



### **AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA APLICADA A COMPARAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DE DIFERENTES COAGULANTES UTILIZADOS NO TRATAMENTO PARA REUSO DE ÁGUA**

COELHO, L. M. G.<sup>1</sup>, HENRIQUES, R. S.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais  
E-mail: lineker.goulart@gmail.com

#### **RESUMO EXPANDIDO**

O reuso de águas oriundas de efluentes industriais ou urbanos é uma prática que muito contribui para a sustentabilidade e gestão do uso das águas. Dentre os vários processos de tratamento com foco no reuso de água a coagulação é considerada uma etapa chave já que permite a remoção de sólidos. Normalmente a escolha de qual coagulante utilizar é baseada primordialmente em aspectos econômicos, porém em uma lógica de desenvolvimento sustentável os critérios de escolha devem levar em conta o impacto ambiental associado aos processos. No caso do reuso de água de efluentes, apesar de o reuso por si só ser um processo associado a tecnologias limpas, ele também resulta em danos ao meio ambiente, principalmente aqueles associados fabricação das matérias-primas utilizadas neste processo. Dessa forma, a avaliação do impacto ambiental da fabricação dos coagulantes utilizados em instalações de reuso pode contribuir para tornar tais sistemas menos impactantes ao meio ambiente e, portanto, mais sustentáveis. Para a avaliação de impactos ambientais existem várias metodologias que podem ser utilizadas, mas atualmente a avaliação de ciclo de vida tem sido considerada uma das abordagens quantitativas mais robustas para esse tipo de análise. Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo avaliar o impacto ambiental via análise de ciclo de vida de diferentes coagulantes utilizados no tratamento de efluentes visando o reuso de água.

O estudo considerou quatro coagulantes largamente utilizados no Brasil em sistemas de tratamento sendo eles: cloreto férrico, cloreto de alumínio, sulfato de alumínio e sulfato férrico (VAZ *et al.*, 2010). A avaliação de ciclo de vida (ACV) foi realizada em quatro etapas conforme a NBR ISO 14.040:2006, sendo elas: definição do objetivo e escopo, inventário de ciclo de vida (ICV), avaliação de impacto de ciclo de vida (AICV) e interpretação dos resultados. O objetivo e escopo da ACV em questão consiste na comparação dos impactos ambientais relacionados à fabricação de coagulantes utilizados em sistemas de reuso de água. O estudo não considerou os impactos de transporte da fábrica para o consumidor tendo em vista que estes variam em função das distâncias e do modal de transporte utilizado. A unidade funcional adotada foi a fabricação de 1 kg de coagulante. O inventário de ciclo de vida corresponde ao levantamento das entradas (matérias-primas) e saídas (emissões e resíduos) oriundos do processo de fabricação dos coagulantes. O ICV utilizado foi obtido através do Software OpenLCA. A AICV foi realizada adotando-se a metodologia CML 2001 (GUINÉE *et al.*, 2002), tendo em vista que trata-se de uma das metodologias mais utilizadas no mundo e cujos fatores de caracterização são atualizados frequentemente. Durante a AICV foram utilizadas nove categorias

de impacto ambiental, conforme Tabela 1. A interpretação dos resultados foi realizada por meio de comparação direta dos valores das categorias de impacto para cada coagulante.

Os resultados da ACV para cada coagulante por categoria de impacto são apresentados na Tabela 1. A partir dos resultados nota-se que o cloreto de alumínio obteve os maiores impactos para todas as categorias de impacto ambiental, sendo dentre as alternativas avaliadas aquela que resultaria no dano ambiental mais elevado. Em seguida nota-se que o sulfato de alumínio, apesar de resultar em impactos bem inferiores ao cloreto de alumínio, apresenta impactos bem superiores para todas as categorias quando comparados com o cloreto férrico e o sulfato férrico. Estes dois últimos resultaram em valores de impactos bem próximos entre si, com uma vantagem mínima para o cloreto férrico.

Tabela 1 – Resultados das ACV divididos por categoria de impacto ambiental para a fabricação de 1 kg de coagulante.

Categorias de impacto	Cloreto férrico	Sulfato férrico	Cloreto de alumínio	Sulfato de alumínio
Depleção de recursos abióticos (kg Sbeq)	1,60E-03	1,71E-03	3,32E-02	6,42E-03
Acidificação (kg SO <sub>2</sub> eq)	1,30E-03	1,36E-03	2,87E-02	7,93E-03
Eutrofização (kgPO <sub>4</sub> -eq)	7,02E-04	7,03E-04	8,51E-03	2,15E-03
Ecotoxicidade aquática (kg 1,4DBeq)	1,74E-01	1,75E-01	3,05E+00	1,16E+00
Aquecimento global (kgCO <sub>2</sub> eq)	2,21E-01	2,37E-01	5,11E+00	7,83E-01
Toxicidade humana (kg 1,4DBeq)	3,47E-01	3,55E-01	8,39E+00	6,93E-01
Depleção de ozônio (kg CFC-11eq)	7,96E-09	8,23E-09	8,66E-07	5,54E-08
Oxidação fotoquímica (kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq)	5,47E-05	5,70E-05	1,64E-03	3,18E-04
Ecotoxicidade terrestre (kg 1,4DBeq)	1,01E-04	1,01E-04	1,77E-03	3,19E-04

Com base nos resultados da ACV, nota-se que ao se considerar aspectos ambientais na escolha de um coagulante há uma redução significativa quando aos impactos ambientais gerados na produção do cloreto férrico e sulfato férrico sobre os outros coagulantes avaliados. Portanto, os resultados indicam que estes últimos são os coagulantes mais recomendados a serem utilizados em sistemas de reuso em termos de minimização dos danos ao meio ambiente .

**PALAVRAS-CHAVE:** Reuso; Coagulante; Impacto ambiental; Avaliação de ciclo de vida.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISSO 14040. Avaliação de Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura, 2006, 10p.

GUINÉE, J. GORRÉE, M., HEIJUNGS, R. HUPPES, G. KLEIJN, R. DE KONING, A. VAN OERS, L. WEGENER, A. SLEESWIJK, A. VAN DUIN, R. HUIGBREGTS, M. A. J. *Life Cycle Assessment: an Operational Guide to ISO Standards. I: LCA in Perspective. Ila: Guide. I Ib: Operational Annex. III: Scientific Background.* Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T. SILVA, E. A. BARBIERO, T. A. BERGMASCO, R.. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. *Ecl. Quim.*, v. 35, p. 45-54, 2010.