



**FACULDADE CATÓLICA DE ANÁPOLIS**

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA DE  
FABRICAÇÃO DE HORMÔNIOS**

**CARLOS EDUARDO GOMES BEZERRA**

**DORCELINA OTONI LIMA**

**ANÁPOLIS/GO**

**2017**

**CARLOS EDUARDO GOMES BEZERRA**

**DORCELINA OTONI LIMA**

**SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA DE  
FABRICAÇÃO DE HORMÔNIOS**

Artigo apresentado à Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental da Faculdade Católica de Anápolis para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Anápolis-GO, 05 de Junho de 2017.

APROVADOS EM: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Esp. Ricardo Moreira de Castro  
Orientador

---

Prof. Ms. Ricardo Elias do Vale Lima

# SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES EM INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE HORMÔNIOS

Carlos Eduardo Gomes Bezerra<sup>1</sup>

Dorcelina Otoni Lima<sup>1</sup>

Ricardo Moreira de Castro<sup>2</sup>

**RESUMO:** Os impactos da atividade industrial para a busca de novos produtos e soluções são cada vez mais degradantes e com isso as empresas se veem obrigadas a se adequar a essa nova realidade de consumo, diminuindo sua forma de poluição e busca por recursos naturais. Os compostos hormonais são uma das fontes poluidoras mais difíceis de serem tratadas, pela carga presente nesse efluente. Tratamentos feitos à base de processos oxidativos avançados (POA) e adsorção tem se mostrado bastante eficientes em relação a esse efluente hormonal. O trabalho teve com objetivo conhecer a estação de tratamento de uma indústria farmacêutica de fabricação hormonal e avaliar o processo de tratamento deste efluente, baseado em pesquisas bibliográficas e visitas e *in loco*. A empresa visitada busca adequar seu sistema de tratamento de efluentes para melhor disposição final.

**Palavras-chave:** Efluentes, Tratamento, Hormônios, POA

**ABSTRACT:** The impacts of industrial activity on the search for new products and solutions are increasingly degrading and with this, as companies are forced to adapt to this new reality of consumption and at the same time reduce their search and resources for natural resources. Hormone compounds are one of the most difficult to treat sources of pollutants, per charge present in that effluent. Treatments based on advanced oxidative processes (POA) and adsorption have become well known in relation to this very characteristic effluent. The work with knowledge of a treatment plant of a pharmaceutical industry of hormonal manufacture and evaluation of the treatment process, carried out in bibliographical researches and visits and *in loco*. The company visited seeks to adapt its effluent treatment system to better final disposal, thus, the advanced oxidative processes demonstrate to be efficient in the removal and inactivation of hormones. Key words: Effluents, Treatment, Hormones, POA.

<sup>1</sup>Acadêmicos do 4º Período do curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental (kdukn@gmail.com/adconfeccoes.ma@gmail.com).

<sup>2</sup>Bacharel em Química (UFG). Especialista em Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos e Líquidos (UFG). Professor orientador do Projeto Integrador do curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental (químico.ricardocastro@gmail.com).

## 1. INTRODUÇÃO

A estrutura do mercado farmacêutico brasileiro é bem diversificada, pois inúmeras indústrias se instalaram no país, para desenvolver medicamentos cada vez mais eficientes e competitivos, atendendo as necessidades da população em alguns casos exportando.

As empresas que lideram este setor são de grande porte e atuam de forma globalizada. Seu sucesso industrial depende da capacidade inovadora do laboratório. A indústria tem como foco principal atender as necessidades que o mercado tem.

O uso das substâncias químicas sintéticas significam maior facilidade e qualidade de vida à população, em contrapartida há um aumento de dejetos ao meio ambiente. Atualmente um grande foco está sendo os fármacos hormonais que são usados como auxiliares em tratamentos para controle do metabolismo e, também no ciclo reprodutivo de humanos e animais.

Um dos maiores desafios para uma estação de tratamento de efluentes industriais é a quantidade de material que chega a unidade, muitas vezes, a indústria não sabe de onde esse efluente está vindo, já que seus processos sofrem alterações, mas as estações não acompanham tal crescimento. As indústrias farmacêuticas a fim de atender aos processos e demandas de produção por produtos que atendam as necessidades hormonais acabam sendo pressionadas a expandir a forma que se estabelece no mercado, oferecendo cada vez mais uma diversidade de agentes hormonais, nas mais diferenciadas áreas fisiológicas do homem, dentre essas áreas estão os que controlam a reprodução sexual, gravidez, pílulas anticoncepcionais e controladores de ciclo menstrual.

O que resulta de todo o processo industrial, nem sempre é tratado com o devido cuidado, por isso, na maioria das vezes não é bem visto pelos demais espaços da empresa e até mesmo pelos colaboradores. Uma questão bastante peculiar é a criação e ampliação das ETE's (Estação de Tratamento de Efluentes) de cada empresa, já que as mesmas ampliam sua demanda de produção e conseqüentemente a geração de efluentes, mas muitas ainda continuam com a estação ainda bem pequena, pois não sintetizam tudo o que recebem de seus processos.

O trabalho realizado buscou por meio de estudos e pesquisas conhecer os sistemas de tratamento de efluentes em indústrias de fabricação de hormônios, analisando os processos e

descrevendo as etapas realizadas. Para contextualização do sistema industrial farmacêutico foram analisados os tipos de tratamentos existentes e sua eficiência, que na maioria das vezes é um grande desafio. Também foi realizada uma visita *in loco* em uma empresa instalada no Distrito Agroindustrial de Anápolis /GO (DAIA) que fabrica medicamentos hormonais e não hormonais, tais como atimicóticos, relaxantes musculares, supressores da reabsorção óssea, antiácidos e antiulcerosos.

Com as legislações expressivas e cada vez mais restritivas as empresas precisam rever seus processos industriais e principalmente seu descarte de efluentes, diminuindo os impactos gerados e em certos casos até gerando receita para a empresa.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. RESÍDUOS INDUSTRIAIS**

O lixo industrial é bastante variado, podendo ser representado por cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, escórias, vidros e cerâmicas. Nesta categoria, inclui-se a grande maioria do lixo considerado perigoso (BRASIL, 2003).

Segundo Fausto (2003) com o aumento qualitativo e quantitativo do número de substâncias e conseqüentemente aumento da produção, armazenamento, manipulação, transporte, uso e disposição das substâncias químicas, o potencial de exposição humana e contaminação do ambiente pelos acidentes e incidentes, no trabalho ou em casa estão aumentando.

Neste contexto, o gerenciamento dos resíduos industriais pode ser entendido como “controle sistemático da geração, coleta, segregação na fonte, estocagem, transporte, processamento, tratamento, recuperação e disposição de resíduos” (LORA, 2000).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos - ABETRE, as 31 empresas associadas, correspondem a 78% do quantitativo tratado pelo setor privado de tratamento. Devendo ressaltar que metade da capacidade de tratamento disponível está localizada em um entorno de 250 km ao redor da cidade de São Paulo (ABRELPE, 2006).

## 2.2. EFLUENTES INDUSTRIAIS

Os despejos industriais sempre precisam de tratamento seja ele preliminar, primário, secundário ou terciário, pois o mesmo sem o devido cuidado gera impactos ambientais de grande proporção.

O efluente pode ser lançamento direto ou indireto em corpo receptor desde que atenda os parâmetros específicos ao enquadramento do corpo hídrico superficial que o recebe. Se o mesmo conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com os parâmetros ao qual este se classifica, obrigatoriamente deve ser submetido a prévio tratamento (CONAMA, 2005).

A resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, deixando claro quanto ao descarte desses resíduos:

- Art. 5º Os efluentes não poderão conferir ao corpo receptor características de qualidade em desacordo com as metas obrigatórias progressivas, intermediárias e finais, do seu enquadramento;
- § 1º As metas obrigatórias para corpos receptores serão estabelecidas por parâmetros específicos;
- § 2º Para os parâmetros não incluídos nas metas obrigatórias e na ausência de metas intermediárias progressivas, os padrões de qualidade a serem obedecidos no corpo receptor são os que constam na classe na qual o corpo receptor estiver enquadrado;

- Art. 6º Excepcionalmente e em caráter temporário, o órgão ambiental competente poderá, mediante análise técnica fundamentada, autorizar o lançamento de efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos: efluentes em desacordo com as condições e padrões estabelecidos nesta Resolução, desde que observados os seguintes requisitos principais; realização de estudo ambiental tecnicamente adequado, a expensas do empreendedor responsável pelo lançamento; e estabelecimento de tratamento e exigências para este lançamento.

### 2.3. INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

A indústria farmacêutica, ao longo de sua trajetória histórica, tem passado por grandes transformações, pautada no desenvolvimento da ciência, da tecnologia, das áreas de medicina e de negócios. No que diz respeito à ciência, um maior conhecimento sobre a química, e especialmente a química fina, permite a elaboração de medicamentos mais complexos, com uma maior abrangência de tratamentos das doenças, permitindo o desbravamento de novas fronteiras na busca pela cura de certas doenças (CARRARA, 1996).

Cohen e Levinthal (1990) apresentam duas funções principais da P&D (pesquisa e desenvolvimento) que são de grande importância na concorrência. A primeira é a criação de conhecimentos novos, objetivando a geração de inovações de produto e processo, entre outras, possuem grande importância na diferenciação entre empresas e é a principal fonte de competitividade delas. Porém, trata-se de um processo de longo prazo, que requer capacidades internas de aprendizado e criação de novo conhecimento nas empresas. A principal forma de desenvolver tais habilidades é através da realização de atividades de P&D.

O novo paradigma tecnológico levou o Estado brasileiro a estimular o fomento do capital estrangeiro, e buscar industrialização mais intensiva e acelerada para o país, porém concentrada na produção e comercialização de especialidades farmacêuticas em detrimento das atividades de pesquisa, desenvolvimento e produção de fármacos (URIAS, 2009).

Furtado (2011) afirma que a inovação no setor farmacêutico brasileiro é deficiente e está muito afastado da fronteira internacional. Justifica que um dos fatores decisivos nessa questão é que nenhuma empresa brasileira pode realizar investimento de longo prazo em pesquisa e desenvolvimento na mesma proporção que as empresas estrangeiras.

Dentre outros requisitos, as Boas Práticas de Fabricação (BPF) determinam que todos os processos de fabricação sejam claramente definidos e sistematicamente revisados em função da experiência adquirida, que sejam definidas as etapas críticas dos processos de fabricação, que o pessoal envolvido na fabricação e o produtor possuam infraestrutura necessária, a qual deve incluir: pessoal qualificado e devidamente treinado, espaço e instalações adequadas, equipamento e serviços adequados, materiais, recipientes e rótulos corretos, procedimentos e instruções aprovadas, armazenamento e transporte adequados para controle em processo (BRASIL, 2003).

A legislação sanitária (CONAMA, 2011) exige que cada forma farmacêutica seja produzida em áreas independentes uma da outra, podendo ainda, dentro de cada área, ter separação por classe de produtos. Os produtos líquidos, por exemplo são separados em três linhas: uma para fabricação de xaropes, soluções e suspensões cujo produto final é apresentado na forma de frascos de vidro em volumes que variam de 30 a 200 mL; outra linha, na mesma área, para fabricação de soluções apresentadas em frascos de plásticos gotejadores; e outra linha, totalmente independente, destinada a produtos antibióticos.

Segundo Bastos (2005) em sua análise do mercado farmacêutico brasileiro, afirma que este é predominantemente dominado por um oligopólio diferenciado formado basicamente por empresas subsidiárias das multinacionais formadoras de grupos das grandes farmacêuticas mundiais ou *big pharmas*.

Os processos de fabricação de medicamentos são escolhidos basicamente em função da forma farmacêutica que se deseja obter. As formas farmacêuticas sólidas, que incluem comprimidos, cápsulas e pós, são as formas mais extensamente utilizadas. Já as formas farmacêuticas líquidas, que incluem xaropes (soluções concentradas de açúcar), soluções e suspensões, são preparadas para administração em crianças e pessoas com dificuldade de engolir comprimidos ou cápsulas. São preparadas utilizando a água, no qual as substâncias ativas podem estar dissolvidas ou em suspensão.



Segundo o CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos) os fármacos são introduzidos continuamente no meio ambiente, no solo e em águas superficiais sob a forma de misturas complexas desses compostos com os seus metabolitos, devido à excreção por via urinária ou através das fezes dos seres humanos e animais, ao despejo de medicamentos fora de validade em descargas de água não tratadas, ou presentes no tratamento de águas residuais, de efluentes de hospitais e de indústrias farmacêuticas.

Além de conter substâncias químicas tóxicas, os produtos farmacêuticos, de cuidados pessoais e cosméticos podem conter compostos residuais que muitas vezes se acumulam na água e no solo. Mesmo em baixas concentrações, vestígios desses compostos podem prejudicar a saúde humana e os ecossistemas locais. Os compostos farmacêuticos têm uma resistência de largo espectro e propriedades inerentes bioativas, evidenciando a relevância destes compostos em termos de contaminação ambiental (QUEIROZ, 2008).

A introdução de agentes biológicos no tratamento de efluentes é uma das maneiras mais utilizadas, pois as interações ecológicas na comunidade microbiana fazem com que o aumento de um grupo seja acompanhado pelo declínio de outra população, e com esses microrganismos é necessário a checagem de alguns itens para que esse resíduo seja bem tratado. Bactérias também são usadas nesse processo e são organismos unicelulares procariotas. Junto a esse processo estão os protozoários que são organismos unicelulares, eucariotas constituídos de uma pequena massa de protoplasma (CARRARA, 1996).

## 2.4. FABRICAÇÃO DE HORMÔNIOS

Segundo o Comitê Científico do Centro Latino-americano Saúde e Mulher (CELSAM), o Brasil encontra-se em terceiro lugar no consumo de anticoncepcionais na América Latina, atrás somente do Uruguai e do Chile (PERSHÉ, 2000).

Os hormônios sexuais são produzidos a partir do colesterol e podem ser classificados em três grupos principais: hormônios sexuais femininos, ou estrógenos; hormônios sexuais masculinos, ou andrógenos e, hormônios da gravidez, ou progestógenos (GILMAN *et al.*, 2003).

Estes compostos são utilizados em anticoncepcionais, na reposição hormonal, no tratamento de outros distúrbios ginecológicos e no tratamento de alguns carcinomas (ARAÚJO, 2006).

No Brasil, diversos estudos envolvendo a determinação de HSF's (hormônios sexuais femininos) em matrizes ambientais foram realizados nos últimos 10 anos, mas não se tem uma legislação definida para cada tipo de efluente e nem para cada processo industrial. Atualmente, entre os métodos de análise mais utilizados, as cromatografias gasosa, e líquida de alta eficiência, em conjunto com a espectrometria de massa, têm sido as técnicas mais utilizadas na separação, identificação e quantificação de HSFs.

Deve-se atentar não só pela concentração dos estrogênios no ambiente, mas também em sua potência, uma vez que são ativos em níveis abaixo de ng/L, sendo a interpretação do conceito de limiar de segurança inapropriada para este grupo de poluentes devido à variabilidade indivíduos (REIS *et al.*, 2006).

Os estrógenos sintéticos são constituídos principalmente pelo etinilestradiol, mestranol, quimestrol e dietilestilbestrol. O etinilestradiol é o utilizado nos contraceptivos orais, sendo mais potente que o estradiol.

A presença de DE's (desreguladores endócrinos) no meio ambiente pode ser responsável por alterações fisiológicas e histológicas em animais, bem como causar diversos impactos na vida aquática. Entre os efeitos causados, podem-se citar feminização de peixes machos; indução ao hermafroditismo (SOUZA, 2011)

A alteração no funcionamento de glândulas dos animais; diminuição da fertilidade de mariscos, peixes, aves e mamíferos; diminuição da sobrevivência da prole; alteração de sistema imunológico e comportamentais de aves e mamíferos; diminuição do sucesso da eclosão de ovos de peixes, aves e répteis. Investigou-se que os efeitos citados podem ser devido à interrupção do mecanismo de uma glândula endócrina (USEPA, 1997).

Os estrógenos naturais  $17\beta$ -estradiol (E2), estriol (E3), estrona (E1) e o sintético  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2) são os que despertam maior preocupação, tanto pela potência como pela quantidade continuamente introduzida no ambiente. Esses hormônios possuem a melhor conformação reconhecida pelos receptores e, portanto, resultam em respostas máximas, sendo considerados como responsáveis pela maioria dos efeitos ruptores desencadeados pela disposição de efluentes (GRAY *et al.*, 2006).

Os hormônios são excretados através da urina e das fezes, sendo lançados na rede de esgoto e, posteriormente, alcançam o meio ambiente. As principais formas de contaminação de corpos hídricos são: lançamento de efluentes *in natura*, ou seja, sem tratamento; ou ineficácia, que pode ser tanto tecnológica quanto operacional, de remoção de micropoluentes em estações de tratamento de esgoto (REIS, 2006).

Quando no ambiente, o hormônio estradiol poderá ser destinado de acordo com as propriedades do meio receptor. Características como temperatura, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, radiação solar, concentração de matéria orgânica, presença de íons formam uma matriz complexa para o comportamento desse estrogênio no ambiente (ARAÚJO, 2006).

Hormônios são transmissores químicos que respondem pela comunicação entre diferentes tipos de células, as quais os identificam através de receptores que são estruturas proteicas especializadas em reconhecimento molecular (SIMMONDS, 1992). Esses compostos atingem os corpos d'água através da eliminação de residuais em urina e fezes humanas e animais (de suas moléculas íntegras ou seus metabólitos), infiltração no solo de seus resíduos e dos efluentes de indústrias farmacêuticas.

Resolução RDC nº 17, de 16 de abril de 2010 em seu artigo 5º define insumo farmacêutico ativo qualquer substância introduzida na formulação de uma forma farmacêutica, que quando administrada em um paciente, atua como ingrediente ativo, como é o caso da estrutura dos hormônios, que mesmo em quantidade mínimas causam grandes efeitos sobre o meio ambiente.

## 2.5. TRATAMENTO DE EFLUENTES GERADOS NA FABRICAÇÃO DE HORMÔNIOS

Os produtos hormonais são nocivos ao meio ambiente, pois contêm substâncias químicas tóxicas, os produtos farmacêuticos, de cuidados pessoais e cosméticos podem conter compostos residuais que se acumulam na água e no solo. Mesmo em baixas concentrações, vestígios desses compostos podem prejudicar a saúde humana e os ecossistemas locais. (GENNARO, 2000).

Na indústria, em geral há uma demanda muito grande por água de boa qualidade e grande parte do referido volume será eliminado para corpos receptores com uma alta carga de matéria orgânica e sólidos, motivo pelo qual águas residuárias geradas em todos os processos industriais devem passar por um tratamento específico (HILTON, 2003).

Os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: a legislação ambiental regional; o clima; os custos de investimento; os custos operacionais; a quantidade e a qualidade do lodo gerado na estação de tratamento; a segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; explosões; geração de odor; possibilidade de reuso dos efluentes tratados (GHANDI, 2005).

### 2.5.1. ADSORÇÃO

O processo de adsorção pode ser classificado como adsorção química e adsorção física, dependendo da natureza das forças superficiais. A posição dos grupos funcionais sobre a superfície do adsorvente determina o tipo de interação que ocorre entre adsorvato/adsorvente e, portanto, define se o processo é adsorção física ou química (HO e MCKAY, 1999)

Contudo, a diferenciação entre as duas formas não é considerada simples, já que em certos casos, os dois tipos podem ocorrer simultaneamente e também existe a possibilidade da existência de situações intermediárias (VOLESKY, 1990).

Dentre os métodos de tratamento, a adsorção tem se destacado como técnica de separação principalmente por ser um processo de alta seletividade, a nível molecular, demonstrando-se eficaz e econômica (MALL et al., 2005).

O fenômeno de adsorção é uma operação unitária que envolve o contato entre um sólido e um fluido, originando a transferência de massa da fase fluida para a superfície do sólido. Nesse processo as moléculas presentes na fase fluida são atraídas para a zona interfacial devido à existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente (RUTHVEN, 1984).

### 2.5.2. PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS

Segundo Prousek (1996) os POA (processos oxidativos avançados) tem se apresentado como uma importante alternativa no tratamento de efluentes específicos, inclusive tendo a possibilidade de conjugação com processos biológicos. Nesses processos ocorre a destruição

total do poluente sem a geração de resíduo, diferentemente de outros sistemas de tratamento onde acontece apenas a transferência de fase do contaminante.

Os POA's (Processos Oxidativos Avançados) são definidos como os processos com potencial de produzir radical hidroxila (OH), altamente oxidantes, em quantidade suficiente para degradar compostos orgânicos até dióxido de carbono, água e íons inorgânicos. Radicais hidroxilas podem ser obtidos a partir de oxidantes fortes, como H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e O<sub>3</sub>, combinados ou não com irradiação (POLEZI, 2003).

Os processos oxidativos possuem alta velocidade de reação, principalmente pela participação dos radicais hidroxila. Essa espécie tem característica não seletiva, ataca todos os compostos orgânicos e reage de 10<sup>6</sup>-10<sup>12</sup> vezes mais rápido que oxidantes alternativos como o O<sub>3</sub> (DÒMENECH *et al.*, 2001).

Oxidantes químicos podem ser usados no tratamento de águas em vários propósitos: remoção de cor, controle de gosto e odor, redução de compostos orgânicos específicos, precipitação de metais, destruição de microorganismos (POLEZI, 2003).

Polezi (2003) afirma que para a formação do radical hidroxila, pode-se contar com duas metodologias, as quais consistem em processos homogêneos, que têm catalisador e substrato formando uma única fase e os processos heterogêneos, nos quais o substrato e o catalisador formam um sistema de mais de uma fase, sendo os catalisadores geralmente na forma sólida.

De acordo com Huang (1986) e Domènech (2001) os POA's apresentam várias vantagens no tratamento de efluentes, dentre elas: promovem a transformação química do contaminante, oxidam compostos orgânicos, frequentemente realizam mineralização completa dos contaminantes, não geram lodo, não necessitando de tratamento local onde os resíduos são depositados e destroem os contaminantes refratários saindo do sistema sem sofrer transformações.

### **3. METODOLOGIA**

O presente trabalho foi de cunho exploratório-descritivo, desenvolvido a partir de pesquisas bibliográficas, análises de artigos científicos, projetos relacionados com o tema e visita *in loco* em uma indústria de fabricação de hormônios situada no Distrito Agroindustrial de Anápolis/GO (DAIA) e uma entrevista com a analista de meio ambiente.

Os resíduos oriundos de medicamentos hormonais possuem características bem impactantes para o meio ambiente, pois bastam pequenas dosagens do mesmo para alterar o sistema endócrino dos animais quando entram em contato com ele, através do corpo hídrico. Sendo assim, faz-se necessário realizar o tratamento de efluentes de forma adequada para este tipo de contaminante.

A partir das visitas realizadas foi possível verificar e entender o funcionamento de uma Estação de Tratamento de Efluentes instalada em uma planta industrial de fabricação de hormônios. Durante a visita foram feitas algumas perguntas a responsável pelo setor de meio ambiente da empresa conforme entrevista realizada apresentada em anexo.

Com as informações coletadas *in loco* e pela literatura pesquisada foi possível verificar se o sistema de tratamento adotado pela empresa estudada está adequado para o tipo de efluente a ser tratado.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As indústrias farmacêuticas diante do seu crescimento e a contaminação de seus resíduos gerados de todo o processo produtivo precisam estar atentas com a degradação ambiental e as pressões da sociedade e do mercado que passaram a exigir produtos e processos ambientalmente corretos.

O aumento da restrição da legislação regulamentadora e os custos gerados pelas penalidades justificam os objetivos das empresas de se adequarem a atual situação ambiental quanto ao gerenciamento de seus resíduos e sua disposição final.

A caracterização do que é gerado por uma unidade industrial está descrita em resoluções do Ministério do Meio Ambiente, como o CONAMA 357 de 2005, que trata dos efluentes hormonais como uma parte dos tratamentos que necessitam de maior atenção, pois o mesmo é difícil de ser diluído, tem efeito acumulativo nos corpos receptores e conseqüentemente pode causar alterações genéticas na fauna e em seres humanos, mesmo o medicamento sendo destinado a ele.

A empresa visitada foi fundada em 2001, sendo uma indústria farmacêutica 100% nacional, especializada no desenvolvimento, fabricação e terceirização da produção de medicamentos hormonais. Está instalada em Anápolis /GO, o segundo maior polo farmacêutico do Brasil. Desde 2010, conta com a participação de outro laboratório em seu capital social. O resultado dessa parceria possibilitou o desenvolvimento e ampliação da linha

de produtos hormonais, além do lançamento de medicamentos não hormonais, expandindo o seu portfólio de produtos e aumentando sua participação no mercado farmacêutico. Em seu parque industrial, a estrutura é exclusiva para produção de medicamentos hormonais, de onde foram fornecidos os dados a partir da aplicação do questionário destinado à analista do meio ambiente, e o mesmo se encontra em anexo.

Após as visitas realizadas na indústria e conversas com a responsável pelo setor de meio ambiente foi verificado que a ETE vem sofrendo adequações para melhor eficiência de tratamento. Conforme a entrevista que foi explicado como será ficará o fluxograma da estação. Anteriormente o tratamento realizado consistia apenas com o processo de decantação primária e oxidação com adição de compostos químicos, como hidróxidos. Após essa etapa o efluente era encaminhado para o tanque biológico aeróbico (com a presença de oxigênio) onde fazia a decomposição da matéria orgânica presente (figura 1).

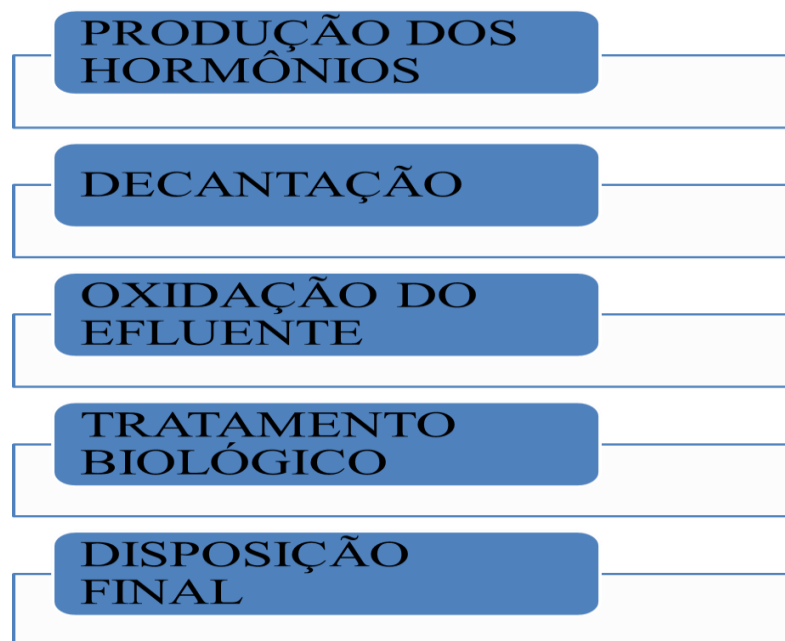


Figura 1. Fluxograma das Etapas de Tratamento antes das reformas.

Fonte: Gomes, 2017.

Levando em consideração as respostas obtidas através da entrevista pode-se destacar que a Estação de Tratamento de Efluentes era pequena e não atendia a demanda da geração de efluentes. No espaço físico destinado a estação havia poucos tanques disponíveis para

tratamento, não tinha um estoque adequado para os agentes químicos e não possuía um local para realizar as análises do efluente.

De acordo com a segunda questão da entrevista, após a conclusão da ampliação da estação a capacidade de armazenar será 12,0 m<sup>3</sup> de efluente/dia e de realizar o tratamento de 35 m<sup>3</sup>/dia. Para a diminuição da carga poluidora do efluente, duas etapas serão realizadas; na primeira será feita a decantação primária e a oxidação do efluente pelo processo de reação de fenton, que consiste na aplicação de radiação ultravioleta que produz uma maior eficiência na degradação, onde as moléculas de hormônio são quebradas, inativando-as.

Na segunda etapa será realizado o tratamento biológico, a partir de bactérias liofilizadas e não patogênicas. Tem a duração de 10 dias, onde são adicionadas pequenas quantidades diárias da bactéria, sendo um tratamento sobre forte aeração (figura 2). Espera-se uma diminuição da carga química e biológica, ou seja, DBO e DQO.

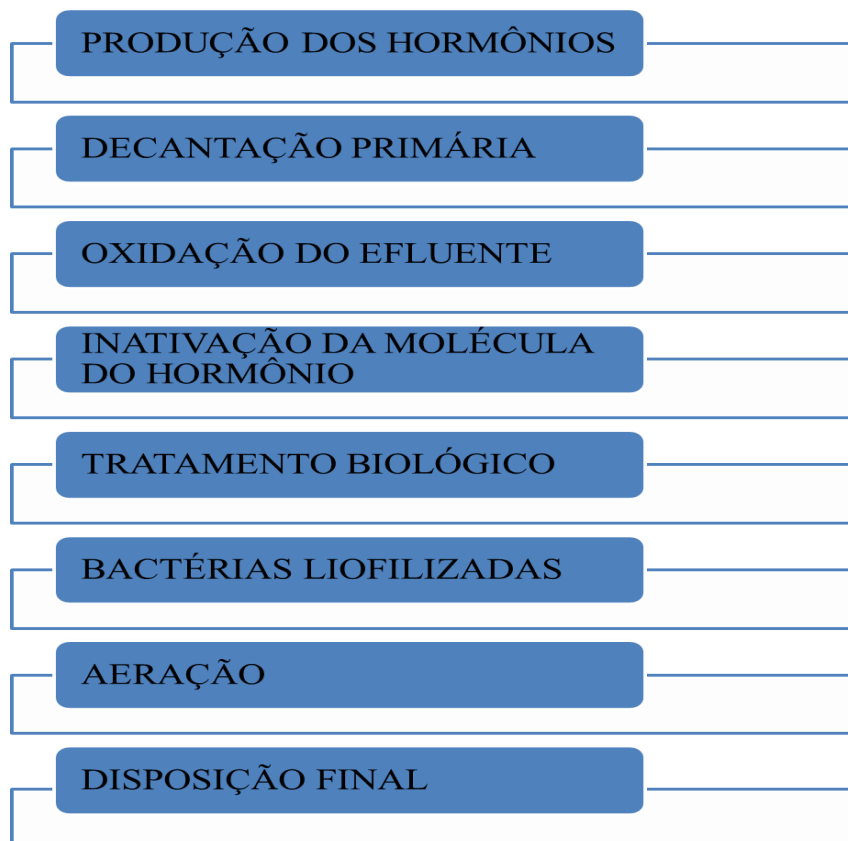


Fig.2. Fluxograma das Etapas de Tratamento depois das reformas.

Fonte. Gomes, 2017.



A empresa busca um tratamento como base no Processo Oxidativo Avançado (POA), que diminui a carga mutagênica do hormônio possibilitando ser lançado na estação principal do Distrito Agroindustrial de Anápolis para tratamentos posteriores.

Com relação às análises de natureza físico-química e bacteriológica, a ETE terá um laboratório, onde serão realizadas as análises de rotina operacional. Após os resultados destas análises poderão ser tomadas decisões quanto à operação da estação, monitoramento e controle da eficiência do processo de tratamento. Por ser um tratamento que utiliza sulfato ferroso para a diminuição da carga do efluente foi observado dificuldade na remoção do sulfato residual do sistema.

A legislação é atendida de acordo com os laudos mensais de análises realizadas por terceiros, comprovando a qualidade do tratamento realizado na ETE, a partir de parâmetros estipulados pela legislação da CODEGO (Companhia de Desenvolvimento do Estado de Goiás). Esta por sua vez, tem como objetivo dinamizar a economia, ampliar, fiscalizar e acelerar a industrialização do Estado sendo responsável em projetar e implantar, direta ou indiretamente, novas áreas industriais e prestar assessoramento técnico ao governo estadual e aos municípios, nos problemas referentes à instalação de indústrias e suas implicações.

Caso seja verificado que o efluente não esteja com boa eficiência em seu tratamento, o mesmo volta para o tanque inicial e é tratado novamente, fazendo a recirculação e só depois desse processo é lançado nas redes coletoras da CODEGO, conforme a quinta questão da entrevista.

A empresa preocupada com a responsabilidade ambiental realiza a integração e treinamentos com os colaboradores envolvidos no processo de tratamento do efluente. Em 2016 foi realizada a 1ª Semana do Meio Ambiente, onde os colaboradores ao visitarem a ETE/ETA conheciam um pouco mais de como o efluente é tratado e lançado posteriormente.

Encerra-se a entrevista com a definição da política ambiental da empresa onde a gestão ambiental engloba todo o gerenciamento de resíduos gerados na planta, tais como: resíduos químicos, recicláveis e comuns, e o efluente gerado. Sendo assim, tem-se o objetivo de reduzir perdas nos processos produtivos gerando diminuição dos resíduos gerados, reciclagem de todos os materiais passíveis de reutilizar/reciclar, e conscientização todos os colaboradores a contribuir com a preservação ambiental.

De modo geral, pode-se afirmar que, a partir da avaliação realizada neste trabalho, os sistemas convencionais de tratamento de efluentes precisam ser adaptados para realizar a remoção completa de micropoluentes, a fim de que sejam evitados problemas na saúde de pessoas e animais ocasionados pela presença dessas substâncias, sendo recomendável o uso de sistemas avançados, tais como os processos oxidativos avançados e adsorção temas principais desse trabalho nos os quais se mostraram ser bastante eficientes na remoção de hormônios. Através dos POA pode-se fazer a inativação da molécula do hormônio, diminuindo sua carga poluidora que será disposta na rede coletora da administradora do DAIA.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Para o tratamento dos efluentes hormonais, percebe-se que é necessária uma atenção maior para o descarte, pois ele apresenta uma carga poluidora de grande impacto no meio ambiente.

Para entender o que a empresa faz no tratamento do efluente industrial, a obra foi uma questão bastante relevante, pois, a partir dela que poderá ser mensurada a qualidade e eficiência do tratamento realizado e será capaz de receber o aumento da demanda da produção dos hormônios e conseqüentemente a quantidade de efluente gerada.

A empresa faz sua parte em relação à educação ambiental com os colaboradores, promovendo a semana do meio ambiente e ações de treinamento quando novos colaboradores entram na empresa.

Algumas falhas foram detectadas na estação durante as visitas como, a falta de medidores de dosagem para determinar a quantidade de produtos químicos usados no processo de tratamento, à falta de um laboratório para execução das análises e laudos, pois a partir delas poderão ser realizados aprimoramentos das técnicas de tratamento realizadas.

A indústria ainda tem grandes obstáculos a serem vencidos, mas está no caminho de alcançar esses objetivos. Ações pontuais poderão trazer bons resultados, buscando sempre inovações de processos que sejam mais eficientes nas formas de tratamento e procedimentos que sejam menos agressivos em sua disposição de efluentes e mais favorável ao meio ambiente A existência de uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria tem como finalidade tratar o que restou de seu processo de produção, e se submeter a parâmetros aceitáveis para o lançamento de efluentes, cumprindo a legislação.

## 6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. C. **Estudo da eficiência do tratamento de efluentes domésticos da cidade de Araraquara-SP na remoção de hormônios sexuais.** Dissertação (Mestrado) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

ABRELPE. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil.**, 2006. Disponível em:< [www.abrelpe.org.br](http://www.abrelpe.org.br) >. Acessado em 27 de março de 2017.

BASTOS, V.D. **Inovação farmacêutica: Padrão setorial e perspectivas para o caso brasileiro**, BNDES Setorial,19. Rio de Janeiro: BNDES, P.271-295. 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 210 de 04.08.2003. **Regulamento técnico de boas práticas de fabricação de medicamentos**, Diário Oficial da União, p. 24-50, 14 de ago. 2003.

CARRARA JÚNIOR, E.; MEIRELLES, H. **A indústria química e o desenvolvimento do Brasil.** São Paulo: Metalivros, 1996.

COHEN, W.; LEVINTHAL, D. Absorptive Capacity: **A New Perspective on Learning and Innovation.** ASQ, v.35, p.128-15. 1990.

CGEE (Centro de Gestão e Estudos Estratégicos). **Competitividade e padrão de Inovação em fármacos e medicamentos.** CIÊNCIA, Tecnologia e Inovação 17 p. 2009.

CONAMA." **Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357**, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - - Data da legislação: 13/05/2011 - Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89

DOMÈNECH, X., JARDIM, W. F., LITTER, M. I. **Procesos avanzados de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogênea**, cap. 1, Rede CYTED, La Plata, 2001.

FAUSTO, Antônio de Azevedo, Alice A. da Matta Chasin. **Metais: gerenciamento da toxicidade.** São Paulo. Ed. ATHENEU, 2003.

FURTADO, J. **As relações tecnológicas do Brasil com um mundo exterior: passado, presente e perspectivas.** Revista USP, São Paulo, n 89, p.213-233, mar./maio, 2011.

GENNARO, A. R.; **A Ciência e a Prática da Farmácia.** 20ª Edição. Rio de Janeiro: Guanabara, 2000.

GHANDI, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais.** p. 5-46, 2005.

GILMAN, A., G.; HARDMAN, J. E.; LIMBIRD, L. E. **As bases farmacológicas da bioquímica. Reuso de Água.** Pedro Caetano Sanches Mancuso, Hilton Felício dos Santos. Barueri, SP: Manole, 2003

GRAY, T.P.R.; JOBLING, S.; MORRYS, S.; KELLY, C.; KIRBY, S.; JANBAKSH, A.; HARRIES, J.E.; WALDOCK, M.J.; SUMPTER, J.P.; TYLER, C.R.; **Long-Term hormonal.** 2.ed. Porto Alegre (RS): Editora da UFRGS. 2006. Cap.7, p. 251-312.

HILTON, M. J.; THOMAS, K. V. (2003). **Determination of selected human pharmaceutical compounds in effluent and surface water samples by high-performance liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry.** Journal of Chromatography A, v. 1015, p. 129-141.

HO, Y.S.; MCKAY, G. **Pseudo-second-order model for sorption process.** Process Biochemistry, v.34, n.5, p.451-465, 1999.

HUANG, C. P., DONG, C., TANG, Z. **Advanced Chemical Oxidation: Its Present Hydrogen Peroxide.** Hazardous Waste and Hazardous Materials, v. 3, 1986.

LORA, Electo Silva. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte/** Electo Silva Lora. Brasília. ANEEL, 2000.

MALL, I. D. et al. (2005). **Removal of congo red from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon: Kinetic study and equilibrium isotherm analyses.** Chemosphere, New York, v. 61, p. 492–501.

Ministério Do Meio Ambiente **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE RESOLUÇÃO N° 430**, de 13 de maio de 2011.

POLEZI, M.. **Aplicação de Processo Oxidativo Avançado (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV) no Efluente de uma ETE para fins de Reuso.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

PERSHE, L. **Aumenta o Consumo de Anticoncepcionais no Brasil,** Revista Health Latin América, Publicação em Setembro de 2000.

PROUSEK, J. **Advanced oxidation processes for water treatment chemical process** *Chemické listy*, v. 90:44, 1996.

SIMMONDS, R.J. **Chemistry of biomolecules: an introduction,** Cambridge: Royal Society of Chemistry, p. 276, 1992.

QUEIROZ, M. A. L., Vasconcelos, F.C. **Inovação e imitação na indústria farmacêutica: estratégias empresariais a partir da regulamentação dos medicamentos genéricos.** Revista Bras. De Estratégia, Curitiba,v.1 n. 1, p. 107-118, jan/ abr. 2008.

REIS, R. W. F.; ARAÚJO, J. C.; VIEIRA, E. M. **Hormônios sexuais estrógenos:** Quim. Nova, v. 29, 2006.

RUTHVEN, D. M. **Principles of adsorption and adsorption process.** New York: John Wiley & Sons, 1984.

SOUZA, N. COSTA DE. **Avaliação de micropoluentes emergentes em esgotos e águas superficiais.** 183 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil com área de concentração em Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2011.

USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Special report on environmental endocrine disruption: an effects and analysis.** Cincinnati, Ohio, 1997.

URIAS, E. **A indústria farmacêutica: um processo de coevolução de instituições, organizações industriais, ciência e tecnologia.** Universidade de Campinas 104 p. 2009.

VOLESKY, B. **Biosorption of heavy metals.** Boca Raton, Flórida: CRC Press, 1990, 396 p.

**ANEXO – ENTREVISTA REALIZADA**

**FACULDADE CATÓLICA DE ANÁPOLIS**

**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL**

1. Como era a Estação de Tratamento de Efluentes da empresa?

---

---

2. De acordo com a obra realizada qual será a capacidade de tratamento da estação?

---

---

3. Quantas e quais são os processos e etapas do tratamento realizado atualmente?

---

---

4. Qual a maior dificuldade encontrada para o tratamento desse tipo de efluente?

---

---

5. O tratamento realizado elimina a carga poluidora presente no efluente que chega até a estação?

---

---

6. Quais são as medidas de contenção estabelecidas pela empresa, caso o tratamento tenha alguma deficiência?

---

---

7. Anteriormente, a empresa realizava alguma ação de conscientização entre os colaboradores, sobre os tipos de efluente que são gerados após a produção do medicamento?

---

---

8. Como a empresa define a política ambiental?

---

---

