

## GESTÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA TÊXTIL E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DA ÁGUA: ESTUDO DE CASO

**Marluce Teixeira Andrade Queiroz<sup>1</sup>**

**Leonardo Ramos Paes de Lima<sup>2</sup>**

**Lucas Barbosa Alvim<sup>3</sup>**

**Monica Maria Diniz Leão<sup>4</sup>**

**Camila Costa Amorim<sup>5</sup>**

**RESUMO:** A indústria têxtil se caracteriza pelos elevados consumo de água e geração de efluentes, contendo compostos recalcitrantes, muitos destes passíveis de acumulação em organismos vivos, podendo atingir concentrações superiores à dose letal, notadamente em invertebrados e peixes, demandando assim intervenções específicas visando à efetiva descontaminação. Há ainda a necessidade de tratamento e destinação adequados dos resíduos sólidos. Nesse contexto, foi feito um estudo de caso com vista à proposição de medidas para redução da geração de resíduos e manejo dos mesmos a fim de aplicar conceitos da Produção Mais Limpa (P+L). As principais ações propostas para o gerenciamento dos efluentes líquidos foram relacionadas à mudança na tecnologia de tratamento, à alteração da dose/substituição do coagulante e à redução do consumo de água. Já para os resíduos sólidos tem-se o estabelecimento de procedimentos mais adequados para o manejo, capacitação dos funcionários e adequações no programa de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos.

**Palavras-chave:** Compostos recalcitrantes. Processos oxidativos avançados. Resíduos industriais. Produção Mais Limpa.

---

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Industrial, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Minas Gerais/Brasil. E-mail: [marluce.queiroz@bol.com.br](mailto:marluce.queiroz@bol.com.br)

<sup>2</sup> Doutor em Química Orgânica, Departamento de Pesquisa e Iniciação Científica, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Minas Gerais/Brasil. E-mail: [leo@hotmail.com](mailto:leo@hotmail.com)

<sup>3</sup> Engenheiro Químico, Departamento de Engenharia Química, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Minas Gerais/Brasil. E-mail: [lucasbarbosa@gmail.com](mailto:lucasbarbosa@gmail.com)

<sup>4</sup> Doutora, Departamento de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais/Brasil. E-mail: [monica.ufmg@gmail.com](mailto:monica.ufmg@gmail.com)

<sup>5</sup> Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Departamento de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais/Brasil. E-mail: [camila.ufmg@gmail.com](mailto:camila.ufmg@gmail.com)

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial pontua que uma das estratégias para se alcançar a ecoeficiência é a aplicação da Produção Mais Limpa (P+L) que, integrada ao processo produtivo, atua na redução das fontes de poluição com benefícios significativos na proteção da biodiversidade (PADILHA, 2009).

A aplicação de técnicas de mitigação de impactos ambientais aos ecossistemas cresceu consideravelmente nos últimos anos, tendo em vista o aumento da pressão exercida pela legislação sobre as empresas, bem como o a redução do capital de investimento para o emprego de tais técnicas. Dentre essas medidas destacam-se o reuso da água, o reaproveitamento do lodo gerado e o tratamento de efluentes, além do nível secundário (ZOLIN et al., 2014).

Entretanto, observa-se a ocorrência de sérias dificuldades para garantir a efetiva descontaminação das águas residuais, algumas das quais apresentam alta concentração de compostos recalcitrantes. Trata-se de substâncias refratárias que apresentam, em geral, efeito acumulativo na camada lipídica dos organismos, podendo atingir concentrações superiores ao limite de tolerância biológica e ocasionando a mortandade de diversas espécies (MANENTI et al., 2015).

Nesse contexto, o desenvolvimento suportado da indústria têxtil exige sua aderência aos requisitos da Produção + Limpa (P+L). Bastian et al. (2009) afirmam que as práticas da P+L podem ser aplicadas a processos, produtos e até mesmos serviços por meio da redução ou eliminação do uso de matérias-primas tóxicas; da economia no uso dos insumos, água ou energia; da redução na geração de resíduos, efluentes; e do reuso de recursos. Os autores também alertam sobre a necessidade da verificação quanto à viabilidade técnico-econômica no atendimento da legislação ambiental, visando à estabilidade social e perenidade ambiental.

Sendo assim, esse trabalho teve como objetivo a realização de um diagnóstico do sistema de gerenciamento de resíduos de uma indústria têxtil localizada no município de Alvinópolis, Minas Gerais, e a proposição de medidas corretivas. Visto isso, abordou-se a inclusão da oxidação avançada na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), assim como ações direcionadas para redução do consumo de água e aproveitamento do lodo gerado.

Entende-se a necessidade da adoção daquelas medidas mitigadoras, uma vez que agregam valores abrangendo a totalidade dos processos e todo o ciclo de vida útil dos produtos (KRELL, 2014). A relevância da divulgação deste estudo se traduz em produzir resultados sobre as ações que podem contribuir para inserção do segmento têxtil na

perspectiva da ecoeficiência, sem comprometer o equilíbrio dos ecossistemas e respeitando as limitações dos recursos naturais.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica nesse trabalho abordou aspectos importantes para análise e interpretação dos dados coletados com base em teorias que integram o conhecimento científico contemporâneo.

### 2.1 Indústria têxtil

Bastian et al. (2009) informam que o processo produtivo têxtil se constitui basicamente por cinco etapas (Figura 1), sendo a primeira a fiação, onde ocorre a obtenção do fio, tendo como matéria-prima fibras naturais e/ou manufaturadas. Em seguida, o fio pode ser enviado para o beneficiamento ou diretamente para tecelagens e malharias. O beneficiamento envolve tingimento, engomagem, retorção e tratamento especiais.

A tecelagem e/ou malharia são etapas de elaboração de tecidos que podem ser planos, em malha circular ou retilínea, a partir dos requisitos dos clientes. O enobrecimento é a etapa de preparação e acabamento de tecidos, malhas ou artigos confeccionados. Na etapa de confecções, o setor tem aplicação diversificada de tecnologias para os produtos têxteis, acrescida de acessórios incorporados nas peças, tais como, botões e adereços diversificados conforme a análise de tendências e preferências dos consumidores (NIEBISCH et al., 2014).

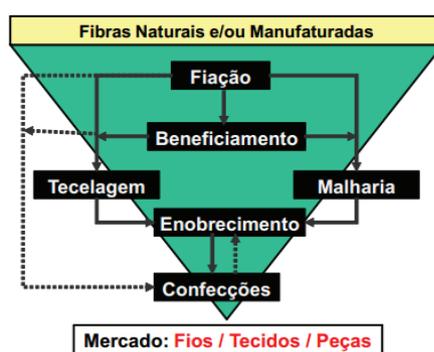


Figura 1 – Representação da cadeia têxtil.  
Fonte: SINDTÊXTIL, 2015.

O grave problema ambiental se relaciona principalmente com o setor de tingimento. Wesenberg et al. (2003) afirmam que as fibras têxteis requerem corantes com características próprias e bem definidas, os quais devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração, resistência ao desbotamento e ainda devem apresentar-se economicamente viáveis.

Há várias maneiras para se classificar os corantes, por exemplo, de acordo com a sua constituição química, sua aplicação, solidez, tipo de excitação eletrônica, quando exposto à luz, entre outras (AMARAL et al., 2014).

Robinson et al. (2001) pontuam quanto a ampla utilização dos corantes reativos nas indústrias têxteis, principalmente os da família dos azocorantes. Tais corantes são reconhecidamente recalcitrantes e geram aminas aromáticas por meio da clivagem reductiva das ligações azo por bactérias, conforme discutido por Chagas e Durrant (2001). Pinheiro et al. (2004) também estudaram esses corantes e afirmam que são substâncias com caráter carcinogênico e mutagênico.

Ambrósio e Campos-Takaki (2004) analisaram a estrutura dos azocorantes, os quais se caracteriza por apresentar grupos cromóforos com um ou mais grupamentos (-N=N-) ligados a estruturas aromáticas. A Figura 2 mostra exemplos de azocorantes. Pinheiro et al. (2004) complementam dizendo que a presença desse tipo de ligação em seu grupo cromóforo, bem como de grupos sulfonato, demonstra o caráter renitente desse tipo de estrutura molecular complexa.

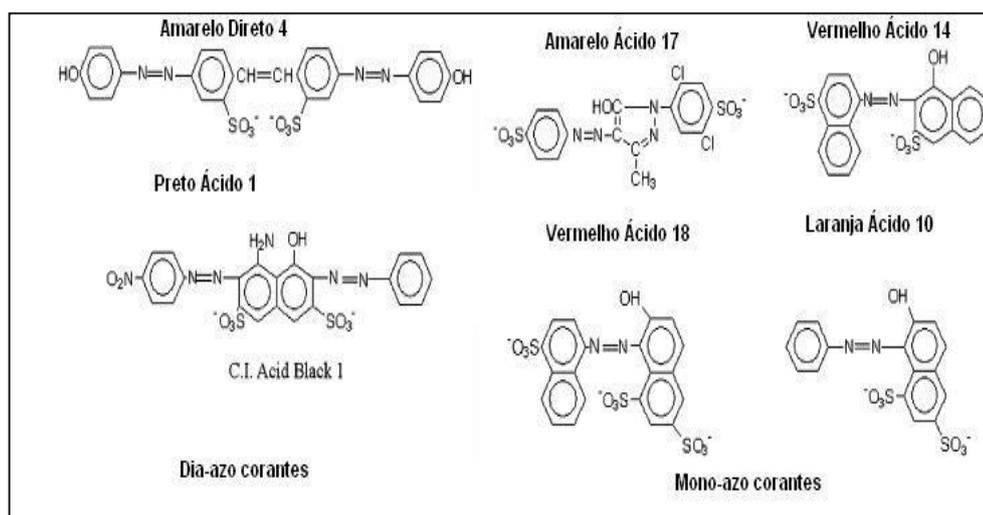


Figura 2 – Exemplos de azocorantes  
Fonte: Pinheiro et al., 2004, p.104.

Guaratini e Zanoni (2000) reforçam que a natureza dos corantes propicia que sejam detectados a olho nu, sendo visíveis em concentrações muito baixas (1 mg/L), pequenas quantidades lançadas em efluentes aquáticos podem causar uma acentuada mudança de coloração nos rios, e desse modo pode ser facilmente detectada pela comunidade e serviços de vigilância ambiental.

### **2.1.1 Águas Residuais**

A indústria têxtil utiliza grandes volumes de água no beneficiamento de seus produtos, insumo que representa 90% do consumo geral da indústria por tonelada de tecido produzido (VON SPERLING, 2007). Dados recentes apontam que a quantidade de água consumida chega, em alguns casos, ao valor de 3.000 m<sup>3</sup> por dia (KARCI, 2014). Em função disso, Ledakowicz et al. (2001) e Karci (2014) relatam que elevados volumes de efluentes são gerados por aquele segmento econômico contendo contaminantes complexos, quimicamente resistentes e altamente persistentes aos processos de biodegradação.

Os efluentes apresentam forte coloração devido à presença de corantes que não se fixam adequadamente às fibras (LEDAKOWICZ et al., 2001). Aproximadamente 10 a 20% de corantes são perdidos durante a etapa de lavagem (GUARATINI e ZANONI, 2000). Também estão presentes compostos orgânicos como aminas, dextrinas, gomas, graxas, pectinas, álcoois, ácido acético, sabões e detergentes e compostos inorgânicos como hidróxido de sódio, carbonato, sulfato e cloreto, que conferem aos efluentes elevados níveis de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos em Suspensão Totais (SST) e baixas concentrações de Oxigênio Dissolvido (OD), afetando a biota aquática (GUARATINI; ZANONI, 2000; CISNEROS et al., 2002;).

A remoção dos corantes nos efluentes têxteis deve ocorrer antes do lançamento em corpos aquáticos para evitar a contaminação de reservatórios e elevação do custo em estações de tratamento de água destinadas ao atendimento da população em geral.

### **2.1.2 Resíduos sólidos**

No Brasil os resíduos sólidos são referenciados conforme os parâmetros da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira NBR 10004/2004a. A referida legislação tem como objetivo classificar os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.

Conforme a norma o conceito de resíduo abrange os estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tomem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004a).

Os principais resíduos sólidos gerados na indústria têxtil são basicamente fibras celulósicas e em menor escala protéicas e poliamídicas, na forma de “tops”, fios, tecidos ou malhas, dentre outros (LANGE et al., 2006).

Apesar dos vários resíduos classificados como perigosos, uma grande preocupação se refere ao lodo gerado no tratamento de efluentes, já que há uma relação direta entre a qualidade do efluente e as características do resíduo sólido (LANGE et al., 2006; CASTILHOS et al., 2011). Os resíduos produzidos (Tabela 1) se caracterizam pela sua elevada toxicidade, implicando na elevação dos riscos associados à sua destinação final. Sendo assim, o planejamento ambiental é fundamental para se alcançar a efetiva redução das fontes de contaminação.

Tabela 1 – Principais resíduos da indústria têxtil

<b>Etapa produtiva</b>	<b>Resíduos gerados</b>
<b>Fabricação propriamente dita</b>	
Fiação	Cascas, fibras, fios, cones, borras de fibra.
Beneficiamento	Fibras queimadas, fibras retiradas durante as operações de impregnação de álcali, purga, lavagem e felpagem, pastas de estampar, telas, embalagens diversas, óleo térmico, banho de acabamento.
Tecelagem e/ou malharia	Cones, restos do banho de goma, embalagens diversas, fibras, fios, tecidos, óleo usado.
Enobrecimento	Fibras queimadas, fibras retiradas durante as operações de impregnação de álcali, alvejamento, purga, lavagem, felpagem, navalhagem e esmerilhagem, pastas de estampar, telas, embalagens diversas, óleo térmico e banho de acabamento
Confecção	Retalhos, embalagens diversas.
<i>Unidades de apoio</i>	
Caldeira, aquecedor de fluido térmico, compressores de ar, sistema de climatização	Cinzas, embalagens de produtos químicos, borra de óleo, pano com óleo, fibras retiradas na limpeza dos equipamentos.
Sistema de tratamento de efluentes	Lodo biológico, embalagens de produtos químicos.
Atividades administrativas	Embalagem de papel e papelão, de plástico e de vidro, cartucho de impressoras.

Fonte: Adaptado de Bastian, 2009.

A quantidade dos resíduos sólidos do segmento têxtil conduziu a elaboração da Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com o objetivo primordial de estabelecer as diretrizes básicas para o gerenciamento desses resíduos. Caniato et al. (2012) reforçam que as diretrizes contidas nessa legislação estabelecem que sejam viabilizados processos para agregar valor aos rejeitos, aumentando a capacidade competitiva do setor.

## **2.2 Produção Mais Limpa (P+L) e indústria têxtil**

A Produção Mais Limpa (P+L) inclui processos simples, não necessariamente requerendo o uso de tecnologia avançadas, podendo atingir um número maior de organizações, que não detêm o pleno desenvolvimento tecnológico. Nesse modelo se prioriza a prevenção da poluição, revelou-se como uma importante ferramenta para diminuição dos impactos no meio ambiente, utilizando-se de recursos mais factíveis para a realidade das organizações (CAVALCANTI et al., 2013).

A *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO) informa que a Produção Mais Limpa (P+L) consiste em uma estratégia preventiva e integrativa, que é aplicada a todo ciclo de produção para: a) aumentar a produtividade, assegurando um uso mais eficiente da matéria-prima, energia e água; b) promover melhor desempenho ambiental por meio da redução de fontes de desperdícios e emissão; c) reduzir impacto ambiental por todo ciclo de vida de produto por meio de um desenho ambiental com baixo custo efetivo.

Trata-se da gestão ambiental por meio de uma ferramenta direcionada para os ganhos diretos do processo produtivo, evitando desperdícios relacionados aos insumos e energia. Nessa perspectiva oportuniza a otimização, ocorrendo ganhos indiretos relacionados com redução dos custos com o tratamento e a disposição final dos resíduos gerados (NADAE et al., 2014).

Especificamente o setor têxtil apresenta urgência à adesão quanto às técnicas inovadoras. Todavia, as empresas devem observar critérios exigentes sobre os menores detalhes da produção, do suprimento e consumo. Atenção especial deve ser dada aos processos, máquinas e formas de organização do trabalho que cada vez mais mostram relação com o impacto ambiental.

Além disso, a participação do consumidor e demais atores da cadeia têxtil se apresenta como requisito para viabilizar as inovações e uso das mais avançadas tecnologias na base dessa cadeia produtiva (BASTIAN et al., 2009).

De forma mais específica, a análise de cada operação deverá apontar as possibilidades para adesão ao status de melhoria contínua, visando à redução do consumo e água de energia, dentre outros aspectos inerentes aos requisitos da Produção Mais Limpa (P+L).

## **3 METODOLOGIA**

A indústria têxtil, objeto desse estudo se localiza no município de Alvinópolis, Minas Gerais, Brasil. O diagnóstico realizado abrangeu coleta de dados referentes ao processo produtivo, tratamento e destinação dos resíduos líquidos e sólidos da empresa.

O sistema de gerenciamento de resíduos sólidos foi analisado de acordo com os requisitos da Resolução CONAMA n. 275/2001 (BRASIL, 2001). Já no sistema de gerenciamento de efluentes foram analisados parâmetros físico-químicos na entrada e na saída da estação de tratamento de efluentes (ETE), relativos ao mês de setembro de 2011. Os teores de alumínio dissolvido, cor verdadeira, DBO, DQO, pH, sólidos sedimentáveis (SS), sólidos em suspensão totais (SST) e substâncias tensoativas (STA).

Os dados de monitoramento do efluente foram analisados com base no disposto nas resoluções CONAMA 357/2005, CONAMA 430 de 2011 (BRASIL, 2005 e 2011) e na deliberação normativa conjunta COPAM-CERH-MG 01 de 2008 (MINAS GERAIS, 2008).

As principais proposições visando à melhoria do sistema de gerenciamento de resíduos foram fundamentadas nos princípios da P+L e de acordo com as demandas detectadas durante o diagnóstico da empresa.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados das inspeções realizadas nas instalações da empresa têxtil e dados do monitoramento ambiental disponibilizados pela empresa foram comparados aos limites estabelecidos em legislações específicas para embasar o diagnóstico e proposição de medidas mitigadoras relacionadas com o atendimento dos requisitos da P+L.

### **4.1 Diagnóstico do sistema de tratamento dos efluentes**

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) empregava a tecnologia de lodos ativados convencional, com decantação primária assistida, onde era aplicado sulfato de alumínio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) (Figura 3).

O custo operacional era bastante elevado devido ao consumo de energia que essa tecnologia exige. Além disso, a empresa ainda tinha despesas com o tratamento do lodo gerado, que passava pelo processo de incineração após o deságue por filtro prensa.

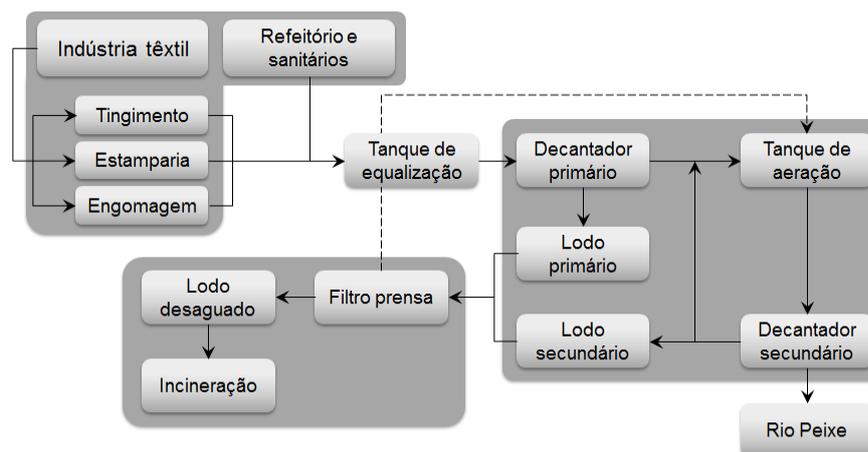


Figura 3 – Geração e tratamento de efluentes na indústria têxtil, Alvinópolis, Minas Gerais  
 Fonte: Elaborador pelos autores.

A indústria realizava a captação de água subterrânea e lançamento de efluentes tratados no Rio do Peixe, afluente do rio Doce e que banha os municípios de Alvinópolis, Dom Silvério e Rio Doce. O curso d'água apresenta uma bacia alongada, bem drenada, mas com ocorrência de enchentes nas partes baixas, resultado de alterações no uso e cobertura do solo na sua bacia hidrográfica (MELLO et al., 2010).

O Rio do Peixe é utilizado para atividades de pesca, dessedentação de animais, irrigação de culturas arbóreas e forrageiras, dentre outras. Segundo a resolução CONAMA 357, trata-se de manancial Classe 2, devendo, portanto, apresentar parâmetros de qualidade adequados ao atendimento de todas as atividades humanas de contato primário e secundário.

Já a resolução CONAMA 430 prevê tanto padrões para o lançamento de efluentes quanto limites a serem mantidos no curso d'água após o ponto de lançamento de efluentes. Como não se dispunha de dados de monitoramento do rio, foi analisado apenas o atendimento aos padrões de lançamento.

A concentração dos contaminantes na entrada e saída da ETE e os respectivos padrões de lançamento são apresentados na Tabela 2.

O teor de alumínio dissolvido aumentou consideravelmente devido uso do sulfato de alumínio no decantador primário, o que pode trazer grandes impactos à biota aquática e usos múltiplos do curso receptor. De forma contrária ao alumínio dissolvido, houve grande redução na cor verdadeira após o tratamento.

Tabela 2 – Parâmetros de monitoramento da ETE e padrões da legislação ambiental

Parâmetro	Entrada na ETE	Saída da ETE	Eficiência (%)	COPAM 01/2008	CONAMA 430/2011
Alumínio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	0,19	2,75	-1.347	-	-
Cor verdadeira (uC)	2.158	83	96	-	-

Parâmetro	Entrada na ETE	Saída da ETE	Eficiência (%)	COPAM 01/2008	CONAMA 430/2011
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	660	90	86	60 <sup>a</sup> (ou 75 e 85%) <sup>b</sup>	120 <sup>a</sup> (ou 60%) <sup>c</sup>
DQO (mg.L <sup>-1</sup> )	1.769	283	84	250 <sup>a</sup> (ou 70 e 75%) <sup>b</sup>	
pH	5,3	7,5	-	6 a 9	5 a 9
SS (mg.L <sup>-1</sup> )	< 0,1	< 0,1	-	1	1
SST (mg.L <sup>-1</sup> )	184	28	85	100	-
STA (mg.L <sup>-1</sup> )	1,98	6,15	-211	2,0	-

Fonte: Elaborado pelos autores.

(a) Concentração máxima efluente; (b) eficiência mínima e eficiência média anual mínima; (c) eficiência mínima

A empresa atendeu aos requisitos estabelecidos pela DN COPAM-CERH-MG 01/2008 em relação a todos os parâmetros monitorados com certa folga, exceção em relação à concentração de Substâncias Tenso Ativas (STA) que apresentou comportamento inesperado, com grande aumento após o tratamento e extrapolando o padrão de lançamento. As STA são capazes de reduzir a viscosidade e tensão superficial da água, implicando em disfunções ambientais graves.

O lodo resultante do tratamento é classificado como resíduo perigoso, Classe I, de acordo com a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004). A incineração desse lodo implica em condição de risco em função da probabilidade de emissão de compostos tóxicos (Dioxinas e Furanos), demandando, em geral, temperaturas superiores a 850 °C e a instalação de sistemas de filtros capazes de reduzir o nível de emissão a patamares inferiores aos padrões ambientais (GABRIEL et al., 2014). Infere-se que quanto maior a carga poluidora maiores serão as dificuldades para se garantir a efetiva retenção dos poluentes.

Por todas essas condições, a busca de novas alternativas para aumentar a eficiência no tratamento de efluentes deve ser considerada prioridade na gestão dos processos para dirimir as distorções ambientais.

## 4.2 Recomendações para o sistema de gerenciamento de efluentes

O tratamento de efluentes precisa ser realizado em função da natureza dos poluentes envolvidos, visando à efetiva remoção dos mesmos. Em decorrência das características refratárias dessas substâncias detectadas nas águas residuais da têxtil a proposta desse estudo engloba a inclusão do Processo Oxidativo Avançado (POA), melhoria da coagulação, reuso do efluente e redução do consumo de água.

### 4.2.1 Inclusão de processo oxidativo avançado

Segundo Pereira et al. (2014) uma possibilidade de melhoria importante se refere à adoção de sistemas de tratamento que promovam maior mineralização dos contaminantes,

ressaltando a importância da introdução dos processos oxidativos avançados (POAs) em sistemas destinados à descontaminação dos efluentes têxteis.

Os POAs têm recebido grande atenção por serem capazes de converter poluentes refratários, tais como os corantes, em espécies químicas inócuas (ALATON et al., 2002). Trata-se de tecnologias consideradas limpas, pois não há formação de lodo ou transferência de fase dos contaminantes, sendo os produtos finais, gás carbônico, água, íons inorgânicos e subprodutos menos tóxicos (MOLINARI et al., 2002).

Como os efluentes industriais e sanitários apresentam características distintas, principalmente com relação à maior biodegradabilidade dos últimos, recomenda-se que os efluentes das etapas de tingimento e da estamparia (recalcitrantes) passem por pré-tratamento com o emprego de POA, a fim de aumentar a biodegradabilidade destes compostos e aumentar a eficiência do tratamento biológico posterior (SARRIA et al., 2002).

Os efluentes do tingimento e da estamparia, submetidos ao pré-tratamento com o Fenton Homogêneo, seriam transportados para o tanque de equalização juntamente com os efluentes provenientes dos refeitórios, sanitários e engomagem.

Recomenda-se a utilização do POA Fenton homogêneo, processo já foi explorado por diversos pesquisadores alcançando níveis de degradação bastante satisfatórios para os corantes diretos (Tabela 3) e apresenta procedimentos padronizados que poderão ser facilmente adequados na linha de produção.

Tabela 3 – Remoção da cor e da DQO com o Fenton homogêneo em efluente contendo corante

Contaminante	Remoção da cor (%)	Remoção da DQO (%)	Referência
Corante isolado	98,01	96,75	Queiroz <i>et al.</i> (2010)
Corante isolado	98,45	94,00	Salgado <i>et al.</i> (2009)
Mistura de corantes	90,00	80,00	Kammradt (2004)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A eficiência do processo de oxidação Fenton homogêneo depende de diversos fatores, tais como, a temperatura, pH, quantidade de matéria orgânica, concentração do peróxido de hidrogênio e do ferro II ( $\text{Fe}^{+2}$ ) (BAUTISTA et al., 2008), sendo importante a utilização dos indicadores tais como a DBO e a DQO.

Além disso, ressalta-se que, se possível, deverá ser implementado teste em escala piloto com o efluente bruto para se garantir maior segurança quanto à sua efetiva instalação.

#### **4.2.2 Melhoria da coagulação**

Outra proposta incluiu a possibilidade de melhoria das características da água decantada mediante a adição de polieletrólitos ou polímeros como auxiliares de coagulação. Segundo Castro et al. (2011) a associação implica na redução do tempo de decantação em função do tamanho do floco formado, que é mais volumoso, em comparação aos obtidos com o uso do coagulante metálico.

Guilherme (2009) afirma que em geral, com a utilização do polieletrólito o volume de lodo produzido se reduz em torno de 50%, permitindo em diversas situações que ocorra a eliminação quanto ao uso dos alcalinizantes para regular o pH.

Outro aspecto relevante refere-se à diminuição do consumo do coagulante que atinge o valor da ordem de R\$ 25,00 kg<sup>-1</sup>, onerando a etapa de coagulação/floculação. A diminuição do consumo do sal de alumínio aumenta a viabilidade econômica do tratamento, mesmo com a inclusão do preço do polietrólito (GUILHERME, 2009).

Vale destacar, que deverá também ocorrer uma redução no investimento destinado à incineração do lodo gerado. Além disso, também se constitui em mecanismo que favorece a redução das concentrações de alumínio dissolvido no efluente tratado.

#### **4.2.3 Reuso do efluente da ETE**

A empresa deve incorporar a cultura da melhoria contínua. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) alerta quanto à relevância da inclusão do reuso direto planejado das águas que deve ocorrer em fluxo direto, ou seja, os efluentes, após tratamento, devem ser encaminhados diretamente do seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. Trata-se de condição com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação (CETESB, 2015)

Nesse contexto, o uso de membranas de ultrafiltração no tratamento de efluentes se apresenta como alternativa viável. O objetivo principal se relaciona com a afinação da descontaminação, devendo ser aplicada em conjunto com as tradicionais etapas de coagulação floculação seguida de decantação ou flotação, ou do tratamento biológico por lamas ativadas.

Estes tratamentos clássicos não removem completamente a cor dos efluentes têxteis, podem aumentam o teor em sólidos dissolvidos e desqualificando-a em relação ao uso indiscriminado numa empresa têxtil (EBERLE et al., 2015).

Assim, a utilização de membranas em combinação com os processos de tratamento físico/químicos ou biológicos pode ser útil para reciclar parcialmente o efluente global da empresa. O esquema típico do sistema de ultrafiltração (Figura 4) exige biorreator, tanque de

membrana, bomba de permeado, soprador de membrana, painel de controle, e tubulação de aeração.

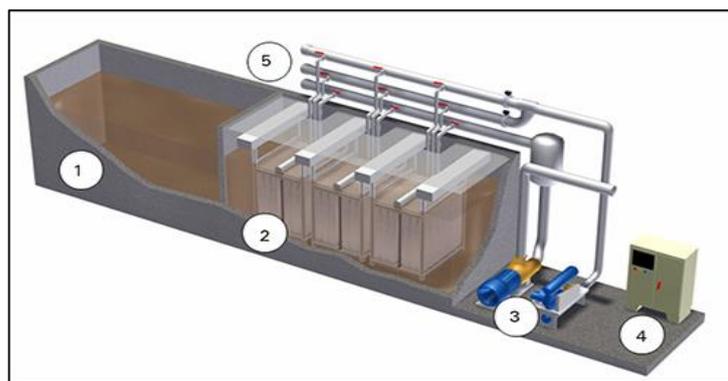


Figura 4 – Esquema típico do sistema de membranas

Onde: 1 – Biorreator; 2) Tanque de membrana; 3) Bomba de permeado e soprador de membrana; 4) Painel de Controle; 5) Tubulações de aeração

Fonte: Disponível:<[www.revistape.com.br](http://www.revistape.com.br)>, Acesso: 02/06/2016

A aplicação da ultrafiltração com membranas na gestão e tratamento do retentado pode ser prejudicada devido ao elevado teor de sais, sujidades, entupimento e polarização da concentração associados à durabilidade das membranas (MUNAWAR *et al.*, 2014). Além disso, o custo do procedimento interfere na oferta dos produtos têxteis para a sociedade.

Entretanto, tal medida se justifica frente à escassez da água doce e despesas relacionadas com a cobrança pelo seu uso (MIERZWA *et al.*, 2008). O uso de tecnologias adequadas pode garantir o reuso do efluente têxtil contribuindo também para o saldo positivo entre os custos de produção e ganhos de capital.

#### 4.2.4 Redução do consumo da água

Outro aspecto investigado se referiu ao consumo de água que era bastante elevado oscilando entre 45.000 m<sup>3</sup> e 72.5254 m<sup>3</sup>. Indica-se o aproveitamento da água de chuva por meio do recolhimento em cisternas provenientes dos telhados do galpão industrial e áreas administrativas (BASTIAN, 2009), medida que repercute favoravelmente na diminuição dos picos de inundações provocadas por chuvas torrenciais, situação comum na região onde se encontra localizada a indústria têxtil em estudo.

A água de chuva poderia ser utilizada em usos menos nobres, tais como, limpeza, sanitários e hidrantes de combate a incêndio, contribuindo para a redução do consumo de água potável.

Em relação ao processo industrial, duas importantes medidas podem contribuir para o uso racional da água: (i) a aquisição de maquinário mais moderno que permita trabalhar com

relações de banho cada vez menores, diminuindo o consumo de água, energia e outros reativos e (ii) o reaproveitamento dos banhos de tingimento tantas vezes quantas forem possíveis, desde que não afete negativamente a qualidade final do produto (TERRES et al., 2014).

A empresa utilizava principalmente corantes diretos, cujo reaproveitamento dos banhos de tingimento apresenta maior dificuldade, em função da desejada qualidade de produto final (NANDI et al., 2015). Sendo assim, é importante a realização de experimentos em escala piloto para verificação quanto às reais possibilidades de aplicação dessa estratégia.

Indicou-se também a realização de testes no sistema hidráulico para a detecção das perdas físicas, com a utilização de instrumentação adequada, para se evitar intervenções destrutivas. O estudo deverá abranger todas as instalações da empresa, envolvendo, hidrantes, sanitários, refeitório, equipamentos, entre outros. Um sistema hidráulico sem manutenção adequada pode perder de 15 a 20% da água que é captada pela instalação industrial.

Em geral, existe um balanço positivo entre o custo da manutenção e o retorno financeiro em função da redução das taxas de cobrança pelo uso da água (FIESP, 2015). A aplicação dessas metodologias mostra-se como fator de grande importância para preservação e uso sustentável da água.

#### **4.2.5 Diagnóstico dos resíduos sólidos**

As atividades da indústria se iniciavam no planejamento dos produtos e delineamento das etapas e requisitos operacionais, contando com os seguintes setores: almoxarifado, centro de criação, modelagem, corte/costura, acabamento (tingimento, estamparia e fixação de acessórios), inspeção final, embalagem e expedição.

O inventário de resíduos feito pela empresa era inconsistente, não apresentava dados quantitativos, apenas qualitativos, aliados à segregação precária que se restringia somente aos resíduos perigosos. Tal quadro comprometia as possibilidades de reaproveitamento e reciclagem.

Além disso, não foram encontrados os documentos comprobatórios relativos à devolução de embalagens e produtos perigosos para os fabricantes, tais como cartuchos de tinta e lâmpadas fluorescentes. Na Tabela 4 são apresentados os tipos de resíduos sólidos monitorados de acordo com a empresa acompanhados da classificação e destinação proposta.

Tabela 4 – Resíduos sólidos gerados na indústria têxtil de Alvinópolis-MG

Resíduo	Classe	Destinação proposta
Bombonas de produtos químicos	Classe I	Retorno para o fornecedor
Caneta nanquim para plotter e papel adesivo	Classe I	Aterro Classe I
Cartuchos de impressora	Classe I	Reuso
EPIs usados	Classe I	Aterro Classe I
Estopas com graxa e óleo oriundas de manutenção	Classe I	Aterro Classe I
Lâmpadas incandescentes	Classe I	Retorno para o fornecedor
Cinza do lodo de ETE	Classe I	Aterro Classe I
Óleo lubrificante	Classe I	Refino
Pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes de vapor de mercúrio	Classe I	Retorno para o fornecedor
Resíduos de fossas sépticas	Classe I	Aterro Classe I
Agulhas quebradas	Classe II-B	Aterro sanitário
Algodão	Classe II-B	Aterro sanitário
Carretel plástico de linhas e elásticos	Classe II-B	Reciclagem
Embalagem plástica dos rolos de tecido	Classe II-B	Reciclagem
Etiquetas de papelão (identificação do produto na expedição)	Classe II-B	Reciclagem
Garrafas de vidro, copos e recipientes de vidro.	Classe II-B	Reciclagem
Madeira das telas de estamparia	Classe II-B	Aterro sanitário
Papel e papelão	Classe II-B	Reciclagem
Peças danificadas de máquinas	Classe II-B	Reciclagem
Peças metálicas de máquinas danificadas	Classe II-B	Reciclagem
Plásticos	Classe II-B	Reciclagem
Rejeito de botão e rebite	Classe II-B	Aterro sanitário
Resíduos de metais da montagem do zíper	Classe II-B	Aterro sanitário
Restos de alimentos, embalagens marmitex, cliques, grampos metálicos, esponjas de aço e outros que não possuem procedimentos específicos de coleta	Classe II-B	Aterro sanitário
Retalhos	Classe II-B	Aterro sanitário
Pó de overloque	Classe II-B	Aterro sanitário

Fonte: Elaborado pelos autores.

Xavier (2012) reforça que a realização do inventário de resíduos é critério fundamental para tomadas de decisão, pois permite o planejamento de estratégias de gerenciamento, que interfiram nos processos de geração, transporte, tratamento e disposição final, buscando garantir a curto, médio e longo prazo, a qualidade do meio ambiente, bem como a recuperação da qualidade das áreas impactadas negativamente. Infere-se aí que as condições detectadas demandavam aperfeiçoamento visando o atendimento da P+L.

#### 4.2.6 Procedimentos para manejo dos resíduos sólidos

O processo produtivo de qualquer empreendimento associa-se a ideia de cadeia de valores, com a definição de fluxos que envolvem todas as etapas com o propósito da redução dos impactos ambientais associada ao crescimento econômico e destinação final mais adequada (GONÇALVES, 2002).

Nessa perspectiva, dadas às deficiências encontradas no monitoramento dos resíduos sólidos gerados, foram sugeridos parâmetros mínimos para caracterização dos resíduos e

auxílio no manejo, tratamento e destinação dos mesmos (Figura 5). Ressalta-se que os resíduos sólidos devem passar pelos processos de reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, reaproveitamento energético e destinação final conforme admitido pela legislação em consonância como parâmetros da ABNT. Além disso, os rejeitos devem também ter sua disposição final ambientalmente adequada.

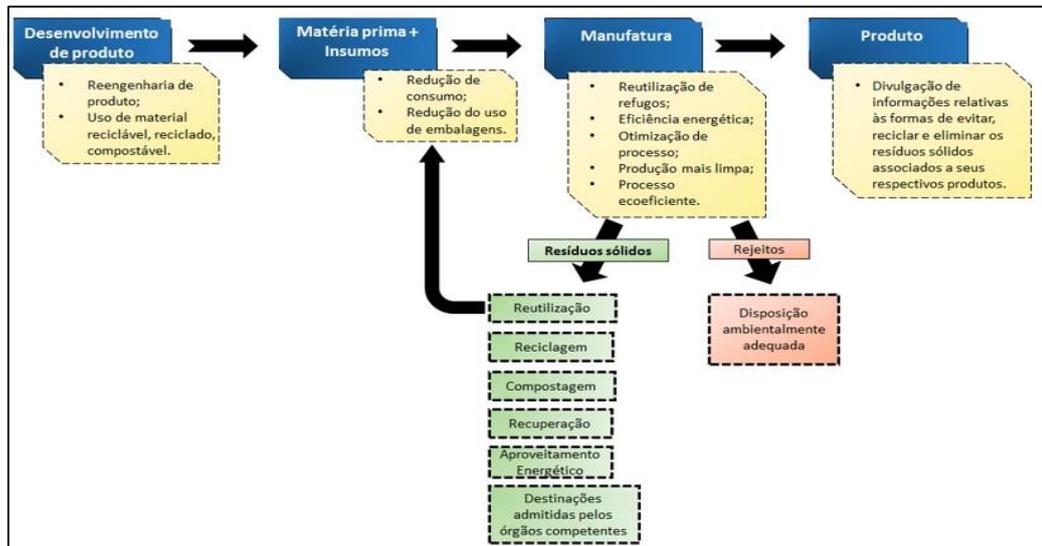


Figura 5 – Etapas da gestão para redução e destinação dos resíduos sólidos  
Fonte: FIESP, 2015.

Os achados indicaram a necessidade de aumentar a eficácia do gerenciamento dos resíduos sólidos para impedir o pagamento de multas e outras penalidades, implicando em avanços na gestão e relação com os segmentos sociais.

#### 4.2.7 Programa de redução de perdas

Constatou-se que havia necessidade quanto à melhor capacitação dos funcionários visando redução das perdas de materiais (moldes, retalhos e pó de overloque). Outro aspecto que exigia a atenção da empresa se referia à elaboração de um programa de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos para aumento da vida útil dos mesmos e, novamente, a redução de perdas com destaque aos óleos e graxas.

Entende-se que o atendimento dos requisitos do COPAM 275 deverão ser incorporados à realidade da empresa de forma mais contundente, visando o reaproveitamento e reuso na própria indústria, o retorno para os fabricantes, à doação ou venda para reciclagem e a destinação final adequada.

#### 4.2.8 Manejo do lodo da ETE

A toxicidade do lodo gerado também deverá ser avaliada. Recomenda-se o ensaio de inibição do crescimento da *Escherichia coli*, sistematizado por Jardim et al. (1990). Caso seja encontrada baixa toxicidade, outras possibilidades quanto à destinação do lodo poderão ser aplicadas em substituição à incineração, incluindo o seu uso como aditivo na indústria cerâmica, constituindo-se em uso ambientalmente seguro com redução no consumo de energia e de recursos naturais (CHRISTOFARO; LEÃO, 2009). Destaca-se que devem ser realizados estudos técnicos detalhados para determinação da composição do lodo para evitar o agravamento dos riscos.

### 5 CONCLUSÃO

A sustentabilidade ambiental se constitui em uma meta que deve ser alcançada pelos diversos segmentos econômicos e sociedade em geral. Tal condição se apresenta como requisito para se garantir a perenidade dos componentes bióticos e abióticos. Trata-se de quebrar os paradigmas negativos e garantir a qualidade do processo e do produto.

Nesse estudo, o reconhecimento dos mecanismos de produção da indústria têxtil por meio das visitas técnicas e verificação dos dados do monitoramento ambiental foram fundamentais para identificação do problema e viabilizar a proposição das medidas mitigadoras.

Analisando o desenvolvimento da fabricação a partir de uma perspectiva centrada na Produção Mais Limpa (P+L) e ecoeficiência foram constatadas diversas possibilidades em relação às mudanças em suas práticas operacionais que se aplicadas poderão favorecer o balanço econômico da empresa e preservação dos recursos naturais.

As melhorias sugeridas para o gerenciamento de efluentes podem ser resumidas em: i) inclusão de processo oxidativo avançado; ii) melhoria da coagulação; iii) reuso do efluente da ETE; iv) aproveitamento da água de chuva; v) modernização de maquinário; vi) reaproveitamento dos banhos de tingimento.

Além disso, para o gerenciamento dos resíduos sólidos foram propostas as seguintes ações: i) especificação dos procedimentos para manejo dos resíduos sólidos; ii) estabelecimento de programa de manutenção preventiva dos equipamentos e capacitação dos funcionários; iii) manejo do lodo da ETE.

Cabe ressaltar que as adequações sugeridas se enquadram na perspectiva da gestão socioambiental. Sendo assim, tendem a aumentar a competitividade da empresa no mercado

nacional e internacional. Além disso, motivando empresários e colaboradores para a sua efetiva estruturação e desenvolvimento.

Outro aspecto fundamental se relaciona com a continuidade e o aprofundamento dessa pesquisa visando o delineamento de novas estratégias capazes de permitir a efetiva implementação da P+L no segmento têxtil com a proteção dos recursos hídricos ambientalmente vulneráveis.

## **WASTE MANAGEMENT IN TEXTILE INDUSTRY AND ITS RELATIONSHIP WITH WATER QUALITY: A CASE STUDY**

**ABSTRACT:** The textile industry is characterized by high water consumption and waste generation containing recalcitrant compounds, many of these capable of accumulation on the human organism. There is also the need for treatment and disposal of solid waste. In this context, it was performed a case study in order to proposing measures to reduce waste generation and management of them applying concepts of Cleaner Production. The main actions proposed for the management of wastewater were related to the change in treatment technology, dose reduction/replacement of the coagulant and the reduction of water consumption. For the solid waste it was proposed the establishment of procedures for waste management, employee training and development of a program of preventive and corrective maintenance of equipment.

**Keywords:** Recalcitrant compounds. Advanced oxidation processes. Industrial waste. Cleaner production.

### **REFERÊNCIAS**

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004:** Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p.

ALATON, I. A.; BALCIOGLU, I. A.; BAHNEMANN, D. W. Advanced oxidation of a reactive dyebath effluent: comparison of O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/UV-C and TiO<sub>2</sub>/UV-B processes. **Water Research**, v. 36, p. 1143-1154, 2002.

AMARAL, B.; DE ARAUJO, J. A.; PERALTA-ZAMORA, P. G.; NAGATA, N. Simultaneous determination of atrazine and metabolites (DIA and DEA) in natural water by multivariate electronic spectroscopy. **Microchemical Journal (Print)**, v. 117, p. 262-267, 2014.

AMBRÓSIO, S. T.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Decolorization of reactive azo dyes by *Cunninghamella elegans* UCP 542 under co-metabolic conditions. **Bioresource Technology**, v. 91, p. 69-75, 2004.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21.ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2005.

BASTIAN, E. Y. O. **Guia técnico ambiental da indústria têxtil**. São Paulo: CETESB; SINDITEXTIL, 2009. 85 p.

BAUTISTA, P.; MOHEDANO, A. F.; CASAS, J. A.; ZAZO, J. A.; RODRIGUEZ, J. J. An overview of the application of Fenton oxidation to industrial wastewaters treatment. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 83, p. 1323-1338, 2008.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. 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 – CONAMA. *Brasil*, 2011.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

CANIATO, F.; CARIDI, M.; CRIPPA, L.; MORETTO, A. Environmental sustainability in fashion supply chains: An exploratory case based research. **International Journal Production Economics**. v. 135, p. 659 - 670, 2012.

CASTILHOS JR, A. B.; PRIM, E. C. C.; PIMENTEL, F. G. Utilização de Lodo de ETA e ETE como Material Alternativo para Cobertura de Aterro Sanitário. **Estudos Tecnológicos**, v. 7, p. 25-32, 2011.

CASTRO, A. D. J; PINHEIRO, A.; GINORIS, Y. P. Aplicação do Método de Soluções de Problemas (PDCA) em um sistema de tratamento de efluentes de indústria frigorífica de aves. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, p. 221-238, 2011.

CAVALCANTE, L. S.; BATISTA, N. C.; BADAPANDA, T.; COSTA, M. G. S.; LI, M. S.; AVANSI, W.; MASTELARO, V. R.; LONGO, E.; ESPINOSA, J. W. M.; GURGEL, M. F. C. Local electronic structure, optical bandgap and photoluminescence (PL) properties of Ba(Zr<sub>0.75</sub>Ti<sub>0.25</sub>)O<sub>3</sub> powders. **Materials Science in Semiconductor Processing**, v. 16, p. 1035-1045, 2013.

CHAGAS, E.; DURRANT, L. R. Decolorization of azo dyes by *Phanerochaete chrysosporium* and *Pleurotus sajor – caju*. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 29, p. 473-477, 2001.

CHRISTOFARO, C.; LEÃO, M. M. D. Avaliação de risco ecológico na prevenção da poluição de produtos auxiliares do setor têxtil. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 3, p. 36-53, 2009.

CISNEROS, R. L.; ESPINOZA, A. G.; LITTER, M. I. photo degradation of an azo dye of the textile industry. **Chemosphere**, v. 48, p. 393, 2002.

CPRH. Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. **Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização para tipologia têxtil**. Recife: CPRH/GTZ, 2001. 125 p.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo: **Programa eficiência industrial em sistemas motrizes**. Disponível: <<http://www.fiesp.com.br/infraestrutura/energia/programa.aspx>, 2005>, Acesso: 18/04/2015.

GABRIEL, A. P.; SANTANA, R. M. C.; VEIT, H. M. Evaluation of recycled polymers from CRT monitors frames of different years of manufacture. **Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology**, v. 30, p. 55-66, 2014.

GONÇALVES, J. E. L. Processo, que processo? **RAE. Revista de Administração de Empresas**, v. 40, p. 47-51, 2002.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. Corantes têxteis. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 71-77, 2000.

GUILHERME, C. M. **Desempenho do floculador de manta de lodo associado adecantador de alta taxa no tratamento de água de abastecimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP. São Paulo. 2009.

JARDIM, W. F.; PASQUINI, C.; GUIMARÃES, J. R.; FARIA, L. C. Short-term toxicity test using *Escherichia coli*: Monitoring CO<sub>2</sub> production by flow injection analysis. **Water Research**, v. 24, p. 351-354, 1990.

KAMMRADT, P. B. **Remoção de cor de efluentes de tinturarias industriais de processo de oxidação avançada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental). Departamento de Hidráulica e Saneamento, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.

KARCI, A. Degradation of chlorophenols and alkylphenolethoxylates, two representative textile chemicals, in water by advanced oxidation processes: The state of the art on transformation products and toxicity. **Chemosphere**, v. 99, p. 1-18, 2014.

LANGE, L. C. et al. Processos Construtivos de Aterros Sanitários: Ênfase no Estudo de Camadas de Cobertura como Mecanismo de Controle da Geração de Lixiviados. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Org.). **Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpos d'água; prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários**. 1.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2006, v. 1, p. 109-208.

LEDAKOWICZ, S.; SOLECKA, M.; ZYLLA, R. Biodegradation, decolourization and detoxification of textile wastewater enhanced by advanced oxidation processes. **Journal of Biotechnology**, v. 89, p. 175-184, 2001.

MANENTI, D. R. et al. Performance evaluation of different solar advanced oxidation processes applied to the treatment of a real textile dyeing wastewater. **Environmental Science and Pollution Research International (Internet)**, v. 22, p. 833-845, 2015.

MELLO, C. E. F., DIAS, H. C. T., LEITE, M. G. P., REZENDE, M. A. P. **Caracterização fisiográfica da cobertura florestal nativa e do produtor rural do alo rio do peixe**.

Alvinópolis, Minas Gerais, 2010. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/123456789/261>>. Acesso em: 23 mai. 2016.

MIERZWA, J. C.; SILVA, M. C. C.; RODRIGUES, L. D. B.; HESPANHOL, I. Tratamento de água para abastecimento público por ultrafiltração: avaliação comparativa através dos custos diretos de implantação e operação com os sistemas convencionais e convencionais com carvão ativado. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 78-87, 2008.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM; Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais – CERH-MG. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008**. Sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Minas Gerais, 2008.

MOLINARI, R.; PALMISANO, L.; DRIOLLI, E. Studies on various reactor configurations for coupling photocatalysis and membrane processes in water purification. **Journal of Membrane Science**, v. 206, n. 1-2, p. 399-415, 2002.

MUNAWAR, A. et al. Snake venom analyses show the specificity of the peptide composition at the level of genera naja and notechis. **Toxins**, v. 6, p. 850-868, 2014.

NADAE, J. et al. Método para desenvolvimento de práticas de gestão integrada em clusters industriais. **Produção** (São Paulo. Impresso), v. 24, p. 776-786, 2014.

NANDI, L. G. et al. A simple protocol for the visual discrimination of natural cyclodextrins in aqueous solution using perichromic probes. **Spectrochimica Acta. Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy (Print)**, v. 136, p. 1600-1606, 2015.

NIEBISCH, C. H.; FOLTRAN, C.; SERRA DOMINGUES, R. C.; PABA, J. Assessment of *Heteroporus biennis* secretion extracts for decolorization of textile dyes. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 88, p. 20-28, 2014.

PADILHA, M. L. **Indicadores de desenvolvimento sustentável para o setor têxtil**. Tese (Doutorado em Saúde Pública). Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

PEREIRA, A. R. et al. Evaluation of Textile Dye Degradation Due to the Combined Action of Enzyme Horseradish Peroxidase and Hydrogen Peroxide. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 174, p. 1, 2014.

PINHEIRO, H. M.; TOURAD, E.; THOMAS, O. Aromatic amines from azo dye reduction: status review with emphasis on direct UV spectrophotometric detection in textile industry wastewaters. **Dyes and Pigments**, v. 61, p. 121-139, 2004.

QUEIROZ; M. T. A. et al. Produção Mais Limpa: fenton homogêneo no tratamento de efluentes têxteis. In: **Simpósio de Gestão e Tecnologia**, 8. Anais. Resende, Rio de Janeiro: Associação Educacional Dom Bosco, 2011.

ROBINSON, T.; McMULLAN, G.; MARCHANT, R.; NIGAN, P. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. **Bioresource Technology**, v. 77, n. 3, p. 247-255, 2001.

SALGADO, B. C. B. et al. Descoloração de efluentes aquosos sintéticos e têxtil contendo corantes índigo e azo via processos Fenton e fotoassistidos (UV e UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, jan./mar., 2009.

SARRIA, V.; PARRA, S.; ADLER, N.; PÉRINGER, P. Recent developments in the coupling of photoassisted and aerobic biological processes for the treatment of biorecalcitrant compounds. **Catalysis Today**, v. 76, n. 15, p. 301-315, 2002.

SINDTÊXTEL.SINDICATO DAS INDÚSTRIAS TÊXTEIS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (2009). Disponível: <<http://www.sindtextilsp.org.br>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2015.

TERRES, J.; BATTISTI, R.; ANDREAUS, J.; JESUS, P. C. Decolorization and degradation of Indigo Carmine dye from aqueous solution catalyzed by horseradish peroxidase. **Biocatalysis and Biotransformation**, v. 32, p. 64-73, 2014.

UNIDO. UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION. **Manual on the development of cleaner productions policies**: approaches and instruments. Viena, 2002. 141p. The Electronic Farmer. Disponível: <<http://www.unido.org/>> Acesso em: 24 de fevereiro de 2015.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: VON SPERLING, M (Org.). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**, v. 1. 3. ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 2007. 456p.

XAVIER, F. L. Avaliação da gestão de resíduos sólidos de empresa de reflorestamento em Don Eliseu no estado do Pará. **Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em gestão ambiental de empresas)** - Instituto A Vez do Mestre. Imperatriz, 2012, 50p.

WESENBEG, D.; KYRIAKIDES, I.; AGATHOS, S. N. White-rot fungi and their enzymes for the treatment of industrial dye effluents. **Biotechnology Advances**, v. 22, p. 161-187, 2003.

ZOLIN, C. A. et al. The first Brazilian municipal initiative of payments for environmental services and its potential for soil conservation. **Agricultural Water Management (Print)**, v. 137, p. 75-83, 2014.

Originais recebidos em: 22/04/2015

Aceito para publicação em: 29/04/2016