto comum (Ponto C). Isso porque, os Pontos A e B apresentaram valores superiores para ferro dissolvido se comparados ao Ponto C.

Os demais parâmetros não apresentaram diferenças significativas entre as amostras dos Pontos A, B e C, tanto para o teste de comparação múltipla quanto para o teste de Tukey. Um fato importante, é que um grande número de comparações no teste de Tukey extrapolou o intervalo de confiança de 95%, por isso, a necessidade da realização do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

Tabela 9: Valores de p resultantes do Teste de Comparação Múltiplas de Kruskal-Wallis. Comparação entre amostras, dos valores quantificáveis, dos pontos A e B, Clínicas 01 e 02, e C, efluente doméstico.

Parâmetro	Ponto	A	B	C
DBO	A		0.5127	0.1266
	B	0.5127		0.0476
	C	0.1266	0.0476	
DQO	A		0.1266	0.0495
	B	0.1266		
	C	0.0495	0.1266	0.1266
Fe	A		0.5127	0.5127
	B	0.5127		0.0495
	C	0.5127	0.0495	
Fluoreto	A		0.3758	0.3687
	B	0.3758		0.3687
	C	0.3687	0.3687	
Mn ²⁺	A		0.4867	0.2463
	B	0.4867		0.7963
	C	0.2463	0.7963	
Nitrogênio Amoniacal	A		0.5127	0.1266
	B	0.5127		0.1266
	C	0.1266	0.1266	
Óleos e Graxas	A		0.6579	0.3758
	B	0.6579		0.5127
	C	0.3758	0.5127	
pH	A		0.1266	0.2752
	B	0.1266		0.8273
	C	0.2752	0.8273	
Sulfeto	A		0.2752	0.1266
	B	0.2752		0.5127
	C	0.1266	0.5127	
Zn	A		0.8273	0.2752
	B	0.8273		0.2752
	C	0.2752	0.2752	
Coliformes Totais	A		0.6579	0.5066
	B	0.6579		0.2683
	C	0.5066	0.2683	
<i>Escherichia coli</i>	A		0.2752	0.2752
	B	0.2752		0.5127
	C	0.2752	0.5127	

Nota: Valores inferiores a 0.05 (**marcados em negrito**): as amostras são significativamente diferentes em um nível de significância de 5%.

Tabela 10: Valores de p resultantes do Teste de Tukey (Análise de Variância). Comparação entre os valores quantificáveis das amostras dos pontos A e B, Clínicas 01 e 02, e C, efluente doméstico.

Parâmetro	Ponto	A	B	C
DBO	A		0.5363	0.2209
	B	0.5363		0.5372
	C	0.2209	0.5372	
DQO	A			
	B	0.1152		
	C	0.1152	0.1902	
Fe	A		0.7133*	0.0057
	B	0.7133*		0.0057
	C	0.0057	0.0057	
Fluoreto	A		0.527	0.5454
	B	0.527		0.2499
	C	0.5454	0.2499	
Mn ²⁺	A		0.5006	0.3686*
	B	0.5006		0.6173*
	C	0.3686*	0.6173*	
Nitrogênio Amoniacal	A		0.596	0.3243*
	B	0.596		0.3243
	C	0.3243*	0.3243	
Óleos e Graxas	A		0.8869	0.2252
	B	0.8869		0.2411
	C	0.2252	0.2411	
pH	A		0.1216	0.2519*
	B	0.1216		0.6675
	C	0.2519*	0.6675	
Sulfeto	A		0.3747*	0.3583*
	B	0.3747*		0.5895
	C	0.3583*	0.5895	
Zn	A		0.8829	0.2504
	B	0.8829		0.1781
	C	0.2504	0.1781	
Coliformes Totais	A		0.5908	0.1266*
	B	0.5908		0.1429*
	C	0.1266*	0.1429*	
<i>Escherichia coli</i>	A		0.5442	0.3636*
	B	0.5442		0.6208*
	C	0.3636*	0.6208*	

Nota: valores inferiores a 0.05 (**marcados em negrito**): as amostras são significativamente diferentes em um nível de significância de 5%. Valores marcados (*) o nível de significância na ANOVA foi extrapolado ($p > 0.05$).

CONCLUSÃO

A princípio, no presente trabalho, de acordo com os resultados obtidos nos pontos amostrados, com relação aos parâmetros aqui citados, devido à similaridade das características microbiológicas, físicas e químicas, e ainda, da elevada diluição, que sofrem os efluentes oncológicos, apenas das clínicas em estudo, ao serem lançados na rede pública de coleta, do ponto de vista técnico e científico, não há diferenças significativas entre o esgoto doméstico e o esgoto de clínicas de oncologia.

Dessa forma, espera-se que não seria necessária a aplicação de um tratamento específico de efluentes para essas instituições. O que evidencia ainda, a primária plausibilidade de lançamento destes efluentes em rede coletora de esgoto que possui tratamento, de acordo com os parâmetros físico-químicos e microbiológicos aqui discutidos. Entretanto, se caso, o lançamento ocorra diretamente em corpos receptores, o efluente oncológico, bem como o doméstico, o tratamento torna-se indispensável.

Todavia, apesar de não apresentar diferenças significativas nas avaliações físicas, químicas e microbiológicas, há ainda possibilidades dos dados apresentarem diferenças em outra categoria de ensaios, como, os ecotoxicológicos ou em testes físico-químicos mais apurados. Para uma melhor conclusão, recomenda-se a realização de testes toxicológicos, com a utilização de diferentes organismos, com intuito da avaliação do teor mutagênico desse tipo de efluente, e indicação de possíveis riscos ambientais na falta de tratamento desta categoria de água residuária.

Lembrando que, como esses efluentes enquadram-se na categoria de contaminantes emergentes, é recomendável a quantificação das substâncias quimioterápicas mais utilizadas pelas clínicas e presentes nos efluentes lançados, bem como, nas águas superficiais que recebem os despejos em torno do município de Goiânia, para melhor avaliação dos riscos ambientais e à saúde. Também é necessário o estudo do tempo de vida desses contaminantes, características de propagação e permanência no meio.

Recomenda-se ainda, dada à escassez de estudos que envolvem o tema, em função das peculiaridades do mesmo, aprofundar o conhecimento sobre a questão; bem como, devido à existência de legislações que obrigam o tratamento de resíduos de serviços de saúde, definir parâmetros específicos para regulamentar oficialmente o seu lançamento na rede pública e em corpos receptores.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Saneamento de Goiás (SANEAGO, S.A) pela disponibilização de dados de parâmetros físico-químicos; a Hugo Leonardo Soares Bento e Lorena Acelina Soares pela ajuda nas coletas das amostras; as clínicas de oncologia pela autorização em realizar as coletas e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (ANA), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos, Brasília, DF: CETESB, 2011. Pg. 228-229.

AUGUSTINHO L; FERREIRA A. *Impactos ambientais dos efluentes líquidos hospitalares no rio Paraguai*, Cáceres, MT. In: V Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-econômicos do Pantanal, Corumbá, 2004.

AYRES M., AYRES M. Jr., AYRES D. L. & SANTOS A. A. S. BioEstat - Aplicações estatísticas nas áreas da ciências Bio-Médicas, Belém-Pará/Brasil, 2007.

BILLA, D. M; DEZOTTI, M. *Fármacos no meio ambiente*, Química Nova, Vol. 26, nº 4, pg. 523-530, 2003.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, *Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011*, disponível em: <http://www.saude.mg.gov.br/publicacoes/estatistica-e-informacao-em-saude/residuos-de-servicos-de-saude/RE%20CONAMA%20403-2011_Lancamento%20de%20Efluentes.pdf>, acesso: 28 mai. 2012.

BUERGE I. J; BUSER, H. R; POIGER T; MÜLLER, M. D. *Ocurrence and fate of the cytostatic drugs cyclophosphamide and ifosfamide in wastewater and surface waters*, Environ. Sci. Technol., Vol. 40, nº 23, pg. 7742-7250, 2006.

CARVALHO A. R; SCHLITTLER, F. H. M; TORNISIELO, V. L; Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água, *Química Nova*, Vol. 23, nº 5, pg. 618-622, 2000.

CLESCERI L. S; GREENBERG, A. E; EATON, A. D; Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater, American Public Health Association, 21th Edition, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.

- DURINGAN J.G; SIPAÚBA-TAVARES, L.H; OLIVEIRA D.B.S de, Estudo Limnológico em tanques de piscicultura. Parte 1: Variação nictemeral de fatores físicos, químicos e biológicos. *Acta Limnol. Brasil.*, Vol. IV, pg. 211-223, 1992.
- EDVALT, F. R. S. *Caracterização Físico Química de Efluentes de Quatro Hospitais da Cidade de Porto Alegre*, Porto Alegre: UFRGS, Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- FERNANDES, C. *Esgotos Sanitários*, Ed. Univ./UFPB, João Pessoa, 1997.
- GUEDES, E. V. R; VON SPERLING, M; Avaliação comparativa entre águas residuárias de serviços de saúde e águas residuárias urbanas, In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 18 a 23 de setembro, Campo Grande/ MS, 2005.
- GUEDES, E. V. R. *Avaliação Comparativa entre Águas Residuárias de Serviços de Saúde e Águas Residuárias Urbanas*. 2004. 96 p. Dissertação. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2004.
- GRASSI, M; BELGIORNO, V; LOFRANO, G. *Emerging Compounds Removal from Wastewater*, SpringerBriefs in Green Chemistry for Sustainability, Springer, Chapter 2, p.15-37, 2012.
- ISAÚDE, Medicamento protege contra efeitos colaterais da quimioterapia, *Isaúde.net*, publicado em: 22 jan. 2013, disponível em: <<http://www.isaude.net/pt-BR/noticia/33306/geral/medicamento-protege-contra-efeitos-colaterais-da-quimioterapia>>, acesso em: 04 abr. 2013.
- JORDÃO, E. P; PESSOA, C. A. *Tratamento de esgotos domésticos*, 6ª Ed. Rio de Janeiro, ABES, 2000.
- MASSUMOTO. C; COREN, E. B. Quimioterapia: *Guia de orientação de pacientes em tratamento oncológico*, Medic Supply, Onco Center, disponível em: <http://www.oncocentermedicos.com.br/pdf/MedicSupply_GuiaQuimioterapia_v2.pdf>, acesso em: 01 jun. 2012.
- Mc CARTHY, P.I; BRODERSON C. F. *Theory of extended aerations activated sludge*. J. Wat. Pollut. Control Fed. 34, pp. 1095-1103, 1962.
- METCALF; EDDY. *Wastewater engineering treatment disposal reuse*. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2003.
- MOREIRA, J. C; GONÇALVES, E. S; BERETTA, M. Contaminantes Emergentes, *Revista Química Industrial*, nº 738, p. 4-13, 2013.
- PEREIRA, S. S. Resíduos de serviço de saúde, *Âmbito Jurídico*, Rio Grande, XIV, n. 93, out 2011, Disponível em: <<http://www.ambito->

juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=10528>, Acesso em: 02 abr. 2013.

PRÜSS A; TOWNEND K. *Management of Wastes from Health-Care Activities*, Geneve: World Health Organization, 1999.

RESENDE, A. C. B. *Detecção de microrganismos presentes no efluente hospitalar e na estação de tratamento de esgotos de Goiânia: Presença de bactérias gram-negativas resistentes aos antimicrobianos*, 131 p., 2009, Dissertação, Departamento de Ciências Ambientais e Saúde Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2009.

ROCHA, F. L. R; MARZIALE, M. H. P; ROBAZZI, M. L. C. C. *Perigos potenciais a que estão expostos os trabalhadores de enfermagem na manipulação de quimioterápicos antineoplásicos: conhecê-los para preveni-los*, Revista Latino-Americana Enfermagem, v. 12, n. 3, Ribeirão Preto, maio/jun. 2004.

SANTOS, C. *Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem*, Lisboa, Edições Sílabo, 2007.

SHAREEF, A; KOOKANA, R; KUMAR, A; TJANDRAATMADJA, G. *Source of Emerging Organic Contaminants in Domestic Wastewater: An Assessment Based on Literature Review*, CSIRO, October 2008.

SILVA JR. F. P. DE SIMONE, S. G. Protease como alvos de quimioterapia, *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, nº 22, pp. 12-17, set/out 2001.

SOUZA, C. N. *Tratamento primário de efluentes brutos de curtume quimicamente aprimorado por sedimentação*, Dissertação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2007.

VON SPERLING, M. *Introdução a qualidade das águas e tratamento de esgotos*, 3 ed. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

WEISSBROD, D. et al. *Mass flows of X-ray contrast media and cytostatics in hospital wastewater*, Environ. Sci. Technol., Vol. 43, nº 13, pg. 4810-4817, 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Health impacts of health-care waste*, Water Sanitation Health: Medical Waste, disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/medicalwaste/020to030.pdf>, acesso em: 29 jul. 2011.

APÊNDICE A – Procedimentos de coleta de amostras. (a) Ponto A de coleta Clínica 01; (b) Ponto B de coleta Clínica 02; (c) Ponto C de coleta Edifício residencial; (d) e (e) Tampão; (f) Coleta; (g) e (h) Frascos utilizados para coleta das amostras simples.



CAPÍTULO II

**COMPARAÇÃO DE EFLUENTES
PROVENIENTES DE INSTUIÇÕES
PRESTADORAS DE SERVIÇOS DE SAÚDE
ONCOLÓGICOS E EFLUENTE DOMÉSTICO:
UMA AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA**

Lidiane Michelini, Katia Kopp, Jéssica Rabelo

**COMPARAÇÃO DE EFLUENTES PROVENIENTES DE INSTITUIÇÕES
PRESTADORAS DE SERVIÇOS DE SAÚDE ONCOLÓGICOS E EFLUENTE
DOMÉSTICO: UMA AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA**

Lidiane Michelini, Katia Kopp, Jéssica Custódio Rabelo

RESUMO: A presença de fármacos no meio ambiente é uma questão alarmante, pois pode prejudicar e interferir nos ecossistemas receptores desses contaminantes. As drogas antineoplásicas, utilizadas em tratamentos de quimioterapia em instituições que prestam serviços oncológicos, possuem características mutagênicas, citotóxicas e teratogênicas. Além do que, por serem substâncias com alta capacidade de dispersão e bioacumulação podem influenciar inúmeros organismos. Por isso, este trabalho objetivou avaliar a toxicidade de efluentes oriundos de duas clínicas de oncologia e compará-los com o efluente doméstico. O organismo utilizado para ensaios de toxicidade crônica e aguda foi o crustáceo *Ceriodaphnia dubia*, e para ensaios genotóxicos, *Allium cepa*. Os efluentes de clínicas de oncologia mostraram-se mais tóxicos que o efluente doméstico, principalmente nas análises com *Ceriodaphnia dubia*, a partir de concentrações de 6,25%. Nos ensaios com *Allium cepa*, todos os efluentes apresentaram características citotóxicas e mutagênicas, sendo que, o efluente proveniente da Clínica 01 demonstrou-se o mais tóxico. Recomenda-se a utilização de tratamento adequado para as instituições que prestam esse serviço, bem como, a realização de testes ecotoxicológicos em mais níveis tróficos, com o intuito de quantificar questões referentes à bioacumulação.

ABSTRACT: The presence of pharmaceuticals in the environment is an alarming issue because it can harm and interfere in receivers ecosystems of these contaminants. The antineoplastic drugs, used in chemotherapy treatments in institutions providing cancer services have characteristics mutagenic, cytotoxic, and teratogenic. In addition, they are substances with great dispersability and bioaccumulation that can influence many organisms. Therefore, this study aimed to evaluate the toxicity of effluents from two oncology clinics and compare them with the domestic wastewater. The organism used for testing the acute and chronic toxicity was the crustacean *Ceriodaphnia dubia*, and genotoxicity assays, *Allium cepa*. The effluents from oncology clinical demonstrated to be more toxic than the domestic wastewater, particularly in the analysis with *Ceriodaphnia dubia*, from 6.25% concentrations. In tests with *Allium cepa*, all effluents showed cytotoxic and mutagenic characteristics, and the effluent from the Clinic 01 demonstrated to be the most toxic. It is recommended to use appropriate treatment for institutions that provide this service, as well as, carrying out ecotoxicological tests in more trophic levels, in order to quantify issues related to bioaccumulation.

PALAVARAS CHAVE: Ecotoxicologia, efluentes, oncologia.

INTRODUÇÃO

A presença de fármacos no meio ambiente é preocupante. Os fármacos, apesar de essencialmente utilizados para atingir o sistema humano, quando no meio ambiente, ao entrar em contato com enzimas portadoras de receptores similares dos organismos aquáticos, apresentam efeitos farmacodinâmicos parecidos. Isso prejudica o desenvolvimento natural da fauna e flora local. Além do que, há ainda o agravante de possíveis efeitos secundários, que apesar de não serem considerados importantes no tratamento de humanos, podem ocasionar maiores implicações em organismos não mamíferos em habitat aquático (SEILER, 2002).

É notável que, recentemente, haja ocorrido grande melhora na avaliação de fármacos lançados no mercado, mas isso ainda não é suficiente para garantir ausência total de riscos. Ainda que em baixas concentrações, esses medicamentos podem produzir sérios efeitos crônicos e afetar o sistema endócrino de vários organismos (BOUND; VOLULVOULIS, 2004).

Uma das maiores classes de fármacos, de grande importância para medicina, são as drogas utilizadas no tratamento anticâncer. Estas são denominadas drogas citostáticas ou antineoplásicas, e são utilizadas na quimioterapia de pacientes oncológicos para combater a propagação de células anormais pelo corpo (KOSJEK; HEATH, 2011). Substâncias quimioterápicas apresentam efeitos citotóxicos, mutagênicos, carcinogênicos e teratogênicos (KUMMERER, *et al.*, 2001), além do que, seus princípios ativos não atuam somente em humanos, atingindo a maioria dos organismos (JOHNSON *et al.*, 2008).

Apesar do efeito, ocorrência e propagação de substâncias citostáticas ainda apresentarem limitado estudo científico, é comprovada a presença delas em efluentes hospitalares, em efluentes já tratados em estações de tratamento de esgoto, e até mesmo, em águas superficiais (KOSJEK; HEATH, 2011). Na Suíça, Buerge *et al.* (2006) encontraram isofamida e ciclofosfamida, ambas citostáticas, em águas superficiais em faixas de 50 a 170 pg.L⁻¹.

Além da disposição inadequada, a presença dessas drogas no meio ambiente ocorre pela sua farmacodinâmica característica. Quando são metabolizadas e excretadas pelos pacientes, de 14% a 53% das drogas citostáticas, dependendo do medicamento, são excretadas na forma original, ou seja, não passam pela metabolização (SANDERSON *et al.*, 2004).

O fator agravante é que citostáticos não são biodegradáveis, persistem com grande mobilidade no ambiente aquático, e possuem alta capacidade de dispersão no meio. Há ainda, os antibióticos citotóxicos e alcaloides que, pela capacidade de adsorção em sedimentos, revelam grande potencial de bioacumulação no ecossistema (KOSJEK; HEATH, 2011).

Um estudo da avaliação ecotoxicológica e genotóxica, com componentes citotóxicos, demonstrou que a fluorouracila apresenta alta toxicidade em *Daphnia magna* e *Pseudomonas putida*, sendo que, com concentrações entre 0,04 – 0,05 mg.L⁻¹ os organismos apresentaram inibição de crescimento e alterações na reprodução (ZOUNKOVA *et al.*, 2010).

Quando realizado em componentes citotóxicos, ou em qualquer outra substância, as avaliações ecotoxicológicas permitem avaliar a toxicidade de agentes químicos, por meio de ensaios com organismos representativos, e avaliar os danos ocorridos em diversos sistemas, bem como, prever após a contaminação e os possíveis impactos futuros (ZAGATO; BERTOLETTI, 2008).

Segundo Zounkova (2010) a fluorouracila, a gemcitabina e a citarabina são tóxicas e apresentam efeitos nocivos em concentrações da ordem de mg.L⁻¹. É um fato preocupante quando essas substâncias são encontradas no meio ambiente. Já o alilisotiocianato e o fenetilisotiocianato, substâncias utilizadas na composição de medicamentos quimioterápicos, em testes com *Salmonella* e *Escherichia coli*, apresentaram alta genotoxicidade e grande potencial carcinogênico (KASSIE; KNASMÜLLER, 2000).

Num estudo de Ferk *et al.* (2009), realizado num hospital que possuía dejetos de atividades oncológicas em Viena, na Áustria, o efluente causou alarmantes danos no DNA de hepatócitos primários de ratos. Entretanto, esses efeitos eram diminuídos em aproximadamente 70% com o uso da filtração com membrana.

Outros organismos como os microcrustáceos também podem ser utilizados em avaliações de toxicidade. Como esses organismos se alimentam de algas e servem de alimentos para consumidores secundários, possuem um papel importante na cadeia alimentar, e por isso, justificam sua utilização em testes toxicológicos. Além do que, caso haja mudança na população e no comportamento desses organismos, pode haver indicação da interferência em outros níveis tróficos do ecossistema aquático (ZAGATO; BERTOLETTI, 2008). Além disso, como são facilmente cultivados em laboratório, possuem população homogênea e com sensibilidade constante, os gêneros da família *Daphnidae* tem sido muito utilizados na ecotoxicologia aquática (BEATRICI, 2004).

Já sistemas de testes vegetais como *Allium cepa* tem sido amplamente utilizados para estudos de detecção de genotoxicidade, perfazendo grande importância na avaliação do potencial mutagênico de compostos químicos e no monitoramento da poluição ambiental (MA *et al.*, 1995). Fiskejö (1985) enfatizou que a ativação de pró-mutagênicos em plantas possui alta relevância, pois seres humanos consomem plantas tratadas com agentes químicos e, além disso, há similaridades entre as fases de divisão celular entre plantas e animais, apesar

da diferença metabólica. Utilizando o *Allium cepa* é possível realizar análise de alterações cromossômicas, mensurar danos em sistemas expostos a mutagênicos e carcinogênicos, e obter indicação da proliferação adequada das células (GADANO *et al*, 2002).

Visto a importância da avaliação ecotoxicológica em substâncias que caracterizem algum risco ou impacto ao meio ambiente, e que efluentes de clínicas de oncologia possuem fármacos com capacidade teratogênica, mutagênica e carcinogênica, esse trabalho objetivou a avaliação ecotoxicológica e genotóxica e comparação de várias concentrações de três efluentes: dois oriundos de clínicas de oncologia e um efluente oriundo de ambiente doméstico no município de Goiânia, GO. Os ensaios foram realizados utilizando duas classes distintas de organismos, ensaios de toxicidade aguda e crônica com *Ceriodaphnia dubia* e ensaios de genotoxicidade e mutagenicidade com *Allium cepa*.

MATERIAIS E MÉTODOS

Pontos de amostragem

A coleta dos efluentes oncológicos foi realizada em duas instituições que prestam serviços de diagnóstico e tratamento com drogas quimioterápicas situadas no município de Goiânia, GO. As instituições são denominadas como Clínica 01 e Clínica 02. As clínicas utilizam da aplicação de drogas quimioterápicas e outras drogas para o tratamento de pacientes e não dispõem de serviços de radioterapia. A preparação dos medicamentos não é feita no local de atendimento aos pacientes, são terceirizadas e provenientes de laboratório especializado.

A Clínica 01 possui capacidade de oito leitos com média de atendimento/dia de 15 pacientes sem internação, 28 funcionários, uma cantina para funcionários, sua área construída é de 460 m² e gera uma quantidade de efluente mensal de 16 m³, valor condizente a 80% do valor consumido de água, equivalente a 20m³. A clínica 02 possui capacidade de 15 leitos com média de atendimento/dia de 30 pacientes sem internação, 37 funcionários, uma cantina para funcionários, sua área construída é de 635 m² e gera uma quantidade aproximada de efluente mensal de 47,2 m³, valor condizente a 80% do consumo de água mensal, equivalente a 59m³.

A coleta do efluente doméstico aconteceu em um edifício localizado no município de Goiânia, situado em um dos bairros centrais. A escolha foi feita por tratar-se de um ponto que recebe esgotos tipicamente domésticos sem nenhuma contribuição de serviços de saúde ou qualquer outro serviço que possa influenciar em sua composição. O edifício possui 15

apartamentos, uma loja de locação de vídeos, bem como um espaço comercial que realiza atividades massoterapêuticas, e gera uma quantidade estimada de 81,6 m³ de efluente mensais.

Salienta-se que o efluente produzido por todos os estabelecimentos, escolhidos para amostragem, são lançados na rede pública de esgoto e, por isso, recebem tratamento primário de efluentes pela empresa de saneamento público do estado de Goiás, Saneamento de Goiás, S.A., SANEAGO.

Coleta da amostra

A amostragem foi realizada após estudo das instalações hidráulicas dos locais de amostragem, sendo que, o local determinado foi a última caixa de passagem de esgoto antes do lançamento na rede pública de coleta de efluente. Para que fosse obtida uma amostra representativa de todo o período de geração de efluente, tanto do esgoto relativo ao funcionamento da clínica quanto do prédio, a forma escolhida para a amostragem foi a de amostra composta.

Para os efluentes oncológicos, o intervalo de coleta levou em consideração o período de funcionamento das clínicas (07h00min às 19h00min), que foi dividido em cinco (Figura 1). As coletas objetivaram seguir estes períodos quando possível, a duração da coleta foi variável de acordo com a vazão instantânea.



Figura 1: Intervalo de amostragem simples dos efluentes oncológicos coletados em duas clínicas no município de Goiânia, Goiás, Brasil.

Para o efluente doméstico, o intervalo de coleta levou em consideração o período de maior atividade dos moradores do prédio (06h00min às 22h00min), que também foi dividido em cinco (Figura 2). Da mesma maneira, as coletas objetivaram seguir os períodos pré-determinados quando possível.



Figura 2: Intervalos de amostras simples do efluente doméstico coletado em um prédio residencial no município de Goiânia, Goiás, Brasil.

Para composição da amostra composta seguiu-se metodologia proposta pelo Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA, 2012) de acordo com a equação 1.

$$V_{al} = \frac{Q_i \cdot V_{am}}{Q_m \cdot n} \quad (1)$$

Onde:

V_{al} = Volume da alíquota (mL)

Q_i = Vazão instantânea (mL/s)

Q_m = Vazão média (mL/s)

V_{am} = Volume total da amostra (mL)

n = número total de alíquotas

Com a finalidade de obter o valor da vazão instantânea as caixas de passagem de efluente passaram por medição, interrupção do fluxo de efluente e cronometragem do tempo necessário para alcançar o volume pré-determinado. Para alcançar este objetivo, a interrupção do fluxo ocorreu com auxílio de um tampão na tubulação de saída. A medição da capacidade volumétrica foi obtida utilizando um volume conhecido de água. Com a cronometragem do intervalo necessário para que a quantidade liberada de esgoto alcançasse o volume previamente demarcado, foi possível quantificar o tempo.

A vazão instantânea foi então calculada seguindo a equação 2.

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad (2)$$

Onde:

Q = Vazão (mL/s)

V = Volume (mL)

Δt = Variação do tempo (s)

As amostras compostas, constituídas das amostras simples coletadas nos cinco horários diferentes, em cada um dos três pontos, foram coletadas em três campanhas distintas, num total de três amostras por ponto. O número total de amostras foram nove (Tabela 1). As datas escolhidas não levaram em consideração a sazonalidade, já que a rede de esgoto, de todos os pontos, era exclusiva da rede pluvial.

Tabela 1: Local de coleta e data das amostragens de efluentes de clínicas de oncologia e doméstico dos pontos A, B e C realizadas para a comparação física, química e microbiológica no município de Goiânia, Goiás, Brasil.

Local	Ponto	Amostra 01	Amostra 02	Amostra 03
Clinica 01	Ponto A	20/04/2012	08/06/2012	04/07/2012
Clínica 02	Ponto B	05/05/2012	15/06/2012	07/07/2012
Efluente doméstico (prédio residencial)	Ponto C	08/10/2012	10/10/2012	16/10/2012

Cada amostra simples foi retirada da caixa de coleta com auxílio do coletor, e transferida para frascos de polietileno, acondicionados a 4°C até composição da amostra composta. Os procedimentos para coleta, transporte, preservação e análise das amostras obedeceram aos métodos padronizados existentes, preceituados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2005).

Ensaio com *Ceriodaphnia dubia*

Toxicidade Crônica e Aguda

Os ensaios de toxicidade aguda e crônica foram realizados com o microcrustáceo *C. dubia* utilizando a Norma NBR:13373:2010. Os organismos foram obtidos do Laboratório de Ecofisiologia e Ecotoxicologia Aquática que pertence ao Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos (NEEA), localizado no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) da USP/São Carlos, e aclimatados por uma semana no Laboratório de Qualidade das Águas e Monitoramento Ambiental (LAQUAMA), da Universidade Federal de Goiás, aonde foram realizados os testes por período determinado.

Fêmeas jovens com no máximo 24 horas de vida, foram expostas a cinco concentrações por períodos determinados, 48 horas no teste agudo e oito dias no teste crônico. Foram utilizadas as concentrações de 6.25%, 12,5%, 25%, 50% e 100%, com intuito de quantificar a progressão de efeitos observados e simular um processo de diluição quando o efluente passa por tratamento.

Para as diluições foi utilizada água deionizada reconstituída com pH próximo a neutralidade e dureza na faixa de 40 a 48 mg.L⁻¹ de CaCO₃. Os ensaios foram mantidos à temperaturas de 25±2°C, com fotoperíodo de 16 horas luz/ 8 horas de escuro e intensidade luminosa de aproximadamente 1100 lux.

Os testes foram feitos em recipientes descartáveis com capacidade para 25 mL, com volume final de solução de 20 mL. Cada concentração apresentou dez réplicas, com um organismo em cada réplica.

Para o ensaio de toxicidade aguda, os testes tiveram duração de 48 h. O número de organismos sobreviventes foi obtido com leitura utilizando lupa de aumento, bem como houve observação da quantidade de organismos que apresentavam paralisação.

Para o ensaio de toxicidade crônica os organismos foram submetidos à exposição por sete a oito dias. Sendo que, a cada 48 horas os organismos originais e os jovens foram transferidos, com auxílio de pipeta Pasteur, para novas soluções-ensaio e alimentados com alga *Selenastrum capricornutum* na concentração de 1x10⁵ células/mL e ração composta de *Artemia* sp. fermentada na concentração de 14 mg.L⁻¹.

Os ensaios foram aceitos quando a sobrevivência do grupo controle foi igual ou superior a 80% e quando haviam sido produzidos no mínimo 15 jovens por 60% das fêmeas sobreviventes do grupo controle.

O número médio de jovens produzidos por fêmea e o número de fêmeas adultas sobreviventes foram determinados no final do período de exposição, para posterior avaliação de possíveis efeitos na reprodução e sobrevivência dos organismos.

Ensaio com Allium cepa

Ensaio de genotoxicidade

As condições de tratamento dos espécimes seguiram as recomendações de Santos (2010) e Fiskejő (1985). As raízes secas e a túnica superficial escura em torno do bulbo foram removidas. Foram formados vários grupos de cebolas para cada condição de tratamento. Os bulbos foram colocados em vidros, em local seco arejado e com incidência de luz solar, por pelo menos dois dias em água de fornecimento público, realizando o revezamento das posições dos vidros na bancada. Após o crescimento das radículas os indivíduos foram colocados nas soluções com concentração de 100%, 50%, 25%, 12,5% e 6,25% da amostra, sendo a água de diluição constituída de água destilada, e também foi realizado um controle negativo (CN) constituído também de água destilada, durante 72 horas. Após esse tempo, as

raízes foram coletadas e armazenadas em tubos ependorff de 1,5 mL contendo solução fixadora álcool-ácida de Carnoy por um período mínimo de 24 horas.

As lâminas foram obtidas pelo método de esmagamento, onde, aproximadamente 1,0 cm da região apical radicular foram submetidas à hidrólise ácida de ácido clorídrico a 5N na temperatura ambiente por 15 minutos. A hidrólise permite boa coloração devido sua ação nas bases púricas do DNA, liberando grupos aldeídos e carboidratos. Em seguida as radículas foram mergulhadas em corante orceína acética a 1% por 20 minutos. Aproximadamente 0,5 cm das radículas foram depositadas em uma lâmina limpa e desengordurada, juntamente com uma gota de ácido acético a 22%. Posteriormente, as radículas foram levemente trituradas, com auxílio de uma lâmina de bisturi e recobertas por uma lamínula, seguido de uma leve pressão sobre o material visando espalhamento das células. Finalmente as lâminas foram seladas com esmalte.

As lâminas prontas foram levadas para a observação em microscopia de luz, utilizando-se diferentes magnitudes de aumento, variando de 40X a 100X. Na avaliação das células meristemáticas e determinação dos índices de aberrações em intérfases, metáfases e anáfases foi considerada a presença de binucleação, micronúcleos, e alterações envolvendo perdas cromossômicas e erros de migração cromossômica, bem como, a degradação nuclear.

Para cada tratamento foram analisadas 1000 células interfásicas (FISKESJÖ, 1985), totalizando 18000 interfásicas células por amostra de efluente. O índice mitótico foi obtido seguindo as recomendações de Oliveira *et al.* (1996), dividindo-se o número de células em mitose (prófase + metáfase + anáfase + telófase) pelo número total de células (intérfase + mitose) multiplicando-se por 100.

Análise Estatística

Ensaio com Ceriodaphnia dubia

Os resultados de toxicidade aguda e crônica com *Ceriodaphnia dubia* foram avaliados estatisticamente a partir do número de sobreviventes por réplica (toxicidade aguda e crônica) e do número total de neonatos produzidos por fêmea em cada estação amostral (toxicidade crônica). O objetivo foi determinar a presença ou ausência de toxicidade determinada pela diferença estatisticamente significativa das concentrações amostrais com o controle.

A toxicidade aguda foi expressa em termos CL50. A CL50 é uma estimativa da concentração de efluente que causa efeito a 50% da população exposta durante o período de

tempo determinado. Como a CL50 constitui estimativa pontual, obtida a partir de dados com uma única amostra, calculou-se também o intervalo de confiança de 95% (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008). Os resultados foram conseguidos por meio de análise de probitos e regressão linear utilizando o programa computacional STATISTICA 10.0 (REBELLO, 2011; STATSOFT, 2011).

Para a toxicidade crônica, os resultados foram expressos em CENO (Concentração de efeito não observado) e CEO (Concentração de efeito observado). A CEO corresponde a menor concentração na qual a média registrada não é bioequivalente à média do controle, e a CENO, por sua vez, é definida como a maior concentração em que a média obtida é bioequivalente à do controle (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008). Portanto quanto menor a CENO e maior a CEO, maior é o grau de toxicidade.

Os valores de CENO e CEO (porcentagem) foram determinados com o auxílio do programa computacional BIOSTAT 5.0., através da utilização do teste estatístico de Dunnett, tendo em vista que os dados obtidos foram normais e homogêneos, com igual número de réplicas em todas as concentrações.

Na avaliação dos efeitos do efluente na sobrevivência dos organismos *C. dubia*, no teste crônico, foi utilizado o teste Fisher (HARTMANN, 2004), utilizando o programa computacional BIOSTAT 5.0. Este teste determina a diferença estatisticamente significativa da sobrevivência nas diferentes concentrações em relação ao grupo controle. Já para a análise dos dados relativos aos efeitos de reprodução foi utilizado o teste de Dunnett (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

Ensaio com Allium cepa

Os resultados de células normais e anormais em interfase, anáfase e metáfase, e as médias de índice mitótico para cada concentração de efluente avaliada, foram submetidos à análise de variância por meio do teste não paramétrico Kruskal Wallis, e para as causas de diferenças estatísticas significativas, foi utilizado o teste Student Newman Keuls, com intervalo de confiança a 95%, já que os dados obtidos não eram normais e homogêneos, e ainda com diferentes números de repetição. Para correlacionar o índice mitótico, e porcentagem de aberrações com as concentrações de soluções teste aplicadas no organismo, foi utilizada a correlação de Pearson. Os resultados foram obtidos com o auxílio do programa computacional BIOSTAT 5.0 (AYRES *et al.*, 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ensaio com Ceriodaphnia dubia

Teste Agudo

Nos resultados do teste de toxicidade aguda aplicado no organismo *Ceriodaphnia dubia* (Tabela 2) foi perceptível que, na concentração de 100% e 50% de efluente, todos os organismos morreram quando expostos ao efluente das clínicas 01 e 02, enquanto que, na exposição do efluente doméstico apenas no ensaio 2 os organismos sobreviveram.

A concentração que obteve maior sobrevivência foi de 6,25% de efluente, que no Ponto B e C apresentou 0% de mortalidade, e no Ponto A apresentou o menor índice de mortalidade se comparado aos demais testes feitos nesse ponto.

Tabela 2: Porcentagem de mortalidade da *Ceriodaphnia dubia* no teste agudo, após exposição de 48h, nas diferentes concentrações de efluente, em diferentes ensaios para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).

Ponto	Ensaio	Concentrações (%)					
		100	50	25	12.5	6.25	0
A Clínica 01	1	100	100	20	0	10	0
	2	100	100	100	100	100	0
	3	100	100	100	100	50	0
B Clínica 02	1	100	100	100	10	0	0
	2	100	100	90	0	0	0
	3	100	100	100	0	0	0
C Efluente Doméstico	1	100	100	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	100	100	90	0	0	0

Quando feita a análise estatística dos resultados da Tabela 2, utilizando a regressão linear e análise de probitos, foi possível plotar os gráficos de probitos versus Concentração (Figura 3), e quantificar a concentração letal mediana (CL50) (Tabela 14) de cada ponto.

Na análise de probitos, a melhor resposta para regressão linear foi encontrada no efluente doméstico. Nesse ponto o coeficiente de regressão linear (r) foi igual a 0,9854. Fato perceptível, pois os pontos estão mais próximos da linha de regressão na análise de probitos Ponto C do que na análise de probitos Pontos A e B, Clínica 01 e Clínica 02 respectivamente (Figura 3). Nas clínicas 01 e 02 o valor do coeficiente de regressão linear encontrado foi de 0,5672 e 0,1920, respectivamente. Nessas amostras os pontos, correspondentes aos resultados

encontrados, estão, em sua maioria, fora do intervalo de confiança de 95%. Isto demonstra grande dispersão e variação de acordo com a amostragem. Isso é esperado, pois o efluente coletado nas Clínicas 01 e 02, Pontos A e B, pode ter apresentado maior ou menor toxicidade em determinada amostragem, dependendo dos pacientes que ali estavam, das medicações neles aplicadas, e dos descartes que foram feitos no dia amostrado. Efeito também observado em Silveira (2004), ao analisar efluentes hospitalares de Porto Alegre, Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Enquanto que, para o esgoto doméstico (Ponto C), os agentes tóxicos podem ter sido mais constantes, já que o cotidiano dos moradores do prédio segue uma rotina e o material descartado de forma geral é sempre o mesmo.

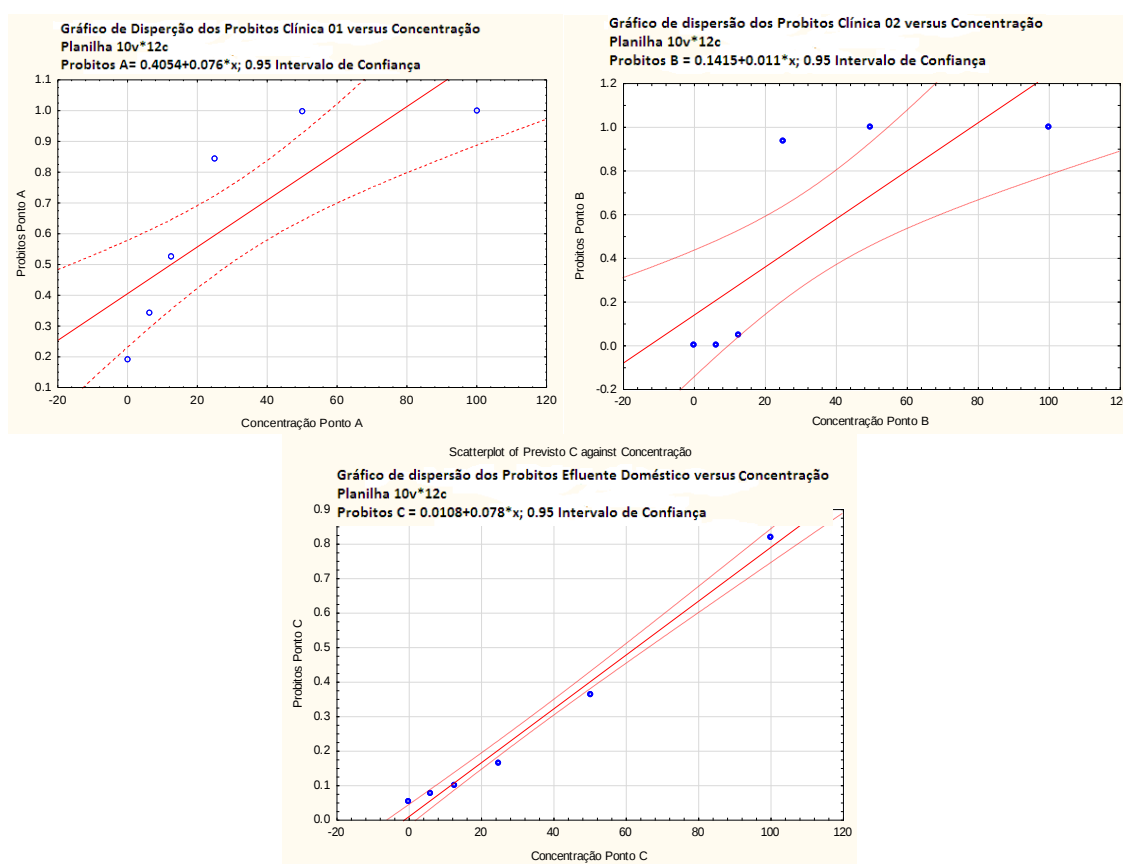


Figura 3: Representação gráfica em probitos versus concentração da mortalidade observada em uma população de *Ceriodaphnia dubia* exposta a diferentes concentrações de três efluentes dos Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).

Quando é feito o cálculo da CL50 é perceptível que, o efluente da clínica 01 afeta 50% dos organismos com concentração menor do que o efluente da clínica 02 e o doméstico (Tabela 3). Sendo que, o efluente doméstico apresentou a maior CL50, 62,27%, demonstrando ser o menos tóxico dentre os três pontos amostrados. Também é possível notar que, as variações do intervalo de confiança (95%) da clínica 01 e 02 são maiores do que para o

efluente doméstico, isso pode ser correlacionado a explicação da análise de regressão linear utilizando probitos, já supracitada.

Tabela 3: Concentração letal mediana (CL50) calculada para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico), e respectivo intervalo de confiança.

CL 50	Ponto A	Ponto B	Ponto C
	18.8205	32.47629	62.27479
- 95%	3.6472	17.43581	58.50382
+95%	33.9938	47.51678	66.04577

O baixo valor da CL50 para os efluentes das clínicas 01 e 02, 18,8205% e 32,47629% respectivamente, pode ter ocorrido devido à presença de substâncias utilizadas no tratamento quimioterápico, do uso de materiais de limpeza específicos para ambientes que prestam serviços de saúde, ou ainda, da interação entre as duas substâncias. Isso resultou num efeito tóxico maior aos organismos teste, comparando-se ao resultado encontrado para o efluente doméstico, Ponto C.

Outros estudos, também obtiveram resultados similares, com grande variação de concentração com efeito tóxico. Um exemplo é o estudo de Nogueira Neto (2009), que numa avaliação de toxicidade aguda das águas do rio Jundiaí e efluentes tratados com *D. similis*, um microcrustáceo, a CL50 (48h) encontrada variou de 15,52% a 84,95% dependendo do período amostrado. Já no trabalho de Silveira (2004), a CL50 (48h) de efluentes hospitalares, aplicados em teste agudo com *D. similis*, oscilou entre 5,98% e 87,41%.

Segundo Arezon (2004) a variabilidade das concentrações com efeitos tóxicos pode estar relacionada com a complexidade dos compostos presentes nas amostras, com a diferença das sensibilidades dos organismos, a presença de substâncias que não foram analisadas, ou ainda decorrentes da biodisponibilidade de certas substâncias.

Nesse estudo, a presença de substâncias antineoplásicas e excreções humanas contendo propriedades citotóxicas e mutagênicas, podem ter contribuído para a observação de maior efeito tóxico nos Pontos A e B, provenientes do efluente coletado nas clínicas 01 e 02, outra causa da toxicidade pode ser os produtos de limpeza utilizados nas clínicas que também podem ter interferido nos resultados de toxicidade.

Teste crônico

No teste de toxicidade crônica a sobrevivência dos organismos (Tabela 4) foi bastante parecida com o teste agudo (Tabela 2). Os organismos tiveram maior índice de

sobrevivência na concentração 6,25% de efluente, entretanto, no Ponto A apenas uma replicata sobreviveu, e no Ponto B, duas. O maior índice de mortalidade registrado, para os três pontos, foi com concentrações de 100% e 50% de solução teste, sendo que, nos Pontos A e B houve mortalidade atenuante também na concentração de 25%. Fato este não observado para o Ponto C.

Tabela 4: Proporções de sobrevivência registradas em ensaios crônicos com *Ceriodaphnia dubia* em diferentes concentrações nos Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico) amostrados na cidade de Goiânia, Goiás, Brasil.

Ponto	Ensaio	Concentração Testada (%)					
		100	50	25	12.5	6.25	0
A	1	0	0	70	100	90	100
	2	0	0	0	0	0	100
	3	0	0	0	0	0	100
B	1	0	0	0	80	100	100
	2	0	0	10	100	100	90
	3	0	0	0	0	0	100
C	1	0	0	90	80	90	60
	2	100	90	100	100	100	100
	3	0	0	0	70	100	100

Ao realizar o teste não paramétrico exato de Fisher (Tabela 5), quando há comparação da sobrevivência e mortalidade, nas diferentes concentrações aplicadas em cada ponto, com o respectivo controle, para o Ponto A e B, clínicas 01 e 02, todas as concentrações se mostraram significativamente diferentes. Isso significa a validação para o teste de hipótese, no qual, todas as concentrações são tóxicas. Enquanto que, para o Ponto C, efluente doméstico, a toxicidade é observada apenas nas concentrações de 50% e 100%.

Tabela 5: Valores de α bilateral resultantes do teste não paramétrico exato de Fisher da comparação da sobrevivência de *Ceriodaphnia dubia*, no teste crônico, entre o controle e as diferentes concentrações para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).

Concentração	Ponto A	Ponto B	Ponto C
6.25	0	0.0029	0.3533
12.5	0	0.0011	1
25	0	0	0.0716
50	0	0	0
100	0	0	0

Nota: Valores inferiores a 0.01 (**marcados em negrito**): as amostras são significativamente diferentes a um nível de significância de 1%.

Quando foi realizado o teste paramétrico de Dunnett, de comparação entre variâncias, a toxicidade foi observada a partir da concentração de 25% nos Pontos A e B, clínicas 01 e 02, e o Ponto C, efluente doméstico, só apresentou toxicidade na concentração de 100% de efluente (Tabela 6).

Tabela 6: Conclusão da análise estatística do teste paramétrico de Dunnett, de acordo com a comparação entre a sobrevivência média, no teste crônico de *Ceriodaphnia dubia*, do controle e as diferentes concentrações nos Pontos A, B e C.

Ponto	Concentração Testada (%)				
	6.25	12.5	25	50	100
Ponto A	NT	NT	TÓXICO	TÓXICO	TÓXICO
Ponto B	NT	NT	TÓXICO	TÓXICO	TÓXICO
Ponto C	NT	NT	NT	NT	TÓXICO

Nota: NT: Não tóxico, Valores de p inferiores a 0.05 (**marcados em negrito**, interpretados como **tóxico**): as amostras são significativamente diferentes a um nível de significância de 5%.

Os resultados da CEO e CENO (Tabela 7), obtidos a partir do teste de Dunnett (Tabela 6), apresentaram valores similares para os Pontos A e B, CEO de 25% e CENO de 12,5%. O Ponto C apresentou valores de CEO e CENO mais elevados, CEO 100% e CENO 50%, demonstrando novamente que o Ponto C, efluente doméstico, é menos tóxico que os Pontos A e B, clínicas 01 e 02.

Tabela 7: Cálculo da CENO e CEO pelo teste paramétrico de Dunnett para os Pontos A, B e C no teste de sobrevivência de toxicidade crônica utilizando o organismo *Ceriodaphnia dubia*.

Ponto	CEO	CENO
Ponto A	25	12.5
Ponto B	25	12.5
Ponto C	100	50

Em outros estudos, valores similares da CEO também foram constatados. A CEO encontrada por Hartmann (2004) numa avaliação de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*, em efluentes industriais, variou de 25 a 100 dependendo do período amostrado.

Testes ecotoxicológicos envolvendo *Ceriodaphnia dubia* também foram feitos diretamente com drogas antineoplásicas. É o caso do tamoxifeno, fármaco utilizado no tratamento de pacientes nas clínicas amostradas, que apresentou CL50 de $8,1 \times 10^{-4}$ mg.L⁻¹ num teste de sete dias (DELLAGRECA *et al.*, 2007).

Outros organismos também foram utilizados para avaliação da ecotoxicidade de antineoplásicos. Como, por exemplo, a ciclofosfamida, utilizada nas clínicas amostradas,

apresentou CEO de 100 mg.L⁻¹ e CENO de 56 mg.L⁻¹ em ensaios crônicos com o crustáceo *Daphnia magna* durante 21 dias (CRUNG *et al.*, 2008). Outra droga, metotrexate, também utilizada nas clínicas, apresentou CL50 em *Daphnia Magna* em concentrações superiores a 1,0 g.L⁻¹, em bactérias *Vibrio fischeri* CL50 de 1220mg.L⁻¹ em exposição de 30 minutos, em algas *Scenedesmus subspicatus* CL50 de 260 mg.L⁻¹ quando em exposição de 72 horas e em peixes *Danio rerio* CL50 de 85 mg.L⁻¹ quando em exposição de 48 horas (HENSCHER *et al.*, 1997).

Isso, somado ao fato de que drogas antineoplásicas tem sido detectadas em efluentes de hospitais em concentrações de 19 ng.L⁻¹ a 4,5 g.L⁻¹ (STEGE-HARTMANN *et al.*, 1997), torna-se um fator preocupante, e pode explicar porque as Clínicas 01 e 02, aqui representados como Pontos A e B, foram mais tóxicas aos organismos-teste do que o efluente doméstico, Ponto C.

Reprodução da *Ceriodaphnia dubia*

Quanto à reprodutibilidade dos organismos-teste, na concentração de 100% não houve reprodutibilidade em nenhum Ponto, em 50% somente no Ponto C (efluente doméstico), em uma das replicatas, com média de 5,67. Em 25%, somente o Ponto A (Clínica 01), em um ensaio, e o Ponto C (efluente doméstico). em dois ensaios, apresentaram organismos que reproduziram. Na menor concentração, 6,25%, o Ponto A apresentou uma replicata com média de reprodução de 20,67, o Ponto B, duas replicatas com média de 10,6 e 13,8, e o Ponto C, três replicatas com as maiores médias, 19,56, 13,9 e 22 (Tabela 8).

Tabela 8: Média de jovens reproduzidos por organismos sobreviventes, em cada ponto amostrado, no teste de toxicidade crônica com *Ceriodaphnia dubia*.

Concentração (%)	Média de Reprodução								
	Ponto A			Ponto B			Ponto C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	5.67	0
25	21.57	0	0	0	0	0	12.22	14.70	0
12.5	23.20	0	0	16.38	8.60	0	17.75	15.10	13.43
6.25	20.67	0	0	10.60	13.80	0	19.56	13.90	22.00
0	13.60	15.00	16.00	13.60	13.67	15.00	16.33	12.20	17.00

Ao analisar a tabela 8, é perceptível que de forma geral, quanto maior a concentração de efluente, os organismos reproduzem mais, até um pico onde há o decréscimo

da reprodução. Isso é explicável pelo efeito de hormesis, que faz uma correlação de dose-resposta quanto à reprodução de inúmeros organismos teste em ensaios ecotoxicológicos. Esse fenômeno explica que em doses baixas de contaminantes os organismos melhoram a reprodução em relação ao controle, e em doses altas, ocorre à inibição (RODRICKS, 2003; CALABRESE; BALDWIN, 2002).

Estatisticamente, a reprodutibilidade foi significativamente diferente do controle nas concentrações 100% e 50% em todos os pontos (Tabela 9). Sendo que o Ponto B, clínica 02, também apresentou diferença na concentração de 25%. Portanto, nesse critério não houve diferença significativa entre os efluentes das clínicas de oncologia e o efluente doméstico.

Tabela 9: Valores de p resultantes do teste paramétrico de Dunnett de variância da comparação de reprodução de *Ceriodaphnia dubia*, entre o controle e as diferentes concentrações para os Pontos A, B e C, com intervalo de confiança de 95%.

Concentração	Ponto A	Ponto B	Ponto C
100	0.0004	0.0005	0.0014
50	0.0004	0.0005	0.0067
25	0.3491	0.0005	0.2644
12.5	0.587	0.2374	0.9
6.25	0.3142	0.1818	0.3076

Nota: Valores inferiores a 0.05 (**marcados em vermelho**): as amostras são significativamente diferentes a um nível de significância de 5%.

Ensaio com Allium cepa

No ensaio com o organismo *Allium cepa* o número de prófase, metáfase, anáfase e telófase, bem como, porcentagem do índice mitótico e aberrações variaram de acordo com os Pontos A, B e C (Tabela 10). O maior e menor índice mitótico foi encontrado no Ponto C, 12,29% no controle, e 0.01% na concentração de 100%. As maiores e menores porcentagens de aberrações também foram encontradas no Ponto C, 58,60% e 2,07%, respectivamente. Ainda assim, valores altos, acima de 40% de aberrações, foram encontrados a partir da concentração de 50% nos Pontos A e B, fato não observado no Ponto C. Valores similares aos encontrado por Paz *et al.* (2006), que constatarem valores de aberrações entre 11.91% e 59.05% em diversas concentrações de efluentes hospitalares aplicados em *Allium cepa*.

Tabela 10: Resultados médios do número de prófase, metáfase, anáfase, telófase, interfase e porcentagem média do índice mitótico e aberrações, das análises com organismo teste *Allium cepa* para as diversas concentrações nos Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).

Ponto A							
Concentração	Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase	Interfase	%IM	% Aberrações
0	98	76	49	24	4371	5.65%	2.30%
6.25	98	81	54	26	7099	3.65%	2.17%
12.5	175	114	67	30	5122	7.54%	11.41%
25	89	75	19	6	5819	3.25%	27.41%
50	19	36	32	10	6089	1.59%	46.89%
100	42	27	30	8	5291	2.02%	40.92%
Ponto B							
Concentração	Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase	Interfase	%IM	% Aberrações
0	75	69	53	30	3286	6.91%	2.43%
6.25	79	72	36	31	4407	4.95%	2.57%
12.5	30	23	8	2	5130	1.23%	2.20%
25	12	5	9	2	7917	0.35%	5.97%
50	13	21	7	9	6372	0.78%	44.48%
100	10	17	4	5	6897	0.52%	51.18%
Ponto C							
Concentração	Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase	Interfase	%IM	% Aberrações
0	116	127	85	54	3108	12.29%	2.07%
6.25	33	34	35	10	3986	2.81%	3.39%
12.5	47	49	34	7	4282	3.20%	3.65%
25	63	48	23	21	4126	3.76%	11.02%
50	89	52	30	11	5898	3.09%	25.54%
100	0	1	0	0	7374	0.01%	58.60%

Nota: IM – Índice Mitótico

Quando feita a correlação das porcentagens de aberrações e índice mitótico com a concentração das soluções testes (Tabela 11), foi perceptível que as aberrações apresentaram forte correlação positiva, de acordo com Santos *et al.* (2007). Isso significa que quanto maior a concentração aplicada, maior a porcentagem de aberrações para os três pontos analisados, A, B e C. Entretanto, os índices mitóticos apresentaram moderada correlação negativa, ou seja, quanto maior a concentração, menor o índice mitótico. O decréscimo do índice mitótico com o aumento das concentrações também foi constatado por Bagatine *et al.* (2009) e Paz *et al.* (2006), que explicaram tal fator devido ao aumento de toxicidade proporcionado pela elevação da concentração de efluente exposta ao organismo-teste.

Tabela 11: Resultados do valor de “r Pearson” e “p” para correlação das porcentagens de aberração e índice mitótico com a concentração da solução teste, para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).

Análise	Ponto	(r) Pearson	p
Aberrações	Ponto A	0.831	0.04
	Ponto B	0.9246	0.0083
	Ponto C	0.9936	<0.0001
Índice Mitótico	Ponto A	-0.6795	0.1375
	Ponto B	-0.6322	0.178
	Ponto C	-0.6434	0.168

Para as análises de variância, utilizando o teste não paramétrico Kruskal-Wallis e Student-Newman-Keuls, nas aberrações, o Ponto A se mostrou significativamente diferente do controle a partir da concentração 12,5%, enquanto, os Pontos B e C, a partir da concentração de 50%. Já para o índice mitótico, o Ponto A não apresentou diferença significativa com o controle em nenhuma concentração testada, o Ponto C, apresentou diferença em todas as concentrações, e o Ponto B a partir da concentração de 25% (Tabela 12).

Tabela 12: Resultados do valor de “p” no teste de variância não paramétrico Kruskal-Wallis e Student-Newman-Keuls, entre o controle e as diversas concentrações de solução teste, das aberrações e índice mitótico para os Pontos A e B (clínicas de oncologia) e C (efluente doméstico).

Análise	Ponto	6.25%	12.5%	25%	50%	100%
Aberrações	Ponto A	0.8673	0.0495	0.0495	0.0495	0.01266
	Ponto B	0.8273	0.8273	0.8273	0.02752	0.0495
	Ponto C	0.2752	0.2752	0.2752	0.0495	0.0495
Índice Mitótico	Ponto A	0.5127	0.5127	0.2752	0.2752	0.2752
	Ponto B	0.5127	0.1266	0.0495	0.0495	0.0495
	Ponto C	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495	0.0495

Nota: Valores inferiores a 0.05 (**marcados em negrito**): as amostras são significativamente diferentes a um nível de significância de 5%.

Quanto aos resultados do presente estudo, foi perceptível a presença, em todos os casos estudados, de desarranjos cromossômicos nas fases mitóticas, pela ação de microtúbulo despolimerizante. Bem como, células binucleadas e micronucleadas (Figura 10), indicando a presença de compostos citotóxicos e genotóxicos. Características também presentes em estudo feito com antibiótico amoxilina por Santos (2009), e em efluentes hospitalares por Bagatini *et al.* (2009).

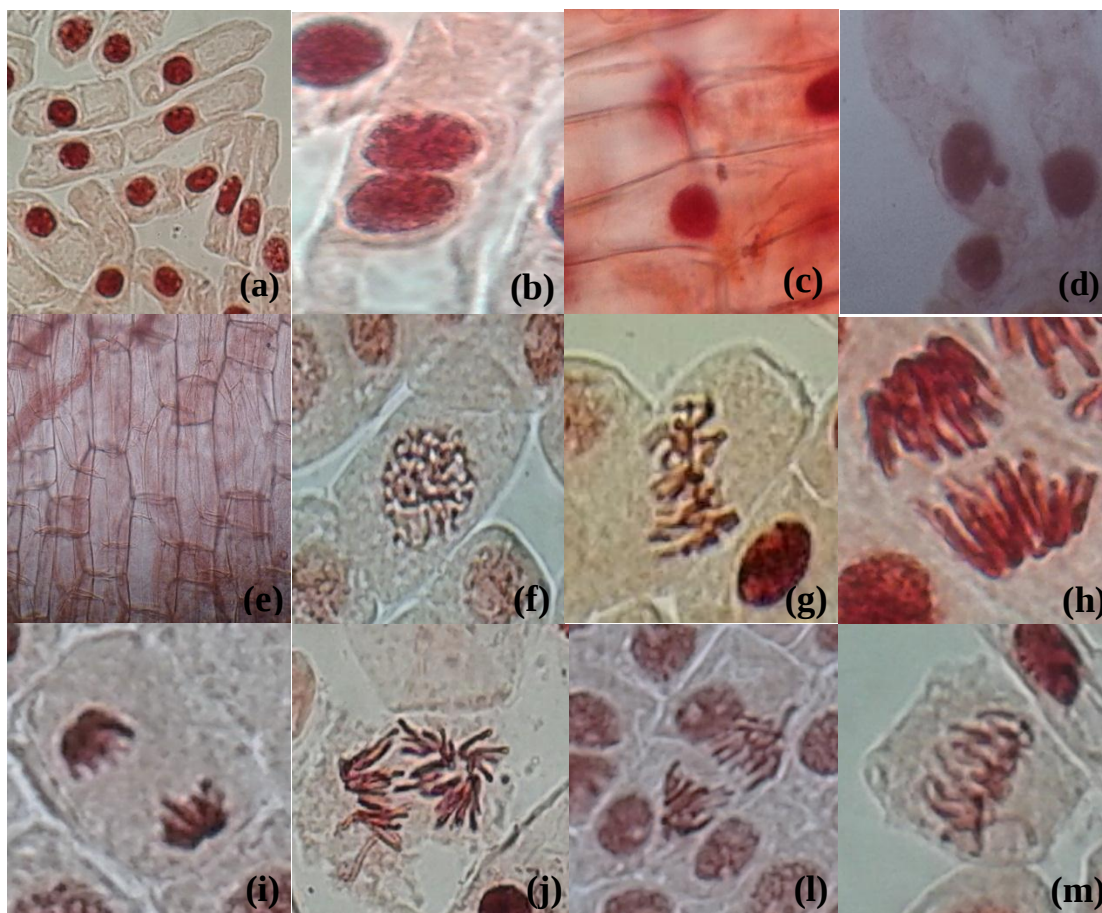


Figura 4: Células de *Allium cepa* ciclo celular após exposição a diversas concentrações de efluentes dos Pontos A, B e C. (a) Células em interfase; (b) Célula binucleada; (c) e (d) Células com micronúcleo; (e) Células em degradação nuclear; (f) Prófase; (g) Metáfase normal; (h) Anáfase normal; (i) Telófase; (j) Anáfase anormal; (l) Anáfase anormal; (m) Metáfase anormal.

Organismos vivos que são frequentemente expostos a agentes ambientais capazes de induzir alterações cromossômicas (mutações), podem apresentar desenvolvimento de processos cancerígenos e morte celular. A detecção desses produtos e seus possíveis efeitos em organismos vivos são importantes no estudo de impactos causados em animais, plantas e principalmente na população humana (PAZ *et al.*, 2006).

Outro fator importante, é que macroscopicamente foram visualizadas alterações graves nas coifas, que apresentaram severa desidratação a partir da concentração de 50%. Ao passar por visualização microscópica, foi detectada degradação nuclear nesse material em todos os pontos analisados (Figura 10e).

Apesar do exposto não foi observada correlação entre os testes de *Ceriodaphnia dubia* e *Allium cepa*. O mesmo resultado foi encontrado por Silveira (2004) em testes com *Daphnia similis* e *Allium cepa*.

CONCLUSÃO

Na análise de toxicidade feita em efluentes provenientes de estabelecimentos de saúde oncológicos, com o organismo *Ceriodaphnia dubia*, aqui estudados e amostrados, a partir dos resultados acima apresentados, é perceptível que esses efluentes demonstraram-se tóxicos a partir de baixas concentrações (6.25%). Fato também constatado por Silveira (2004). Isso indica possíveis danos potenciais a ecossistemas receptores e enfatiza a necessidade de tratamento adequado para se evitar prejuízos futuros mais graves aos ecossistemas. Além do que, é perceptível que, os efluentes de origem de estabelecimentos oncológicos são mais tóxicos, em menores concentrações, do que do efluente proveniente de ambiente doméstico.

Dos efluentes estudados percebe-se que, todos os efluentes amostrados apresentaram risco genotóxico e citotóxico nas análises com *Allium cepa*. Fato também observado por Jolibois e Guerbet (2004), ao comparar efluentes hospitalares e domésticos. Ainda assim, é notável que o efluente proveniente da Clínica 01 apresentou maior risco genotóxico, em concentrações maiores de 12,5% de solução teste, do que os demais efluentes amostrados. Reforçando a necessidade de tratamento adequado a fim de evitar possíveis danos aos ecossistemas receptores.

Vale ressaltar que as concentrações utilizadas, neste trabalho, simulam a ação da diluição do efluente proveniente de clínicas de oncologia com o efluente doméstico quando na estação de tratamento de esgoto. Isso aliado ao fato de que baixas concentrações mostraram-se tóxicas, e a Estações de Tratamento de Efluentes não tem capacidade de retirar a maioria dos contaminantes provenientes de ambientes hospitalares (PAUWELS; VERSTRAETE, 2006), é recomendável estudos que relatem a presença e concentração de drogas antineoplásicas nos mananciais superficiais em torno do município de Goiânia, como o feito por Yu- Chen Lin *et al.* (2010) em Taiwan.

Recomenda-se ainda, a partir dos resultados obtidos, o estudo do melhor tratamento a ser aplicado nos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde de oncologia. Bem como, o monitoramento desse efluente utilizando testes de toxicidade com mais organismos, em três níveis tróficos, a fim de quantificar questões referentes à bioacumulação, antes e após o tratamento. Outro aspecto primordial é a revisão da legislação vigente, com o intuito de contemplar questões referentes a análises ecotoxicológicas, em níveis de toxicidade crônica, aguda e genotóxica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Saneamento de Goiás (Saneago, S.A) pela disponibilização de dados de parâmetros físico-químicos; a Karine Prado Silva, Livia Cordeiro Borges e João Victor Ferreira Melo, pela ajuda nos trabalhos laboratoriais; a Hugo Leonardo Soares Bento e Lorena Acelina Soares pela ajuda nas coletas das amostras; a Paulo Sérgio Scalize pela disponibilização de materiais para análises; as clínicas de oncologia pela autorização em realizar as coletas; ao Laboratório de Ecofisiologia e Ecotoxicologia Aquática do Núcleo de Estudos em Ecossistemas Aquáticos (NEEA), localizado no Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada (CRHEA) da USP/São Carlos por ceder os organismos-teste; à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA), Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos, Brasília, DF: CETESB, 2011. Pg. 228-229.
- ARENZON, A. *Ensaio ecotoxicológicos no monitoramento da qualidade de águas subterrâneas potencialmente impactadas*, Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 94p. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT-NBR 13373:2010, Ecotoxicologia Aquática-Toxicidade Crônica-Método de ensaio com *Ceriodaphnia spp* (Crustacea, Cladocera), 15 P., 01 dez. 2010.
- AYRES, M; AYRES JR. M; AYRES, D. L; SANTOS, A. A. S. BioEstat: Aplicações estatísticas nas áreas da ciência bio-médica, Pará, Belém, 2007.
- BAGATINI, M. D; VASCONCELOS, T. G; LAUGHINGHOUSE, H. D; MARTINS, A. F; TEDESCO, S. B. Biomonitoring Hospital Effluents by the *Allium cepa* L. Test, *Bull Environ Contam Toxicol*, vol. 82, p. 590-592, 2009.
- BEATRICI, A. C. *Avaliação da fertilidade e sensibilidade de Daphnia similis e Daphnia magna* (Crustácea, Cladocera) submetidas a diferentes tipos de dietas e meios de cultivo. 2004. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.
- BOUND, J.P; VOLULVOULIS, N; Pharmaceuticals in the aquatic environmet – a comparison of risk assessment strategies, *Chemosphere*, nº 56, p. 1143-1155, 2004.

- BUERGE I. J; BUSER, H. R; POIGER T; MÜLLER, M. D. Occurrence and fate of the cytostatic drugs cyclophosphamide and ifosfamide in wastewater and surface waters, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 40, n° 23, pg. 7742-7250, 2006.
- CALABRESE, E. J; BALDWIN, L. A. Hormesis: The dose-response revolution, *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, Vol. 43, p. 175-197, 2003.
- CLESCERI L. S; GREENBERG, A. E; EATON, A. D; Standard Methods For Examination Of Water And Wastewater, American Public Health Association, 21th Edition, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2005.
- DELLAGRECA, M; IESCE, M. R; ISIDORI, M; NARDELLI, A; PREVITERA, L; RUBINO, M. Phototransformation products of tamoxifen by sunlight in water. Toxicity of the drug and its derivatives on aquatic organisms, *Chemosphere*, n° 67, p. 1933–1939, 2007.
- FISKESJÖ, G. The allium test as a standard in environmental monitoring, *Hereditas*, vol. 102, pg. 99-112, 1985.
- GADANO, A; GURNI, A; LÓPEZ, P; FERRARO, G; CARBALLO, M; In vitro genotoxic evaluation of the medicinal plant *Chenopodium ambrosioides*.L. J, *Ethonopharmacol*, n° 81, p. 11-16, 2002.
- GRUNG, M; KÄLLQVIST, T; SAKSHAUG, S; SKURTVEIT, S; THOMAS, K.V; Environmental assessment of Norwegian priority pharmaceuticals based on the EMEA guideline, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* n° 71, p. 328–340, 2008.
- HARTMANN, C. C. *Avaliação de um efluente industrial através de ensaios ecotoxicológicos e análises físico químicas*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 84 p. 2004.
- HENSCHER, K. P; WENZEL, A; DIEDRICH, M; FLIEDNER, A; Environmental hazard assessment of pharmaceuticals, *Regul. Toxicol. Pharm.* n° 25, p. 220–225, 1997.
- JOHNSON, A.C; JÜRGENS, M.D; *et al.*, Do cytotoxic chemotherapy drugs discharged into rivers pose a risk to the environment and human health? An overview and UK case study. *J. Hydrol.* N° 348, p. 167–175, 2008.
- JOLIBOIS, B; GUERBET, M. Evaluation of industrial, hospital and domestic wastewater genotoxicity with *Salmonella* fluctuation test and the SOS chromotest, *Mutation Research*, vol. 565, p. 151-162, 2005.
- KASSIE, F; KNASMÜLLER, S. Genotoxic effects of allyl isothiocyanate (AITC) and phenethyl isothiocyanate (PEITC), *Chemico- Biological Interactions*, n° 127, p. 163-180, 2000.

- KOUSJEK, T. HEATH, E. Occurrence, fate and determination of cytostatic pharmaceuticals in the environment, *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 30, Nº 7, p. 1065-1087, 2011.
- KUMMERER, K.E. *Pharmaceuticals in the Environment: Sources, Fate, Effect and Risks*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2001.
- MA, T. H; XU, Z; XU, C; MCCONNELL, H; RABAGO, E. V; ARREOLA, G. A; ZHANG, H. The improved Allium/Vicia root tip micronucleus assay for clastogenicity of environmental pollutants. *Mutat Res*, nº 334, p. 185-195, 1995.
- NOGUEIRA NETO, A. C. *Avaliação da toxicidade aguda e crônica em águas do Rio Jundiá e em efluentes da ETE Novo Horizonte, Jundiá, São Paulo*, Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 75 p. 2009.
- OLIVEIRA, V. R.; SCAPIM, C. A.; OLIVEIRA JR., R. S. & PIRES, N. M. Efeito do herbicida trifluralin sobre a germinação de sementes e índice mitótico em raízes de milho (*Zea mays* L.), *Revista Unimar*, vol. 18, pg. 537-544, 1996.
- PAUWELS, B; VERSTRAETE, W. The treatment of hospital wastewater: an appraisal, *Journal of Water and Health*, 04.4, p. 405-416, 2006.
- PAZ, M; MUZIO, H; MENDELSON, A; MAGDALENO, A; TORNELLO, N. B; MORETTON, J. Evaluation of genotoxicity of Buenos Aires city hospital wastewater samples, *Braz. Soc. Ecotoxicol.*, Vol. 1, Nº 1, p. 1-6, 2006.
- REBELLO, M. Análise de Probitos, *ScienceBlogs Ciência, Cultura e Política*, 27 de março de 2011. Disponível em: <<http://scienceblogs.com.br/vqeb/tag/probitos/>>, acesso em: 29 abr. 2013.
- RODRICKS, J. V. Toxicological Highlight: Hormesis and Toxicological Risk Assessment, *Toxicological Sciences*, Vol. 71, p. 134-136, 2003.
- SANDERSON, H; BRAIN, R. A; JOHNSON, D.J; WILSON, C.J; SOLOMON, K.R. Toxicity classification and evaluation of four pharmaceuticals classes: antibiotics, antineoplastics, cardiovascular, and sex hormones, *Toxicology*, vol. 203 p. 27-40, 2004.
- SANTOS, C. *Estatística Descritiva - Manual de Auto-aprendizagem*, Lisboa, Edições Sílabo, 2007.
- SANTOS, L. M. E. Mutagenicidade promovida pela degradação da amoxicilina com reagente fenton, *Estudos Goiânia*, v. 37, n. ¾, p. 381-401, mar/abr. 2010.
- SEILER, J.P; Pharmacodynamic activity of drugs and ecotoxicology—can the two be connected, *Toxicology Letters* 131, 105-115, 2002.
- SILVEIRA, I. C. T. *Cloro e ozônio aplicados à desinfecção de efluente hospitalar tratado com contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em Daphnia similis*,

Dissertação de mestrado, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 173p. 2004.

STATSOFT. STATISTICA, (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com, Inc. 2011.

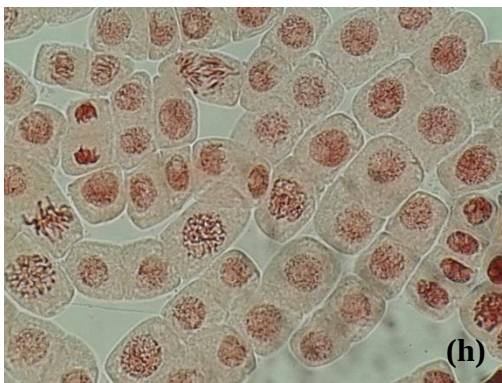
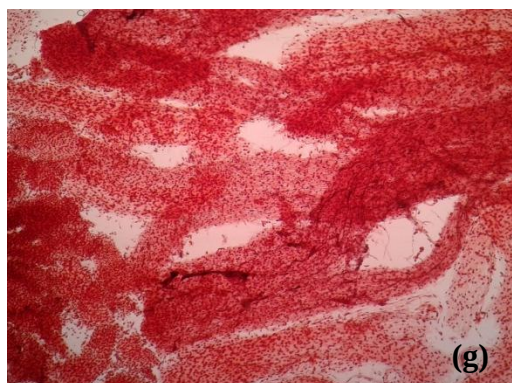
STEGER-HARTMANN, T; KÜMMERER, K; HARTMANN, A. Biological degradation of cyclophosphamide and its occurrence in sewage water, *Ecotoxicol. Environ. Saf.* Vol. 36, p. 174–179, 1997.

YU-CHEN LIN, A; WANG, X. H; LIN, C. F. Impact of wastewaters and hospital effluents on the occurrence of controlled substances in surface waters, *Chemosphere*, nº 81, p. 562-570, 2010.

ZAGATTO, P. A; BERTOLETTI, E. *Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações*, 2ª Ed., São Carlos, Rima, 2008.

ZOUNKOVA, R; KOVALOVA, L. BLAHA, L. DOTT, W. Ecotoxicity and genotoxicity assessment of cytotoxic antineoplastic drugs and their metabolites, *Chemosphere*, nº 81, p. 253-260, 2010.

APÊNDICE A – Ensaio de toxicidade. (a) e (b) Organismo teste *Ceriodaphnia dubia*, (c) Cultura de *Ceriodaphnia dubia*, (d) Teste toxicológico com *Ceriodaphnia dubia*, (e) Teste citotóxico com *Allium cepa*, (f) Comparação entre bulbos exposto ao efluente da Clínica 01 e organismo controle, (g) Visualização microscópica com aumento de 10X das células de *Allium cepa*, (h) Visualização microscópica com aumento de 100X das células de *Allium cepa*.



APÊNDICE B – Carta enviada às instituições de oncologia para solicitar a autorização para a realização do estudo.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE**

Caro senhor (a) diretor (a) da “Nome da Instituição”

Venho por meio deste solicitar a sua autorização para a coleta de dados a fim da realização de um estudo sobre os resíduos gerados por sua unidade. O título preliminar da pesquisa é “*Avaliação Físico-Química, Microbiológica e ecotoxicológica de Efluentes Gerados por Clínicas de Oncologia de Goiânia*”. Os objetivos do trabalho são fazer uma caracterização físico-química, microbiológica e toxicológica dos efluentes líquidos gerados rotineiramente por sua instituição.

O desenvolvimento do estudo envolve a aplicação de questionários para a caracterização da estrutura hospitalar e dos resíduos gerados bem como a coleta de efluentes para a realização das análises.

O trabalho será realizado pela discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente, Lidiane Jorge Micheline (matrícula 20110328) durante o período de aproximadamente um ano e meio.

Nós nos comprometemos a manter em sigilo o nome da sua instituição caso os resultados encontrados não sejam satisfatórios.

Atenciosamente,

Katia A. Kopp

Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente –
PPGEMA

Goiânia, 16 de Maio de 2011.

APÊNDICE C – Questionário realizado para o levantamento de dados sobre o funcionamento e medicamentos aplicados nas instituições de oncologia participantes da pesquisa.

Pesquisa de dados Clínica 1		
1.	Período de funcionamento: 7:00 – 19:00 seg. a sexta	
2.	Endereço: -----	
	3.1 Setor: -----	
	3.2. Circunvizinhanças: Hospital, Clínica, Comércio	
4.	Área construída: 460 m ²	
5.	Área Disponível: 460 m ²	
6.	6.1. Turnos de trabalho: 2 turnos	
	6.2. Funcionários: 28	6.3. Estagiários: 01
	6.4. Leitos: 08	
7.	Serviços terceirizados: (I) Interno (E) Externo (N) Não Possui	
	(E) Lavanderia	(I) Cozinha (N) Bar
	(E) Limpeza	(I) Laboratório (N) Radioterapia
	(E) Farmácia	(I) Manutenção () Outros
8.	Convênios: UNIMED, IPASGO, CASSI, Bradesco, CELGMED, CAPESAÚDE, PLANMED, AMIL, ASSEFAZ, ASCEF, ASTIR, BLUELIFE, Bombeiros, SAM, CAEME, Caixa de Assistência aos Funcionários SANEAGO, Fundação ITAU, Caixa de Assistsências Funcionários do BEG, Correios, FUSEX, GAMASAÚDE, GEAP, IMAS, MEDIAL SANDE, Particular, Petrobrás, PROMED, SAMP, Sul América, Paz Universal.	
9.	Fontes de abastecimento de água:	
	(X) Rede Pública	() Poço artesiano () Outros
10.	Volume de água consumido mensalmente: 20 m ³	
11.	Material da tubulação: PVC e Ferro	
12.	Localização dos pontos de emissão: 3 caixas coletores, 1 caixa final no corredor a direita	
13.	Corpo receptor do efluente: Rede pública	
14.	Há tratamento do efluente: () Sim (X) Não	
	14.1. Tratamento realizado:	
	14.2. Eficiência:	
	14.3. Frequência das medições:	
15.	Há caracterização do efluente: () Sim (X) Não	
	15.1. Período:	
	15.2. Parâmetro analisados:	
16.	Produtos químicos utilizados na limpeza e higienização do estabelecimento: Becker clorex – hipoclorito Magic Flat - multi uso Becker playter – detergente	Alcool a 70% Becker Declor Removec – Desincrustante Star Glass – limpa vidros
17.	Produtos químicos manipulados na farmácia: Complexo B 2 - vitamina Vitamina C - vitamina Hialuronidase - enzima Dexameasona – hormônio corticosteróide Hidrocortisona – hormônio corticosteróide Clorpromazina - psicotropico Fenitoina Sódica - psicotropico Haloperidol - psicotropico Morfina - psicotropico Tramadol - psicotropico Adrenalina/Epinefrina - hipertenso Dopamina - hipertenso Norepinefrina -hipertenso Difenidramina – antihistaminico	BG - diluente Manitol - diluente Ringer com lactato - diluente Ringer Simples - diluente Dipirona Sódica - analgésico Paracetamol - analgésico Omeprazol - antiacido Ranitidina – antiácido Amiodarona – antiarritmicos Heparina Sódica – anticoagulantes Bicarbonato de Sódio – hidroeletrólítico Cloreto de Potássio – hidroeletrólítico Cloreto de Sódio – hidroeletrólítico Gliconato de Cálcio – hidroeletrólítico Glicose – hidroeletrólítico

APÊNDICE C - Continuação

	Prometazina – antihistaminico Cetoprofeno - antiinflamatório Tenoxicam – antiinflamatório Tenoxicam - antiinflamatório Aminofilina - broncodilatadores Cedilanide - cardiotonico Água Injeção - diluente BF – diluente	Sulfato de Magnésio – hidroeletrolítico Bromoprida – Antinausea Dramin – Antinausea Ondasetrona – Antinausea Atropina – antiespasmoticos Buscopan - antiespasmoticos																																																																																																																																															
18.	Produtos químicos utilizados no tratamento de pacientes: Diazepam - psicotrópico Dexclorfeniramina - antihistaminico Zoladex - hormonioterápico Filgrastine – imunoterápico	Nifedipino – antianginoso/ vasodilatador Loperamida - antidiarreico Captopril – antihipetensivos																																																																																																																																															
18.1. Produtos quimioterápicos:																																																																																																																																																	
	<table><tr><th>Principio Ativo</th><th>Referência</th><th>Similar</th><th>Generico</th></tr><tr><td>Alfainterferona 2b</td><td>Blauferon-B</td><td>Alfainterferona 2b Recombinante (Bioss)</td><td></td></tr><tr><td>Acido Zoledrônico</td><td>Zometa</td><td></td><td>Acido Zoledrônico</td></tr><tr><td>Anastrozol</td><td>Arimidex</td><td></td><td>Anastrozol (Euro)</td></tr><tr><td>Alfaepoetina</td><td>Eprex</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Asparaginase</td><td>Elspar</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Alfapeginterferona 2a</td><td>Pegasis</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Aprepitante</td><td>Emend</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bortezomibe</td><td>Velcade</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bleomicina</td><td>Bonar</td><td>Tecnomicina</td><td></td></tr><tr><td>Bevacizumab</td><td>Avastin</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bicalutamida</td><td>Casodex</td><td>Gepeprostin (Sand.)</td><td>Bicalutamida (Acc)</td></tr><tr><td>Citarabina</td><td>Aracytin</td><td>Fauldcita</td><td>Citarabina (Acc)</td></tr><tr><td>Carboplatina</td><td>Paraplatin</td><td>Fauldcarbo /Tecnocarb</td><td></td></tr><tr><td>Cisplatina</td><td></td><td>Fauldcispla/Tecnoplatin</td><td></td></tr><tr><td>Ciclofosfamida</td><td>Genuxal</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Carmustina</td><td>Becenun</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Cetuximabe</td><td>Erbitux</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Capecitabina</td><td>Xeloda</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Doxorrubicina</td><td>Adriblastina</td><td>Doxolen / Rubidox</td><td></td></tr><tr><td>Docetaxel</td><td>Taxotere</td><td>Oncodocel/Docelibbs</td><td></td></tr><tr><td>Doxorrubicina Lipossomal</td><td>Caelyx</td><td>Doxopeg</td><td></td></tr><tr><td>Dacarbazina</td><td>Dacarb</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Dactinomicina</td><td>Cosmogen</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Daunorrubicina</td><td>Daunocin</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Decitabina</td><td>Dacogen</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Etoposideo</td><td></td><td>Eposido</td><td></td></tr><tr><td>Epirubicina</td><td>Farmorrubicina</td><td>Tecnomax</td><td>Epirubicina (Acc)</td></tr><tr><td>Exemestano</td><td>Aromasin</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Erlotinibe (Cloridrato)</td><td>Tarseva</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Enoxaparina Sódica</td><td>Clexane</td><td>Endocris /Enoxalow</td><td></td></tr><tr><td>Fluorouracil</td><td>Fauldfluor</td><td></td><td>Fluorouracil (Euro)</td></tr><tr><td>Fludarabina</td><td>Fludara</td><td>Fludalibbs</td><td></td></tr><tr><td>Folinato de Cálcio</td><td>Fauldleuco</td><td></td><td>Folinato de Cálcio</td></tr><tr><td>Fulvestranto</td><td>Faslodex</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Filgrastin</td><td>Granulokine</td><td>Filgrastine</td><td></td></tr></table>	Principio Ativo	Referência	Similar	Generico	Alfainterferona 2b	Blauferon-B	Alfainterferona 2b Recombinante (Bioss)		Acido Zoledrônico	Zometa		Acido Zoledrônico	Anastrozol	Arimidex		Anastrozol (Euro)	Alfaepoetina	Eprex			Asparaginase	Elspar			Alfapeginterferona 2a	Pegasis			*Aprepitante	Emend			Bortezomibe	Velcade			Bleomicina	Bonar	Tecnomicina		Bevacizumab	Avastin			Bicalutamida	Casodex	Gepeprostin (Sand.)	Bicalutamida (Acc)	Citarabina	Aracytin	Fauldcita	Citarabina (Acc)	Carboplatina	Paraplatin	Fauldcarbo /Tecnocarb		Cisplatina		Fauldcispla/Tecnoplatin		Ciclofosfamida	Genuxal			Carmustina	Becenun			Cetuximabe	Erbitux			Capecitabina	Xeloda			Doxorrubicina	Adriblastina	Doxolen / Rubidox		Docetaxel	Taxotere	Oncodocel/Docelibbs		Doxorrubicina Lipossomal	Caelyx	Doxopeg		Dacarbazina	Dacarb			*Dactinomicina	Cosmogen			*Daunorrubicina	Daunocin			*Decitabina	Dacogen			Etoposideo		Eposido		Epirubicina	Farmorrubicina	Tecnomax	Epirubicina (Acc)	Exemestano	Aromasin			Erlotinibe (Cloridrato)	Tarseva			Enoxaparina Sódica	Clexane	Endocris /Enoxalow		Fluorouracil	Fauldfluor		Fluorouracil (Euro)	Fludarabina	Fludara	Fludalibbs		Folinato de Cálcio	Fauldleuco		Folinato de Cálcio	Fulvestranto	Faslodex			Filgrastin	Granulokine	Filgrastine	
Principio Ativo	Referência	Similar	Generico																																																																																																																																														
Alfainterferona 2b	Blauferon-B	Alfainterferona 2b Recombinante (Bioss)																																																																																																																																															
Acido Zoledrônico	Zometa		Acido Zoledrônico																																																																																																																																														
Anastrozol	Arimidex		Anastrozol (Euro)																																																																																																																																														
Alfaepoetina	Eprex																																																																																																																																																
Asparaginase	Elspar																																																																																																																																																
Alfapeginterferona 2a	Pegasis																																																																																																																																																
*Aprepitante	Emend																																																																																																																																																
Bortezomibe	Velcade																																																																																																																																																
Bleomicina	Bonar	Tecnomicina																																																																																																																																															
Bevacizumab	Avastin																																																																																																																																																
Bicalutamida	Casodex	Gepeprostin (Sand.)	Bicalutamida (Acc)																																																																																																																																														
Citarabina	Aracytin	Fauldcita	Citarabina (Acc)																																																																																																																																														
Carboplatina	Paraplatin	Fauldcarbo /Tecnocarb																																																																																																																																															
Cisplatina		Fauldcispla/Tecnoplatin																																																																																																																																															
Ciclofosfamida	Genuxal																																																																																																																																																
Carmustina	Becenun																																																																																																																																																
Cetuximabe	Erbitux																																																																																																																																																
Capecitabina	Xeloda																																																																																																																																																
Doxorrubicina	Adriblastina	Doxolen / Rubidox																																																																																																																																															
Docetaxel	Taxotere	Oncodocel/Docelibbs																																																																																																																																															
Doxorrubicina Lipossomal	Caelyx	Doxopeg																																																																																																																																															
Dacarbazina	Dacarb																																																																																																																																																
*Dactinomicina	Cosmogen																																																																																																																																																
*Daunorrubicina	Daunocin																																																																																																																																																
*Decitabina	Dacogen																																																																																																																																																
Etoposideo		Eposido																																																																																																																																															
Epirubicina	Farmorrubicina	Tecnomax	Epirubicina (Acc)																																																																																																																																														
Exemestano	Aromasin																																																																																																																																																
Erlotinibe (Cloridrato)	Tarseva																																																																																																																																																
Enoxaparina Sódica	Clexane	Endocris /Enoxalow																																																																																																																																															
Fluorouracil	Fauldfluor		Fluorouracil (Euro)																																																																																																																																														
Fludarabina	Fludara	Fludalibbs																																																																																																																																															
Folinato de Cálcio	Fauldleuco		Folinato de Cálcio																																																																																																																																														
Fulvestranto	Faslodex																																																																																																																																																
Filgrastin	Granulokine	Filgrastine																																																																																																																																															

APÊNDICE C - Continuação

	*Fotemustina	Muphoran		
	Gemcitabina	Gemzar	Gemcit / Evozar	Gemcitabina (Acc)
	Gosserrelina	Zoladex		
	Irinotecano	Camptosar	Tecnotecan	Irinotecano (Acc)
	Idarrubicina		Evomid	
	Ifosfamida	Holoxane		
	Ibandronato	Bonviva		
	Imatinibe (Mesilato)	Glivec		
	Lamustina	Citostal		
	Letrozol	Femara		Letrozol (Euro)
	Lapatinibe (Ditosilato)	Tykerb		
	Metotrexate	Fauldmetro	Hytas	
	Mesna	Mitexan		Mesna (Euro)
	Mitomicina	Mitocin		
	Mycobacterium bovis		Imuno BCG	
	Mercaptopurina	Purinhol		
	*Metilprednisolona	Solumedrol		
	Mitoxantrona		Evomixan	
	Metildopa		Metildopa	
	Oxaliplatina	Eloxatin	Evoxali / O-plat	
	Octreotina	Sandostatin		
	Pemetrexede	Alimta		
	Pamidronato		Fauldpami	
	Paclitaxel	Taxol	Parexel	
	Rituximabe	Mabthera		
	Raultitrexede	Tomudex		
	*Sorafenibe	Nexavar		
	*Sunitinibe	Sutent		
	Temozolomida	Temodal		
	Tensirolino	Torisel		
	Trastuzumabe	Herceptin		
	Tamoxifeno			Tamoxifeno
	*Teniposido			
	*Topotecano			
	Vincristina	Oncovin	Tecnocris/Vincizina	Vincristina (Acc)
	Vimblastina	Velban		
	Vinorelbine	Navelbine	Evotabina	
19.	Elementos utilizados na radioterapia: Não possui.			
20.	Número de bebedouros: 2			
21.	Número de pias:			
	(9) Banheiros	(9) Lavabos	(1) Cozinha	(1) Tanque (1) Laboratório
22.	Número de banheiros no estabelecimento: 9			
	20.1. Número de banheiros para acesso dos pacientes: 5			
23.	Média de permanência em horas de pacientes para tratamento quimioterápico no centro médico: 3 horas			
24.	Média de vezes que o paciente vai ao banheiro durante o tratamento quimioterápico: 5 vezes			
25.	Marque com: (S) Sempre (R) Raro (F) Frequentemente Qual a frequência dos efeitos colaterais em pacientes durante tratamento.			
	(S) Urina	(R) Vômito	(R) Diarréia	() Outros
26.	Número de pacientes atendidos em média por dia: 15			
27.	Dias mais movimentados de atendimento: segunda e sexta feira			

APÊNDICE C - Continuação

28.	Há internação dos pacientes: () Sim (N) Não
	28.1. Qual a média de permanência durante internação:
	28.2. Número de quartos para internação:
	Média de duração do tratamento: 5 meses

Pesquisa de dados Clínica 2		
1.	Período de funcionamento: 07:00 – 19:00	
2.	Endereço: -----	
	3.1 Setor: -----	
	3.2. Circunvizinhanças: área de comércio	
4.	Área construída: 635 m ²	
5.	Área Disponível: 590 m ²	
6.	6.1. Turnos de trabalho: 2 turnos 07:00 – 17:00 e 09:00 – 19:00 seg. a sexta	
	6.2. Funcionários: 37	6.3. Estagiários: 01
	6.4. Leitos: 15	
7.	Serviços terceirizados: (I) Interno (E) Externo (N) Não Possui	
	(E) Lavanderia	(I) Cozinha (N) Bar
	(E) Limpeza	(I) Laboratório (N) Radioterapia
	(E) Farmácia	(I) Manutenção () Outros
8.	Convênios: UNIMED, IPASGO, CASSI, Bradesco, CELGMED, CAPESAÚDE, PLANMED, AMIL, ASSEFAZ, ASCEF, ASTIR, BLUELIFE, Bombeiros, SAM, CAEME, Caixa de Assistência aos Funcionários SANEAGO, Fundação ITAU, Caixa de Assistências Funcionários do BEG, Correios, FUSEX, GAMASAÚDE, GEAP, IMAS, MEDIAL SANDE, Particular, Petrobrás, PROMED, SAMP, Sul América, Paz Universal.	
9.	Fontes de abastecimento de água:	
	(X) Rede Pública	() Poço artesiano () Outros
10.	Volume de água consumido mensalmente: 59 m ³ / mês	
11.	Material da tubulação: PVC e Ferro	
12.	Localização dos pontos de emissão: 4 caixas de passagem sendo 1 final, corredor lado esquerdo.	
13.	Corpo receptor do efluente: Rede Pública	
14.	Há tratamento do efluente: () Sim (X) Não	
	14.1. Tratamento realizado:	
	14.2. Eficiência:	
	14.3. Frequência das medições:	
15.	Há caracterização do efluente: () Sim (X) Não	
	15.1. Período:	
	15.2. Parâmetro analisados:	
16.	Produtos químicos utilizados na limpeza e higienização do estabelecimento: Becker clorex – hipoclorito Magic Flat - multi uso Becker playter – detergente Alcool a 70%	Becker Declor Removec – Desincrustante Star Glass – limpa vidros
17.	Produtos químicos manipulados na farmácia: Complexo B 2 - vitamina Vitamina C - vitamina Hialuronidase - enzima Dexameasona – hormônio corticosteróide Hidrocortisona – hormônio corticosteróide Clorpromazina - psicotropico Fenitoina Sódica - psicotropico Haloperidol - psicotropico Morfina - psicotropico Tramadol - psicotropico	BG - diluente Manitol - diluente Ringer com lactato - diluente Ringer Simples - diluente Dipirona Sódica - analgésico Paracetamol - analgésico Omeprazol - antiácido Ranitidina – antiácido Amiodarona – antiarrítmicos Heparina Sódica – anticoagulantes Bicarbonato de Sódio – hidroeletrólítico

APÊNDICE C - Continuação

	Adrenalina/Epinefrina - hipertenso Dopamina - hipertenso Norepinefrina - hipertenso Difenidramina - antihistaminico Prometazina - antihistaminico Cetoprofeno - antiinflamatório Tenoxicam – antiinflamatório Tenoxican - antiinflamatório Aminofilina - broncodilatadores Cedilanide - cardiotonico Água Injeção - diluente BF – diluente	Cloreto de Potássio – hidroeletrólítico Cloreto de Sódio – hidroeletrólítico Gliconato de Cálcio – hidroeletrólítico Glicose – hidroeletrólítico Sulfato de Magnésio – hidroeletrólítico Bromoprida – Antinausea Dramin – Antinausea Ondasetrona – Antinausea Atropina – antiespasmoticos Buscopan - antiespasmoticos																																																																																																																																			
18.	Produtos químicos utilizados no tratamento de pacientes: Diazepam - psicotrópico Dexclorfeniramina - antihistaminico Zoladex - hormonioterápico Filgrastine – imunoterápico	Nifedipino – antianginoso/ vasodilatador Loperamida - antidiarreico Captopril – antihipetensivos																																																																																																																																			
	18.1. Produtos quimioterápicos:																																																																																																																																				
	<table><tr><th>Princípio Ativo</th><th>Referência</th><th>Similar</th><th>Generico</th></tr><tr><td>Alfainterferona 2b</td><td>Blauferon-B</td><td>Alfainterferona 2b Recombinante (Bioss)</td><td></td></tr><tr><td>Acido Zoledrônico</td><td>Zometa</td><td></td><td>Acido Zoledrônico</td></tr><tr><td>Anastrozol</td><td>Arimidex</td><td></td><td>Anastrozol (Euro)</td></tr><tr><td>Alfaepoetina</td><td>Eprex</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Asparaginase</td><td>Elspar</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Alfapeginterferona 2a</td><td>Pegasis</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Aprepitante</td><td>Emend</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bortezomibe</td><td>Velcade</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bleomicina</td><td>Bonar</td><td>Tecnomicina</td><td></td></tr><tr><td>Bevacizumab</td><td>Avastin</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Bicalutamida</td><td>Casodex</td><td>Gepeprostin (Sand.)</td><td>Bicalutamida (Acc)</td></tr><tr><td>Citarabina</td><td>Aracytin</td><td>Fauldcita</td><td>Citarabina (Acc)</td></tr><tr><td>Carboplatina</td><td>Paraplatin</td><td>Fauldcarbo /Tecnocarb</td><td></td></tr><tr><td>Cisplatina</td><td></td><td>Fauldcispla/Tecnoplatin</td><td></td></tr><tr><td>Ciclofosfamida</td><td>Genuxal</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Carmustina</td><td>Becenun</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Cetuximabe</td><td>Erbitux</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Capecitabina</td><td>Xeloda</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Doxorrubicina</td><td>Adriblastina</td><td>Doxolen / Rubidox</td><td></td></tr><tr><td>Docetaxel</td><td>Taxotere</td><td>Oncodocel/Docelibbs</td><td></td></tr><tr><td>Doxorrubicina Lipossomal</td><td>Caelyx</td><td>Doxopeg</td><td></td></tr><tr><td>Dacarbazina</td><td>Dacarb</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Dactinomicina</td><td>Cosmogen</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Daunorrubicina</td><td>Daunocin</td><td></td><td></td></tr><tr><td>*Decitabina</td><td>Dacogen</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Etoposideo</td><td></td><td>Eposido</td><td></td></tr><tr><td>Epirubicina</td><td>Farmorrubicina</td><td>Tecnomax</td><td>Epirubicina (Acc)</td></tr><tr><td>Exemestano</td><td>Aromasin</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Erlotinibe (Cloridrato)</td><td>Tarseva</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Enoxaparina Sódica</td><td>Clexane</td><td>Endocris /Enoxalow</td><td></td></tr><tr><td>Fluorouracil</td><td>Fauldfluor</td><td></td><td>Fluorouracil (Euro)</td></tr><tr><td>Fludarabina</td><td>Fludara</td><td>Fludalibbs</td><td></td></tr></table>	Princípio Ativo	Referência	Similar	Generico	Alfainterferona 2b	Blauferon-B	Alfainterferona 2b Recombinante (Bioss)		Acido Zoledrônico	Zometa		Acido Zoledrônico	Anastrozol	Arimidex		Anastrozol (Euro)	Alfaepoetina	Eprex			Asparaginase	Elspar			Alfapeginterferona 2a	Pegasis			*Aprepitante	Emend			Bortezomibe	Velcade			Bleomicina	Bonar	Tecnomicina		Bevacizumab	Avastin			Bicalutamida	Casodex	Gepeprostin (Sand.)	Bicalutamida (Acc)	Citarabina	Aracytin	Fauldcita	Citarabina (Acc)	Carboplatina	Paraplatin	Fauldcarbo /Tecnocarb		Cisplatina		Fauldcispla/Tecnoplatin		Ciclofosfamida	Genuxal			Carmustina	Becenun			Cetuximabe	Erbitux			Capecitabina	Xeloda			Doxorrubicina	Adriblastina	Doxolen / Rubidox		Docetaxel	Taxotere	Oncodocel/Docelibbs		Doxorrubicina Lipossomal	Caelyx	Doxopeg		Dacarbazina	Dacarb			*Dactinomicina	Cosmogen			*Daunorrubicina	Daunocin			*Decitabina	Dacogen			Etoposideo		Eposido		Epirubicina	Farmorrubicina	Tecnomax	Epirubicina (Acc)	Exemestano	Aromasin			Erlotinibe (Cloridrato)	Tarseva			Enoxaparina Sódica	Clexane	Endocris /Enoxalow		Fluorouracil	Fauldfluor		Fluorouracil (Euro)	Fludarabina	Fludara	Fludalibbs	
Princípio Ativo	Referência	Similar	Generico																																																																																																																																		
Alfainterferona 2b	Blauferon-B	Alfainterferona 2b Recombinante (Bioss)																																																																																																																																			
Acido Zoledrônico	Zometa		Acido Zoledrônico																																																																																																																																		
Anastrozol	Arimidex		Anastrozol (Euro)																																																																																																																																		
Alfaepoetina	Eprex																																																																																																																																				
Asparaginase	Elspar																																																																																																																																				
Alfapeginterferona 2a	Pegasis																																																																																																																																				
*Aprepitante	Emend																																																																																																																																				
Bortezomibe	Velcade																																																																																																																																				
Bleomicina	Bonar	Tecnomicina																																																																																																																																			
Bevacizumab	Avastin																																																																																																																																				
Bicalutamida	Casodex	Gepeprostin (Sand.)	Bicalutamida (Acc)																																																																																																																																		
Citarabina	Aracytin	Fauldcita	Citarabina (Acc)																																																																																																																																		
Carboplatina	Paraplatin	Fauldcarbo /Tecnocarb																																																																																																																																			
Cisplatina		Fauldcispla/Tecnoplatin																																																																																																																																			
Ciclofosfamida	Genuxal																																																																																																																																				
Carmustina	Becenun																																																																																																																																				
Cetuximabe	Erbitux																																																																																																																																				
Capecitabina	Xeloda																																																																																																																																				
Doxorrubicina	Adriblastina	Doxolen / Rubidox																																																																																																																																			
Docetaxel	Taxotere	Oncodocel/Docelibbs																																																																																																																																			
Doxorrubicina Lipossomal	Caelyx	Doxopeg																																																																																																																																			
Dacarbazina	Dacarb																																																																																																																																				
*Dactinomicina	Cosmogen																																																																																																																																				
*Daunorrubicina	Daunocin																																																																																																																																				
*Decitabina	Dacogen																																																																																																																																				
Etoposideo		Eposido																																																																																																																																			
Epirubicina	Farmorrubicina	Tecnomax	Epirubicina (Acc)																																																																																																																																		
Exemestano	Aromasin																																																																																																																																				
Erlotinibe (Cloridrato)	Tarseva																																																																																																																																				
Enoxaparina Sódica	Clexane	Endocris /Enoxalow																																																																																																																																			
Fluorouracil	Fauldfluor		Fluorouracil (Euro)																																																																																																																																		
Fludarabina	Fludara	Fludalibbs																																																																																																																																			

APÊNDICE C - Continuação

	Folinato de Cálcio	Fauldleuco		Folinato de Cálcio
	Fulvestranto	Faslodex		
	Filgrastin	Granulokine	Filgrastine	
	*Fotemustina	Muphoran		
	Gemcitabina	Gemzar	Gemcit / Evozar	Gemcitabina (Acc)
	Gosserrelina	Zoladex		
	Irinotecano	Camptosar	Tecnotecan	Irinotecano (Acc)
	Idarrubicina		Evomid	
	Ifosfamida	Holoxane		
	Ibandronato	Bonviva		
	Imatinibe (Mesilato)	Glivec		
	Lamustina	Citostal		
	Letrozol	Femara		Letrozol (Euro)
	Lapatinibe (Ditosilato)	Tykerb		
	Metotrexate	Fauldmetro	Hytas	
	Mesna	Mitexan		Mesna (Euro)
	Mitomicina	Mitocin		
	Mycobacterium bovis		Imuno BCG	
	Mercaptopurina	Purinhol		
	*Metilprednisolona	Solumedrol		
	Mitoxantrona		Evomixan	
	Metildopa		Metildopa	
	Oxaliplatina	Eloxatin	Evoxali / O-plat	
	Octreotina	Sandostatin		
	Pemetrexede	Alimta		
	Pamidronato		Fauldpami	
	Paclitaxel	Taxol	Parexel	
	Rituximabe	Mabthera		
	Raultitrexede	Tomudex		
	*Sorafenibe	Nexavar		
	*Sunitinibe	Sutent		
	Temozolomida	Temodal		
	Tensirolino	Torisel		
	Trastuzumabe	Herceptin		
	Tamoxifeno			Tamoxifeno
	*Teniposido			
	*Topotecano			
	Vincristina	Oncovin	Tecnocris/Vincizina	Vincristina (Acc)
	Vimblastina	Velban		
	Vinorelbine	Navelbine	Evotabina	
19.	Elementos utilizados na radioterapia: Não possui			
20.	Número de bebedouros: 4			
21.	Número de pias: 22			
	(8) Banheiros	(11) Lavabos	(1) Cozinha	(1) Tanque
				(1) Laboratório
22.	Número de banheiros no estabelecimento: 8			
	20.1. Número de banheiros para acesso dos pacientes: 5			
	Número de chuveiros: 1			
23.	Média de permanência em horas de pacientes para tratamento quimioterápico no centro médico: 5 horas			
24.	Média de vezes que o paciente vai ao banheiro durante o tratamento quimioterápico: 1vez/hora = 5 horas			

APÊNDICE C - Continuação

25.	Marque com: (S) Sempre (R) Raro (F) Frequentemente Qual a frequência dos efeitos colaterais em pacientes durante tratamento.			
	(S) Urina	(R) Vômito	(R) Diarreia	() Outros
26.	Número de pacientes atendidos em média por dia: 30			
27.	Dias mais movimentados de atendimento: quarta e quinta feira			
28.	Há internação dos pacientes: () Sim (X) Não			
	28.1. Qual a média de permanência durante internação:			
	28.2. Número de quartos para internação:			
29.	Média de duração do tratamento: 5 meses			

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Nas análises físicas, químicas e microbiológicas, analisadas no presente trabalho, os efluentes provenientes de clínicas de oncologia não mostraram diferenças significativas em relação ao efluente doméstico.
- Nas análises ecotoxicológicas, os efluentes das clínicas de oncologia demonstraram-se tóxicos em baixas concentrações nas análises de toxicidade crônica e aguda com o organismo *Ceriodaphnia dubia*, e também citotóxicos nas análises com o organismo *Allium cepa*. Bem como, apresentaram maior toxicidade em menores concentrações se comparado com o efluente doméstico nas análises com *Ceriodaphnia dubia*. Isso demonstra a necessidade de um tratamento prévio antes do efluente ser lançado na rede coletora de esgoto pública.
- Apesar de o esgoto sofrer grande diluição, quando na rede coletora pública de efluentes, e não apresentar risco nas análises físicas, químicas e microbiológicas, é importante ressaltar que mesmo em baixas concentrações a presença de antineoplásicos em mananciais superficiais é um risco para o habitat aquático, reforçando a necessidade de tratamento específico por parte das clínicas de oncologia.
- Considerando que os fármacos utilizados nas clínicas de oncologia tem alto teor mutagênico, carcinogênico e teratogênico, e podem ser classificados como contaminantes emergentes com alta capacidade de permanência no meio, é de suma importância realizar estudos sobre a sua bioacumulação. Bem como, a pesquisa sobre a presença e quantificação das concentrações nos mananciais superficiais do entorno do município de Goiânia.
- Além disso, pesquisas sobre qual o melhor tratamento a ser aplicado nas clínicas de oncologia, contemplando questões sobre o custo benefício e retirada de contaminantes, devem ser abordadas para garantir maior eficácia e proteção ao meio ambiente.
- Outra questão importante é a revisão dos aspectos legais em torno do assunto, de forma a contemplar análises ecotoxicológicas neste tipo de efluente e outros com as mesmas características.