

PANORAMA DA INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS E EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS

Elisa Dias de MELO^{1*}; Ann Honor MOUNTEER²

1* Doutora, Universidade Vale do Rio Verde, Minas Gerais, elisadias@yahoo.com.br

2 Doutora, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, ann@ufv.br

Recebido em: 31/10/2017 - Aprovado em: 29/11/2017 - Disponibilizado em: 30/12/2017

Resumo: O Brasil possui posição de destaque no cenário mundial no que se refere ao consumo de produtos cosméticos. Consequentemente, as indústrias do setor apresentam grande importância na economia nacional. A relativa simplicidade de alguns dos processos produtivos está diretamente relacionada ao elevado número de fábricas de cosméticos de pequeno e médio porte. Porém, também nesses empreendimentos há a geração de efluentes líquidos de elevado potencial poluidor. O objetivo desta revisão da literatura foi o de identificar aspectos gerais relacionados a produtos cosméticos, contemplando aspectos produtivos, ambientais e legais, com enfoque na situação do estado de Minas Gerais. Apesar do elevado número de pesquisas publicadas a respeito de contaminantes de preocupação emergente, dentre os quais produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, observa-se um número mais limitado no que se refere ao tratamento de efluentes da indústria de cosméticos, com lacunas ainda a serem preenchidas, tanto no que se refere às técnicas de tratamento quanto à redução da toxicidade. O lançamento de efluentes tóxicos já é regulamentado por legislação federal, mas muito ainda deve ser avançado no que se refere aos aspectos legais e, principalmente, em ações fiscalizadoras por parte dos governos. No levantamento realizado para o estado de Minas Gerais observou-se divergência entre o número de fábricas de cosméticos cadastradas junto à Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (ABIHPEC) e no órgão ambiental, indicando que muitas provavelmente ainda estão operando ilegalmente, pelo menos no aspecto ambiental.

Palavras-chave: Contaminantes. Processos produtivos. Toxicidade.

Abstract: Brazilians rank among the world's greatest consumers of cosmetic products and consequently this industrial sector contributes greatly to the national economy. The relative simplicity of some production processes is directly related to the large number of small and medium-sized enterprises. However, even these relatively small industrial plants generate wastewater with high pollution potential. The objective of this literature review was to identify general aspects related to cosmetic products, considering productive, environmental and legal aspects, focusing on the state of Minas Gerais. Despite the large number of published articles related to emerging contaminants, among them pharmaceuticals and personal care products, there is a more limited number regarding cosmetics industry wastewater treatment, with gaps yet to be filled regarding both treatment techniques and toxicity reduction. Wastewater toxicity is already regulated by federal law, but many legal aspects still need improvement, especially with regard to governmental supervision. A survey of cosmetic manufacturers in the State of Minas Gerais uncovered a discrepancy between the number of enterprises registered with the Brazilian Personal Hygiene, Perfume and Cosmetics Industries Association (ABIHPEC) and the State Environmental Agency, indicating that many of them are probably still operating illegally, at least with regard to environmental aspects.

Keywords: Contaminants. Productive processes. Toxicity.

1 INTRODUÇÃO

As indústrias de cosméticos surgiram no início do século XX, juntamente com o crescente número de mulheres que passaram a assumir posições de trabalho não doméstico (SEBRAE; ESPM, 2008). A inserção das mulheres no mercado de trabalho é responsável pelo acelerado desenvolvimento do setor, acrescido do aumento da renda, da

longevidade e da qualidade de vida da população como um todo, o que leva a uma maior preocupação com a aparência. Somam-se a esses fatores o aumento da produtividade do setor, os lançamentos constantes de novos produtos para atender às necessidades do mercado, o aperfeiçoamento das embalagens e a divulgação publicitária (ABIHPEC, 2012; 2014).

A Resolução da Diretoria Colegiada da Anvisa RDC Nº 211, de 14 de julho de 2005, define produtos de higiene pessoal, perfumes e cosméticos (HPPC) como preparações constituídas por substâncias naturais ou sintéticas, de uso externo nas diversas partes do corpo humano, pele, sistema capilar, unhas, lábios, órgãos genitais externos, dentes e membranas mucosas da cavidade oral, com o objetivo exclusivo ou principal de limpá-los, perfumá-los, alterar sua aparência e, ou corrigir odores corporais e ou protegê-los ou mantê-los em bom estado. A segmentação do setor é realizada em três vertentes, como detalhado a seguir (CETESB; ABIHPEC, 2005; CAPANEMA et al., 2007):

- Segmento de higiene pessoal: composto por sabonetes, produtos para higiene oral, desodorantes, absorventes higiênicos, produtos para barbear, fraldas descartáveis, talcos, produtos para higiene capilar, etc.

- Segmento de perfumaria: engloba perfumes e extratos, águas-de-colônia, produtos pós-barba, etc.

- Segmento de cosméticos: abrange produtos para coloração, tratamento, fixação e modelagem capilar, maquiagem, protetores solares, cremes e loções para pele, depilatórios, etc.

O Brasil é o terceiro maior mercado consumidor de HPPC do mundo, atrás

somente dos Estados Unidos e China. Os brasileiros respondem pelo maior consumo nas categorias de desodorantes, perfumaria e filtros solares e segundo maior consumidor global de produtos masculinos, infantis e para cabelos. Somente no mercado de produtos capilares foi registrado faturamento de R\$ 21,2 bilhões em 2014 (ABIHPEC, 2015).

O setor conta com a presença de grandes empresas nacionais e internacionais, diversificadas ou especializadas em diferentes produtos de HPPC. Até agosto de 2015 foram regularizadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) 2.540 fábricas de cosméticos no país, sendo somente 20 delas consideradas de grande porte. Há uma concentração das fábricas de cosméticos principalmente na região sudeste do país, com 231 delas localizadas no estado de Minas Gerais (ABIHPEC, 2015). Nesta revisão da literatura objetivou-se o levantamento de aspectos produtivos, ambientais e legais relacionados à indústria de cosméticos, com destaque para a situação no estado de Minas Gerais.

2 METODOLOGIA

O presente artigo se trata de uma revisão da literatura especializada, realizada entre junho de 2014 e maio de 2016, baseada principalmente na busca de

artigos científicos disponíveis no Portal Periódicos da Capes. As principais palavras chave empregadas na busca foram *cosmetic*, *wastewater treatment* e *toxicity*.

Ainda foram incluídas legislações relevantes, além de manuais e publicações nacionais relacionadas à produção e comercialização de cosméticos.

3 ASPECTOS PRODUTIVOS

Os processos produtivos na indústria de cosméticos normalmente ocorrem em reatores por processos em batelada, baseando-se principalmente em operações unitárias de homogeneização, aquecimento e, ou resfriamento. São caracterizados pelo elevado consumo de água e baixo consumo de energia. As principais etapas e atividades na fase de produção são enumeradas a seguir (CETESB; ABIHPEC, 2005):

- Recebimento e armazenagem de matérias-primas, embalagens para os produtos acabados e demais insumos;
- Separação e pesagem de matérias-primas, incluindo as análises físicas, químicas e organolépticas das mesmas para fins de controle de qualidade;
- Limpeza e sanitização dos reatores;

- Adição das matérias-primas pesadas e de água purificada aos reatores;
- Aquecimento ou resfriamento dos reatores com agitação, conforme as necessidades de cada produto;
- Controle físico-químico e microbiológico do produto final;
- Envase, armazenamento e expedição de produto acabado.

É observada uma grande variedade de matérias-primas e produtos auxiliares na produção de cosméticos. Um grupo que merece destaque é o dos surfactantes (do termo inglês *surface active agents*), ingredientes presentes em todos os produtos de enxágue em concentrações relativamente altas (TOLLS et al., 2009). Os surfactantes são compostos orgânicos que possuem comportamento anfifílico, isto é, possuem duas regiões, uma hidrofóbica e outra hidrofílica (PENTEADO et al., 2006). Como consequência de sua estrutura, essas substâncias reduzem a tensão superficial da água, permitindo a formação de emulsões.

As substâncias lipofílicas e emulsionantes, como por exemplo, álcoois graxos, glicerídeos, parafinas e ceras, ingredientes poliméricos como óleos de silicone e as fragrâncias também compõem importantes grupos de matérias-primas (TOLLS et al., 2009). Destaca-se o uso de

ingredientes naturais, cuja produção envolve uso de recursos da biodiversidade brasileira, notadamente da Amazônia, despertando muito interesse por parte de empresas e consumidores nacionais e internacionais (SEBRAE; ESPM, 2008).

A utilização de água pela indústria de cosméticos pode ocorrer de diversas formas, como na incorporação ao produto, nas lavagens de equipamentos, tubulações e pisos e nos sistemas de resfriamento e geradores de vapor. Exceto pelo volume de água incorporado aos produtos e alguma perda por evaporação, a água torna-se contaminada por resíduos do processo industrial, originando assim os efluentes líquidos industriais, que devem ser devidamente tratados. Ingredientes utilizados na produção de cosméticos e, portanto, presentes nos efluentes, podem apresentar propriedades tóxicas, irritantes e, ou corrosivas, devendo-se, portanto, conhecer os seus efeitos potenciais tanto sobre a saúde humana quanto sobre o meio ambiente (CETESB; ABIHPEC, 2005).

4 ASPECTOS AMBIENTAIS

4.1 Produtos Farmacêuticos e de Cuidados Pessoais (PPCP)

Apesar da realidade brasileira ainda ser de falta de saneamento básico em grande parte de seu território, com reflexos diretos na saúde da população, pesquisas mais avançadas, relacionadas a poluentes

prioritários e de preocupação emergente também têm destaque em publicações científicas na área ambiental tanto nacional e, principalmente, internacionalmente. Dentre os contaminantes de preocupação emergente, é destacada a contribuição dos PPCP (TIJANI et al., 2013; BU et al., 2013).

Esses incluem produtos utilizados em grandes quantidades na vida cotidiana, tais como medicamentos humanos e veterinários, surfactantes, desinfetantes, conservantes, fragrâncias, aditivos industriais dentre outros compostos químicos. Muitos PPCP são persistentes ou pseudo-persistentes, visto sua contínua emissão no ambiente, apresentam toxicidade e têm o potencial de bioacumulação em organismos de diferentes níveis tróficos (PETROVIC et al., 2003; BU et al., 2013).

Diferentes pesquisadores apontam os esgotos como principal fonte de emissão de PPCP e de seus metabólitos para o meio ambiente, visto que a maioria das estações de tratamento não foi projetada para sua remoção (PETROVIC et al., 2003; BOGACKI et al., 2011; KIMURA et al., 2014). Os produtos de cuidados pessoais (PCP) estão entre os compostos mais comumente detectados em águas superficiais em todo o mundo (BRAUSCH; RAND, 2011; KIMURA et al., 2014), e diversos trabalhos

relacionados tanto à detecção de PPCP no ambiente quanto à sua redução ou remoção em estações de tratamentos já foram publicados (MATAMOROS et al., 2009; YAMAMOTO et al., 2009; YANG et al., 2011; SUI et al., 2011; LIU et al., 2012; BU et al., 2013; ARLOS et al., 2014; KIMURA et al., 2014; SUN et al., 2014a).

No ambiente aquático, o destino e a concentração de PPCP dependem de muitos fatores, como processos e eficiência do tratamento de efluentes, propriedades físicas e químicas das substâncias, como volatilidade e biodegradabilidade, vazão do corpo receptor e condições climáticas (YAMAMOTO et al., 2009; BOGACKI et al., 2011). A quantidade de PPCP depende ainda das condições econômicas da sociedade, pois quanto maior o poder aquisitivo de uma população, maior é o consumo de medicamentos e cosméticos.

Em análises realizadas em amostras brutas e tratadas de uma estação de tratamento na Espanha, foi observado que a toxicidade em ambas as amostras foi devida principalmente a PPCP (MUÑOZ et al., 2008). Schnell et al. (2009) estudaram a citotoxicidade de diferentes fármacos e fragrâncias, assim como de suas misturas. Dentre os compostos testados, fragrâncias policíclicas e antidepressivos apresentaram maior potencial tóxico. Dentro de uma determinada classe de compostos, observou-se efeito aditivo da toxicidade

das misturas. No entanto, para misturas com compostos de classes distintas, o efeito tóxico foi maior que aditivo, indicando que, no ambiente aquático, a toxicidade de PPCP sobre organismos não alvos pode ocorrer em concentrações mais baixas do que o esperado, devido aos efeitos sinérgicos observados em misturas.

Tais resultados foram corroborados pela pesquisa realizada por Backhaus e colaboradores (2011), que avaliaram a toxicidade individual e de mistura de PPCP para comunidades de microalgas marinhas. Tanto os produtos individuais quanto a mistura dos mesmos apresentaram toxicidade, e foram detectados efeitos tóxicos na mistura mesmo quando os produtos estavam presentes em suas concentrações individuais de efeito não observado.

Diversos estudos também têm demonstrado efeitos ecotoxicológicos para organismos aquáticos devido à exposição a surfactantes (LEWIS, 1990; 1991; SANTOS, 2011; MELO et al., 2013). Pavlic e colaboradores (2005) avaliaram a toxicidade de diferentes surfactantes comerciais, assim como a toxicidade de oito xampus contendo diversas combinações desses surfactantes. Os resultados indicaram que todos os surfactantes e xampus testados apresentaram efeitos tóxicos sobre a alga *Pseudokirchneriella subcapitata*

(atualmente classificada como *Raphidocelis subcapitata*). Foi elucidado por Tolls et al. (2009) que os surfactantes podem interagir com estruturas biológicas, como por exemplo, membranas celulares. Ainda foi afirmado que, considerando sua toxicidade e as grandes quantidades empregadas em produtos de consumo, os surfactantes constituem a categoria de ingredientes mais relevante para consideração de potencial impacto ambiental de PCP.

Como afirmado por Tolls et al. (2009), Bogacki et al. (2011) e verificado nesta revisão bibliográfica, os PPCP muitas vezes são tratados como um grupo único. No entanto, a composição química dos produtos farmacêuticos apresenta diferenças significativas em relação aos produtos cosméticos. Consequentemente, o comportamento ambiental e impactos gerados pelos produtos farmacêuticos geralmente não são comparáveis aos dos produtos cosméticos. Brausch e Rand (2011) ressaltam que, em comparação aos produtos farmacêuticos, relativamente poucas pesquisas avaliaram a ocorrência e efeito de produtos cosméticos no ambiente aquático, apesar de os mesmos serem usados extensivamente e apresentarem indicação de serem ambientalmente persistentes, bioativos e possuírem potencial de bioacumulação.

Apesar da vasta literatura científica sobre o destino de muitas destas substâncias (contaminantes de preocupação emergente), ainda é limitado o conhecimento sobre os efeitos dos PPCP sobre o meio ambiente, especialmente no caso de exposição a misturas complexas desses compostos (CALIMAN; GAVRILESCU, 2009). Também na revisão realizada por Brausch e Rand (2011), a respeito de PCP, foi indicado que a maioria dos estudos realizados investigaram os compostos individualmente e não como mistura em efluentes, o que seria um cenário mais realista e ambientalmente relevante em termos de exposição.

Em relação às técnicas de tratamentos, estudos abrangem a concentração, distribuição e redução de fragrâncias em sistemas biológicos (JOSS et al., 2005; LIU et al., 2014; SUN et al., 2014b; HOQUE et al., 2014). De acordo com Joss e colaboradores (2005), as fragrâncias estudadas foram removidas principalmente por adsorção no lodo biológico de dois sistemas de lodos ativados convencionais, sendo o primeiro operado em paralelo com biorreatores a membranas (BRM), em escala piloto, e o segundo com reator anaeróbio de leito fixo. Os processos com BRM vêm sendo testados em diferentes pesquisas para a redução de micropoluentes, incluindo os

PPCP (CLARA et al., 2005; CHON et al., 2012). Reif et al. (2008) investigaram o destino de PPCP em um sistema de BRM, sendo observado que as substâncias foram parcialmente adsorvidas no lodo e sua eliminação foi limitada.

Assim como relatado para as fragrâncias, a adsorção no lodo também desempenhou papel dominante na redução da concentração de filtros UV (LIU et al., 2012). Reungoat et al. (2011) pesquisaram a redução de PPCP, carbono orgânico dissolvido (COD) e toxicidade em esgoto sanitário por biofiltração em dois meios filtrantes distintos: areia e carvão ativado granular. A influência de pré-ozonização e tempo de contato também foi determinada. Os resultados mostraram que o carvão ativado apresentou bom potencial para a redução do COD (35 – 60 %), PPCP (> 90 %) e toxicidade (28 – 68 %), mesmo sem pré-ozonização. Os filtros de carvão ativado mantiveram-se estáveis por mais de dois anos, sugerindo que o principal mecanismo de redução da matéria orgânica e de PPCP foi a biodegradação.

Osachoff e colaboradores (2014) avaliaram a capacidade de um sistema de tratamento por lodos ativados de remover PPCP de um efluente sintético. A redução individual dos compostos no sistema de tratamento em escala laboratorial variou de 40 a 99,6 %. Porém, os autores pontuaram que embora a eficiência de redução para

alguns dos compostos avaliados tenha sido elevada, as quantidades remanescentes apresentam potencial para afetar organismos aquáticos, mesmo em baixas concentrações.

A redução de PPCP por três sistemas distintos de tratamento biológico, incluindo lodos ativados, remoção biológica de nutrientes e BRM, foi comparada durante as diferentes estações do ano por Sui e colaboradores (2011), sendo constatadas variações sazonais discrepantes de PPCP nos afluentes. Para a parcela facilmente biodegradável dos PPCP, o desempenho do sistema de BRM foi o mais estável. No entanto, nenhuma redução foi alcançada, independentemente da estação do ano ou do processo de tratamento, para os PPCP recalcitrantes.

Em relação à redução de surfactantes, Petrovic e colaboradores (2003) indicaram que, em condições otimizadas, mais de 90 % de agentes tensoativos não iônicos podem ser eliminados por processos biológicos de tratamento de águas residuárias. Entretanto, é levantado também por esses autores o problema de formação de metabólitos resistentes ao tratamento a partir das moléculas originais dos surfactantes. Oliveira (2010) investigou a degradação anaeróbia do surfactante aniônico alquilbenzeno linear sulfonado (LAS) em reator de leito de lodo

fluidificado/expandido, que apresentou elevada redução da demanda química de oxigênio (DQO), mesmo com a adição do LAS. De acordo com a autora, a principal forma de redução do LAS ocorreu por degradação biológica nos reatores, e não pela adsorção na biomassa. Esses resultados diferem daqueles obtidos por Almendariz et al. (2001) e outros pesquisadores, que observaram inibição do tratamento devido ao acúmulo de LAS no lodo.

Okada (2012) avaliou a degradação do LAS em reator UASB com água residuária de lavanderia e Motteran (2013) a redução do surfactante não iônico álcool etoxilado de cadeia não ramificada em reator anaeróbio de leito fluidificado preenchido com areia como material suporte. Nesses dois trabalhos obteve-se elevada redução de matéria orgânica em todas as fases de operação do reator. Observou-se ainda que o surfactante não iônico não foi adsorvido no material suporte, sendo sua redução devida à degradação realizada pelos microrganismos presente no reator de leito fluidizado.

Romanelli (2004) avaliou a aplicação da radiação ionizante por feixe de elétrons na degradação e na redução da toxicidade aguda e crônica dos surfactantes DSS, ácido dodecil p-benzenosulfonato e dododecil p-benzenosulfonato de sódio. O

tratamento mostrou-se eficiente tanto na degradação quanto na redução da toxicidade dos surfactantes.

O processo de ozonização foi indicado como o mais estudado e promissor no tratamento de micropoluentes em revisão realizada no ano de 2007 (ESPLUGAS et al., 2007). No entanto, a eficácia do processo de ozonização não se revelou efetiva quando aplicado para remoção de fragrâncias e filtros solares (ROSAL et al., 2010).

A eficácia de processos de separação por membranas e adsorção para a redução de PPCP foi apresentada por Snyder et al. (2007), abrangendo membranas de microfiltração (MF), ultrafiltração (UF), nanofiltração (NF), osmose inversa (OI), BRM e combinações de membranas em série tanto em escala piloto quanto real. O processo de adsorção foi avaliado em testes em escala de bancada com carvão ativado granular. Apesar da redução considerável de contaminantes de preocupação emergente por esses processos, ainda foram detectados diversos compostos nos permeados das membranas e nas amostras tratadas com o carvão.

Em estudo sobre PPCP apresentado por pesquisadores chineses (BU et al., 2013), foram enumeradas as seguintes prioridades para a proteção do meio aquático: identificar os PPCP e suas fontes

pontuais, como ferramenta para gestão e pesquisa; desenvolver métodos analíticos e de modelagem para abranger um maior número de PPCP e seus produtos de degradação; monitorar as fontes, destinos e efeitos de PPCP em diferentes ambientes, de diferentes regiões; desenvolver técnicas de tratamento eficientes; e estruturar um plano para o controle e prevenção de riscos ambientais para atuar como ferramenta de melhores práticas de gestão para o uso e descarte de PPCP. Tais estratégias podem e devem ser aplicadas também no contexto nacional, visto o risco iminente de tais contaminantes e elevado consumo de produtos cosméticos no território brasileiro.

Os trabalhos relacionados à detecção e redução de PPCP no ambiente e em estações de tratamentos e o conhecimento de suas propriedades físicas e químicas são essenciais para descrever e prever os mecanismos de remoção desses compostos em estações de tratamento. Porém, além da quantidade significativa de produtos cosméticos que é liberada em estações ineficientes de tratamento de esgoto após o seu uso doméstico, as fontes pontuais de lançamento pela própria indústria de cosméticos também devem ser consideradas.

4.2 Efluentes Líquidos da Indústria de Cosméticos

A geração de efluentes líquidos na indústria de cosméticos depende, basicamente, da maneira e frequência em que ocorrem as operações de lavagem de equipamentos. Como medida para redução do consumo de água e, conseqüentemente, da geração de efluentes líquidos, é recomendada e adotada em algumas fábricas de cosméticos a remoção mecânica ou por sistemas à vácuo dos resíduos aderidos à parede interna dos reatores e demais equipamentos das linhas de produção e envase, antes do início do processo de lavagem propriamente dito (CETESB; ABIHPEC, 2005). Em relação à sua composição, os efluentes do setor variam significativamente em função do tipo de produto elaborado, mas apresentam normalmente elevada DQO e concentrações de compostos orgânicos de reduzida biodegradabilidade, como conservantes, misturas de surfactantes, óleos e graxas (O&G), corantes e fragrâncias (BAUTISTA et al., 2007; EL-GOHARY et al., 2010; PERDIGÓN-MELÓN et al., 2010; MELO et al., 2013).

Alguns pesquisadores já avaliaram diferentes técnicas para tratamento de efluentes da indústria de cosméticos. Ahammad et al. (2013) verificaram o desempenho de sete sistemas de tratamento de efluentes com resíduos de xampus, incluindo um aeróbio, três anaeróbios e três sistemas combinados de reatores

anaeróbio-aeróbio. Os sistemas combinados apresentaram melhores resultados para redução da DQO e consumo de energia até 69 % menor que nos sistemas aeróbios. Pesquisadores chineses também avaliaram sistemas combinados de tratamento anaeróbio-aeróbio para efluentes de indústria de cosméticos e conseguiram alcançar os padrões para lançamentos de efluentes locais (ZHANG et al., 2013), porém não foi avaliada nesses trabalhos a redução da toxicidade do efluente.

Outras pesquisas relacionadas a tratamento anaeróbio de efluentes líquidos de indústria de cosméticos avaliaram principalmente variações de alimentação de carga orgânica e duração de ciclos em reatores sequenciais por batelada (RSB) (OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2010; PUYOL et al., 2011). Os resultados indicaram a possibilidade do emprego dessa técnica em escala real, sendo, porém, observada a inibição de algumas fases do processo.

Tobajas e colaboradores (2014), por exemplo, estudaram e otimizaram um sistema de RSB para tratamento de efluentes da indústria de cosméticos, analisando a influência do tempo de detenção hidráulica, bem como a inclusão de estágios anóxicos e, ou aeróbios na sequência do processo. Os autores relataram que, embora uma sequência

estritamente aeróbia possa ser utilizada para o tratamento de efluentes da indústria de cosméticos, a alternância das fases anóxica e aeróbia melhorou significativamente a redução de matéria orgânica e de nutrientes. Independente da sequência utilizada, um tempo de retenção hidráulica de cinco dias possibilitou a mais elevada redução de matéria orgânica. A fração residual de carbono orgânico total não apresentou toxicidade ao lodo biológico, vista a recuperação da taxa de respiração endógena da biomassa do início do processo.

Bradai e colaboradores (2012) apresentaram um estudo sobre a otimização de um pré-tratamento físico-químico para efluentes com elevadas cargas de surfactantes aniônicos, provenientes de uma fábrica de cosméticos. Os autores relataram que, apesar de tratamentos biológicos aeróbios utilizando BRM terem demonstrado um bom desempenho para o tratamento de surfactantes, quando da presença de elevadas concentrações, tornaram-se insuficientes, pelos efeitos nocivos observados sobre a biomassa do reator e formação de espuma no tanque de aeração.

Monsalvo e colaboradores (2014) avaliaram, em escala piloto, o processo BRM com alimentação intermitente para o tratamento de efluentes da indústria de cosméticos. Eficiências de redução acima

de 98 % foram obtidas para demanda bioquímica de oxigênio, DQO, sólidos em suspensão e O&G. A maioria dos produtos orgânicos detectados no efluente bruto foram completamente removidos e apenas algumas fragrâncias foram detectadas no permeado, em concentrações traço. Porém, de acordo com Friha et al. (2014), a incrustação (*fouling*) das membranas é um grande inconveniente, tornando o sistema menos eficiente e necessitando de mais energia para a retrolavagem dos módulos. Esses pesquisadores também avaliaram a tratabilidade de efluentes da indústria de cosméticos por sistema de BRM, em escala piloto. A redução da DQO e surfactantes aniônicos foi monitorada, com eficiências de 83,7 e 98,1 %, respectivamente, para o valor ótimo encontrado para alimentação de carga orgânica. Constatou-se, porém, que cargas orgânicas elevadas têm forte efeito negativo sobre incrustações da membrana e eficiência do sistema.

Em uma publicação recente, pesquisadores indianos (BANERJEE et al., 2016) apresentaram um estudo sobre o tratamento de efluentes provenientes de salões de beleza empregando biorreatores contendo consórcio bacteriano isolado, proveniente de amostras de lodo ativado. O tratamento biológico, associado ao processo de ultrafiltração através de membranas cerâmicas, possibilitou a redução de cor, triclosan e surfactante em

99,2 %, 98,6 % e 99,7 %, respectivamente. O tratamento permitiu também a destoxificação do efluente, pela avaliação da toxicidade em peixes e estudo da resposta ao estresse oxidativo em tecidos dos organismos-teste.

Uma pesquisa comparou sistemas de pré-tratamento para efluentes da indústria de cosméticos baseados em coagulação química seguida de precipitação ou de flotação por ar dissolvido. Os dois sistemas apresentaram porcentagens de redução da DQO semelhantes (~75 %) empregando sulfato de alumínio como coagulante. Porém, de acordo com os autores, os custos calculados para implantação e funcionamento da planta foram menores para o sistema de coagulação seguida de flotação por ar dissolvido (EL-GOHARY et al., 2010).

Boroski e colaboradores (2009) avaliaram o tratamento combinado de eletrocoagulação seguido por fotocatalise heterogênea (TiO₂) para efluente de uma indústria farmacêutica e de cosméticos, composto por substâncias refratárias e com alto teor de matéria orgânica. Após eletrocoagulação, a maioria do material orgânico dissolvido e em suspensão foi removida. Porém, resíduos refratários ainda mantiveram-se presentes. Com a aplicação da fotocatalise observou-se

elevada redução tanto de compostos orgânicos quanto de inorgânicos.

Bautista e colaboradores (2007, 2010) estudaram a aplicação e otimização de processos oxidativos avançados (POAs) para efluentes da indústria de cosméticos, com bons resultados tanto para o processo Fenton quanto para a oxidação úmida catalítica, com Fe/Al₂O₃ e carvão ativado. Em outro estudo foi avaliado o efeito de diferentes pré-tratamentos físico-químicos na biodegradabilidade do efluente de uma fábrica de cosméticos. Tanto o processo de coagulação/floculação quanto os POAs apresentaram significativas reduções dos valores de DQO e de surfactantes aniônicos, com destaque para o processo eletro-Fenton (ALOUÍ et al., 2009).

Perdigón-Melón et al. (2010) avaliaram o tratamento combinado de coagulação com sulfato férrico seguida de processo Fenton. Os resultados desse trabalho indicaram que a combinação de ambos os processos reduziu, significativamente, a toxicidade do efluente bruto da indústria de cosméticos e aumentou sua biodegradabilidade. Porém, de acordo com El-Gohary et al. (2010), apesar de serem eficientes para tratamento de efluentes da indústria de cosméticos, os POAs ainda apresentam custos elevados. Aloui e colaboradores (2009) também ressaltaram o peso financeiro dos tratamentos por ozônio e oxidação

fotocatalítica, apesar de serem efetivos no aumento da biodegradabilidade de surfactantes.

Nos trabalhos apresentados nesta revisão são elucidados pontos importantes para evolução das técnicas de tratamento de efluentes da indústria de cosméticos. Porém, lacunas ainda são observadas tanto referentes ao tratamento em si, considerando, por exemplo, a variabilidade dos efluentes reais, quanto a importância em se considerar a redução da carga tóxica dos mesmos.

5 ASPECTOS LEGAIS

Os PPCP englobam compostos considerados como poluentes de preocupação emergente e que são empregados em produtos de uso diário. Após seu uso, muitos deles são lançados nas redes de esgoto ou diretamente nos ambientes aquáticos. Estações de tratamentos de esgoto convencionais não são capazes de remover tais compostos, que acabam retornando aos cursos-d'água. Pesquisas nacionais e internacionais indicaram, inclusive, a presença de poluentes de preocupação emergente em mananciais de abastecimento. Como apontado pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA, 2015), ainda é necessário abordar e avaliar o impacto potencial desses compostos no ambiente aquático para se determinar os

níveis de proteção para os organismos aquáticos. Uma estratégia adotada pela USEPA é a de selecionar alguns compostos como referência para a avaliação e regulamentação dos contaminantes de preocupação emergente.

Na Europa há também uma mobilização para o estudo e regulamentação desses compostos. Um grupo denominado NORMAN foi organizado, tornando-se uma rede permanente de laboratórios de referência, centros de pesquisa e organizações relacionadas para o monitoramento de contaminantes de preocupação emergente. Ainda assim, a indefinição e incerteza sobre os mesmos levam a uma falta de práticas de gestão estratégica e políticas de regulamentação.

No contexto nacional, em contato realizado com o Ministério do Meio Ambiente, foi informado que esse tema ainda não está sendo diretamente abordado. Há, porém, projeto de lei para o cadastro nacional de substâncias químicas. Apesar de ainda incipiente, as informações a serem obtidas podem ajudar no controle e regulamentação de compostos considerados poluentes de preocupação emergente, especialmente os desreguladores endócrinos. Deve-se ainda considerar o destino, concentração e efeito dessas substâncias nos diversos compartimentos ambientais, considerando

a variedade de biomas e condições climáticas encontradas no Brasil.

Apesar das dificuldades encontradas para conciliar o desenvolvimento econômico com o desenvolvimento sustentável, esta é uma tendência a ser adotada também em empreendimentos de médio e pequeno porte, devido aos riscos a que elas expõem o ambiente ao seu redor. Segundo Bassoi et al. (1990) e Zagatto e Bertoletti (2006), estudos demonstraram que efluentes líquidos que atendem às condições e padrões legais de qualidade das águas e de lançamento de efluentes não estão isentos de causar efeitos tóxicos à biota aquática. Ou seja, somente os parâmetros físicos e químicos que normalmente são considerados nos planos de monitoramento, como DQO, sólidos, metais e demais substâncias orgânicas e inorgânicas cujos limites encontram-se estabelecidos nas legislações ambientais, não são suficientes para avaliar o potencial risco ambiental proveniente dos efluentes (COSTA et al., 2008).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) N° 430 (2011), no que tange às condições e padrões de lançamento de efluentes, dispõe em seu artigo 18 que “o efluente não deverá causar ou possuir potencial para causar efeitos tóxicos aos organismos aquáticos no corpo receptor, de acordo

com os critérios de ecotoxicidade estabelecidos pelo órgão ambiental competente”. É definido que esses efeitos devem ser baseados em resultados de ensaios ecotoxicológicos aceitos pelo órgão ambiental, utilizando organismos aquáticos de pelo menos dois níveis tróficos diferentes. Essa resolução ainda estabelece critérios, que devem ser obedecidos na ausência de outros mais restritivos, para avaliar o efeito tóxico do efluente no corpo receptor. Os critérios são baseados nos valores dos índices de toxicidade, para um determinado tempo de exposição, nas condições de ensaio e da concentração do efluente no corpo receptor.

Apesar de não ser uma realidade no estado de Minas Gerais, alguns estados já estabeleceram critérios e padrões de toxicidade para lançamento de efluentes, como São Paulo, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul (MAGALHÃES; FERRÃO FILHO, 2008; BERTOLETTI, 2013).

Na Portaria da Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina (Fatma) N° 017 (2002) são estabelecidos os limites máximos de toxicidade aguda para efluentes de diferentes origens, como por exemplo de indústrias têxteis, alimentícias e farmacêuticas. No estado do Paraná, o Conselho Estadual do Meio Ambiente (CEMA), em sua Resolução N° 081

(2010), além de estabelecer os limites máximos de emissão de toxicidade considerando diferentes fatores de toxicidade, estabelece ainda os tipos de organismos-teste indicados para a realização dos testes de toxicidade para efluentes de diferentes tipologias industriais.

No Rio Grande do Sul, a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente (Consema) N° 129 (2006) estabelece os padrões de emissão para toxicidade em efluentes líquidos industriais e sanitários. No artigo 9° desta resolução é apresentada uma tabela em que constam os valores máximos de toxicidade aguda, crônica e genotoxicidade permitidos para lançamento de efluentes líquidos, apresentando então critérios mais restritivos que nos demais estados.

6 INDÚSTRIA DE COSMÉTICOS NO ESTADO DE MINAS GERAIS

O levantamento das fábricas de cosméticos implantadas no estado de Minas Gerais foi realizado por meio de consulta junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad), atualizada em abril de 2016, sendo disponibilizada relação dos processos ambientais cadastrados. A listagem dos processos foi feita com base no código da atividade C-06-01-7 (Fabricação de produtos de perfumaria e

cosméticos), listada na Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (Copam) Nº 74 (2004), que estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento (AAF) ou de licenciamento ambiental no nível estadual.

Dos 151 registros de processos industriais disponibilizados pela Semad, 78 % deles se referem a AAFs. De acordo com a Deliberação Normativa Nº 74 (2004), Art. 2º, “Os empreendimentos e atividades listados no anexo único desta Deliberação Normativa, enquadrados nas classes 1 e 2, considerados de impacto ambiental não significativo, ficam dispensados do processo de licenciamento ambiental no nível estadual, mas sujeitos obrigatoriamente à AAF pelo órgão ambiental estadual competente, mediante cadastro iniciado através de formulário integrado de caracterização do empreendimento preenchido pelo requerente, acompanhado de termo de responsabilidade, assinado pelo titular do empreendimento e de anotação de responsabilidade técnica ou equivalente do profissional responsável.” Apesar do termo de responsabilidade, não há a obrigatoriedade, nesse caso, de

apresentação de estudos ambientais ou relatórios de monitoramento.

Destaca-se ainda a divergência entre o número de empresas de cosméticos divulgado pela ABIHPEC (231) e daquelas cadastradas junto ao órgão ambiental, indicando que muitas provavelmente ainda estão operando ilegalmente, pelo menos no aspecto ambiental. A disponibilização de dados entre órgãos governamentais, ou ligados a ele, seria muito útil, possibilitando maior controle e direcionamento das práticas de fiscalização.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deste panorama sobre a indústria de cosméticos, podem ser elucidados pontos de interesse econômico e ambiental. A posição de destaque do Brasil no mercado consumidor de produtos cosméticos e relativa simplicidade de processos produtivos do ramo atraem iniciativas de empreendedores, principalmente de pequeno e médio porte. Porém, devem ser considerados os impactos ambientais causados por essa tipologia industrial, e ainda o fato de que muitos dos produtos cosméticos ou ingredientes utilizados para sua produção estão sendo considerados como contaminantes de preocupação emergente. Após a análise de publicações científicas na área, percebe-se falta de dados

consolidados sobre concentração e efeito de tais contaminantes no meio ambiente, além de observação repetida de resultados divergentes entre pesquisas correlatas. No que se refere ao tratamento de efluentes líquidos da indústria de cosméticos, há um número reduzido de pesquisas, principalmente considerando o efluente real, suas variabilidades e aspectos ecotoxicológicos.

Sobre os aspectos legais, mesmo em países da Europa e Estados Unidos ainda não foram consolidadas normas a respeito dos contaminantes de preocupação emergente, apesar do incentivo e pesquisas voltadas para tal fim. No Brasil, apesar de tantas outras prioridades no contexto sanitário e ambiental, esse tópico não deve ser menosprezado, visto o intenso consumo e, portanto, lançamento de produtos cosméticos no ambiente. Regulamentação em nível federal do controle ecotoxicológico no lançamento de efluentes já define as práticas ilegais, porém muito ainda deve ser avançado, tanto no quesito regulatório, por parte dos estados, quanto em ações fiscalizadoras.

REFERÊNCIAS

ABIHPEC. **Anuário 2012**. Disponível em: <<http://www.abihpec.org.br/publicacoes/>> Acesso em 06 de agosto de 2014.

ABIHPEC. **Panorama do Setor de HPPC 2014**. v. 07-05-14. Disponível em:

<<http://www.abihpec.org.br/publicacoes/>> Acesso em 05 de agosto de 2014.

ABIHPEC. **Panorama do Setor de HPPC 2015**. v.11-08-15. Disponível em: <<http://www.abihpec.org.br/publicacoes/>> Acesso em 15 de março de 2016.

AHAMMAD, S.Z. et al. Anaerobic–aerobic sequencing bioreactors improve energy efficiency for treatment of personal care product industry wastes. **Bioresource Technology**, v. 139, p. 73–79, 2013.

ALMENDARIZ, F. J. et al. Degradation of linear alkylbenzene sulfonate (LAS) in acidogenic reactor bioremediated with *Pseudomonas aeruginosa* (M113) strain. **Water Science and Technology**, v. 44, n. 4, p.183-188, 2001.

ALOU, F.; KCHAOU, S.; SAYADI, S. Physicochemical treatments of anionic surfactants wastewater: Effect on aerobic biodegradability. **Journal of Hazardous Materials**, v. 164, p. 353–359, 2009.

ANVISA. **Resolução RDC Nº 211, de 14 de julho de 2005**. Estabelece a Definição e a Classificação de Produtos de Higiene Pessoal, Cosméticos e Perfumes, conforme Anexo I e II desta Resolução e dá outras definições. Brasília, 2005.

ARLOS, M.J. et al. Simulation of the fate of selected pharmaceuticals and personal care products in a highly impacted reach of a Canadian watershed. **Science of the Total Environment**, v. 485–486, p. 193–204, 2014.

BACKHAUS, T. et al. Single-substance and mixture toxicity of five pharmaceuticals and personal care products to marine periphyton communities. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 30, p. 2030–2040, 2011.

BANERJEE, P. et al. Treatment of cosmetic effluent in different configurations of ceramic UF membrane based bioreactor: Toxicity evaluation of the untreated and treated wastewater using catfish (*Heteropneustes fossilis*). **Chemosphere**, v. 146, p. 133 – 144, 2016.

BASSOI, L. J.; NIETO, R.; TREMAROLI, D. **Implementação de testes de toxicidade no controle de efluentes líquidos**. (Série Manuais). São Paulo: CETESB, 1990.

BAUTISTA, P. et al. Application of Fenton oxidation to cosmetic wastewaters treatment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 143, p. 128–134, 2007.

BAUTISTA, P. et al. Catalytic wet peroxide oxidation of cosmetic wastewaters with Fe-bearing catalysts. **Catalysis Today**, v. 151, p. 148–152, 2010.

BERTOLETTI, E. **Controle ecotoxicológico de efluentes líquidos no estado de São Paulo**. Série Manuais. São Paulo: CETESB, 2013.

BOGACKI, J. et al. Treatment of cosmetic wastewater using physicochemical and chemical methods. **Chemik**, v. 65, 2, p. 94 – 97, 2011.

BOROSKI, M. et al. Combined electrocoagulation and TiO₂ photoassisted treatment applied to wastewater effluents from pharmaceutical and cosmetic industries. **Journal of Hazardous Materials**, v. 162, p. 448–454, 2009.

BRADAI, M.; SAYADI, S.; ISODA, H. Optimization of a Physicochemical Pretreatment Combined with Biological Treatment for a Highly loaded Wastewater with Anionic Surfactants, Using Response Surface Methodology (RSM). **Journal of Arid Land Studies**, v. 22, p. 323-327, 2012.

BRAUSCH, J. M.; RAND, G. M. A review of personal care products in the aquatic environment: Environmental concentrations and toxicity. **Chemosphere**, v.82, p. 1518–1532, 2011.

BU, Q. et al. Pharmaceuticals and personal care products in the aquatic environment in China: A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 262, p. 189– 211, 2013.

CALIMAN, F.A.; GAVRILESCU, M. Pharmaceuticals, Personal Care Products and Endocrine Disrupting Agents in the Environment – A Review. **Clean**, v. 37 (4 – 5), p. 277 – 303, 2009.

CAPANEMA, L. X. L. et al. **Panorama da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**, Rio de Janeiro: BNDES, 26 p, 2007.

CEMA. **Resolução N° 081, de 19 de outubro de 2010**. Dispõe sobre critérios e padrões de ecotoxicidade para o controle de efluentes líquidos lançados em águas superficiais no estado do Paraná. Curitiba, 2010.

CETESB. **Guia Técnico Ambiental da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos: Por uma Produção mais Limpa**. São Paulo, 2005. Disponível em: <www.crq4.org.br/downloads/higiene.pdf> Acesso em 31 de agosto de 2013.

CHON, K.; KYONGSHON, H.; CHO, J. Membrane bioreactor and nanofiltration hybrid system for reclamation of municipal wastewater: Removal of nutrients, organic matter and micropollutants. **Bioresource Technology**, v. 122, p. 181–188, 2012.

CLARA, M. et al. Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater

treatment plants. **Water Research**, v. 39, p. 4797–4807, 2005.

CONAMA. **Resolução CONAMA N° 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução N° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2011.

CONSEMA. **Resolução N° 129, de 24 de novembro de 2006**. Dispõe sobre a definição de critérios e padrões de emissão para toxicidade de efluentes líquidos lançados em águas superficiais do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

COPAM. **Deliberação Normativa N° 74, de 27 de setembro de 2004**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. Belo Horizonte, 2004.

COSTA, C. R. et al. A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 7, p. 1820-1830, 2008.

EL-GOHARY F.; TAWFIK, A.; MAHMOUD, U. Comparative study between chemical Coagulation/Precipitation (C/P) versus Coagulation/Dissolved Air Flotation (C/DAF) for pre-treatment of Personal Care Products (PCP) wastewater. **Desalination**, v. 252, p. 106–112, 2010.

ESPLUGAS, S.; BILA, D.M.; KRAUSE, L.G.T.; DEZOTTI, M. Ozonation and advanced oxidation technologies to remove endocrine disrupting chemicals (EDCs)

and pharmaceuticals and personal care products (PPCP) in water effluents. **Journal of Hazardous Materials**, v. 149, p. 631–642, 2007.

FATMA. **Portaria N° 017, de 18 de abril de 2002**. Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências. Florianópolis, 2002.

FRIHA, I. et al. Treatment of cosmetic industry wastewater by submerged membrane bioreactor with consideration of microbial community dynamics. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 88, p. 125 – 133, 2014.

HOQUE, M.E. et al. Removal of selected pharmaceuticals, personal care products and artificial sweetener in an aerated sewage lagoon. **Science of the Total Environment**, v. 487, p. 801 – 812, 2014.

JOSS, A. et al. Removal of pharmaceuticals and fragrances in biological wastewater treatment. **Water Research**, v. 39, p. 3139–3152, 2005.

KIMURA, K. et al. Occurrence of preservatives and antimicrobials in Japanese rivers. **Chemosphere**, v. 107, p. 393–399, 2014.

LEWIS, M.A. Chronic Toxicities of Surfactants and Detergent Builders to Algae: A Review and Risk Assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 20, p. 123-140, 1990.

LEWIS, M.A. Chronic and sublethal toxicities of surfactants to aquatic animals: a review and risk assessment. **Water Research**, v. 25, n. 1, p. 101-113, 1991.

LIU, Y.S. et al. Occurrence and removal of benzotriazoles and ultraviolet filters in a municipal wastewater treatment plant. **Environmental Pollution**, v. 165, p. 225 - 232, 2012.

LIU, N. et al. Concentrations and distribution of synthetic musks and siloxanes in sewage sludge of wastewater treatment plants in China. **Science of the Total Environment**, v. 476–477, p. 65–72, 2014.

MAGALHÃES, D. P.; FERRÃO FILHO, A. S. A Ecotoxicologia como ferramenta no Biomonitoramento de Ecossistemas Aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 355-381, 2008.

MATAMOROS, V. et al. Preliminary screening of small-scale domestic wastewater treatment systems for removal of pharmaceutical and personal care products. **Water Research**, v. 43, p. 55 – 62, 2009.

MELO, E.D. et al. Toxicity identification evaluation of cosmetics industry wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 244-245, p. 329-334, 2013.

MONSALVO, V.M. et al. Treatment of cosmetic wastewater by a full-scale membrane bioreactor (MBR). **Environmental Science and Pollution Research**, 2014.

MOTTERAN, F. **Caracterização da comunidade microbiana de reator anaeróbio de leito fluidificado envolvida na degradação de surfactante não iônico álcool etoxilado de cadeia não ramificada (GENAPOL)**. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2013.

MUÑOZ, I. et al. Ranking potential impacts of priority and emerging pollutants in urban wastewater through life cycle impact assessment. **Chemosphere**, v. 74, p. 37–44, 2008.

OKADA, D. Y. **Degradação de surfactante aniônico em reator UASB**

com água residuária de lavanderia. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

OLIVEIRA, D.S. et al. AnSBBR applied to the treatment of wastewater from a personal care industry: Effect of organic load and fill time. **Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 3070–3081, 2009.

OLIVEIRA, L.L. **Remoção de alquilbenzeno linear sulfonado (LAS) e caracterização microbiana em reator anaeróbio de leito fluidificado**. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

OLIVEIRA, R.P.; RATUSZNEI, S.M.; RODRIGUES, J.A.D. Interaction effects of organic load and cycle time in an AsBr applied to a personal care industry wastewater treatment. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 2499 – 2504, 2010.

OSACHOFF, H.L. et al. Evaluating the treatment of a synthetic wastewater containing a pharmaceutical and personal care product chemical cocktail: Compound removal efficiency and effects on juvenile rainbow trout. **Water Research**, v. 62, p. 271 – 280, 2014.

PAVLIC, Z.; VIDA KOVIC' -CIFREK, Z.; PUNTARIC, D. Toxicity of surfactants to green microalgae *Pseudokirchneriella subcapitata* and *Scenedesmus subspicatus* and to marine diatoms *Phaeodactylum tricornutum* and *Skeletonema costatum*. **Chemosphere**, v. 61, p. 1061–1068, 2005.

PENTEADO, J.C.P.; EL SOUD, O. A.; CARVALHO, L.R.F. Alquilbenzeno sulfonato linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química Nova**, v. 29, n. 5, p. 1038-1046, 2006.

- PERDIGÓN-MELÓN, J. A. et al. Coagulation–Fenton coupled treatment for ecotoxicity reduction in highly polluted industrial wastewater. **Journal of Hazardous Materials**, v. 181, p. 127–132, 2010.
- PETROVIC, M.; GONZALEZ, S.; BARCELÓ, D. Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 22, n. 10, p. 685 – 696, 2003.
- PUYOL, D. et al. Cosmetic wastewater treatment by upflow anaerobic sludge blanket reactor. **Journal of Hazardous Materials**, v. 185, p. 1059–1065, 2011.
- REIF, R. et al. Fate of pharmaceuticals and cosmetic ingredients during the operation of a MBR treating sewage. **Desalination**, v. 221, p. 511 – 517, 2008.
- REUNGOAT, J. et al. Biofiltration of wastewater treatment plant effluent: Effective removal of pharmaceuticals and personal care products and reduction of toxicity. **Water Research**, v. 45, p. 2751 – 2762, 2011.
- ROMANELLI, M.F. **Avaliação da toxicidade aguda e crônica dos surfactantes DSS e LAS submetidos à irradiação com feixe de elétrons**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2004.
- ROSAL R. et al. Occurrence of emerging pollutants in urban wastewater and their removal through biological treatment followed by ozonation. **Water Research**, v. 44, p. 578 – 588, 2010.
- SANTOS, D.R.A. **Avaliação ecotoxicológica do fármaco cloridrato de fluoxetina e do surfactante dodecil sulfato de sódio quando submetidos a tratamento por radiação ionizante**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2011.
- SCHNELL, S. et al. Single and combined toxicity of pharmaceuticals and personal care products (PPCP) on the rainbow trout liver cell line RTL-W1. **Aquatic Toxicology**, v. 93, p. 244–252, 2009.
- SEBRAE/ESPM. **Cosméticos à base de produtos naturais**. Série Mercado. Estudos de mercado SEBRAE/ESPM: 2008.
- SNYDER, S.A. et al. Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals. **Desalination**, v. 202, p. 156–181, 2007.
- SUI, Q. et al. Seasonal Variation in the Occurrence and Removal of Pharmaceuticals and Personal Care Products in Different Biological Wastewater Treatment Processes. **Environmental Science & Technology**, v. 45, p. 3341–3348, 2011.
- SUN, P. et al. Distributions of polycyclic musk fragrance in wastewater treatment plant (WWTP) effluents and sludges in the United States. **Science of the Total Environment**, v. 493, p. 1073–1078, 2014a.
- SUN, Q. et al. Seasonal variation in the occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products in a wastewater treatment plant in Xiamen, China. **Journal of Hazardous Materials**, v. 277, p. 69–75, 2014b.
- TIJANI, J.O.; FATOBA, O.O.; PETRIK, L.F. Review of Pharmaceuticals and Endocrine-Disrupting Compounds: Sources, Effects, Removal, and Detections. **Water, Air and Soil Pollution**, v. 224: 1770, 2013.

TOBAJAS, M. et al. Analysis of the operating conditions in the treatment of cosmetic wastewater by sequencing batch reactors. **Environmental Engineering and Management Journal**, v. 13, p. 2955 – 2962, 2014.

TOLLS, J. et al. Environmental Safety Aspects of Personal Care Products - A European Perspective. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 28, n. 12, p. 2485–2489, 2009.

USEPA. Disponível em: <<https://www.epa.gov/wqc/contaminants-emerging-concern-including-pharmaceuticals-and-personal-care-products>> 2015. Acesso em: 26 de abril de 2016.

YAMAMOTO, H. et al. Persistence and partitioning of eight selected pharmaceuticals in the aquatic environment: laboratory photolysis, biodegradation, and sorption experiments. **Water Research**, v. 43, p. 351–362, 2009.

YANG, X. et al. Occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCP) in an advanced wastewater reclamation plant. **Water Research**, v. 45, p. 5218 – 5228, 2011.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e aplicações**. São Carlos: RiMa. 2006.

ZHANG, C. et al. Cosmetic wastewater treatment by a combined anaerobic/aerobic (ABR+UBAF) biological system. **Desalination and Water Treatment**, p. 1-7, 2013.