

# REVISTA TÓPICOS

---

## PRECIPITAÇÃO E RECUPERAÇÃO DO CROMO PRESENTE EM RESÍDUOS PROVENIENTES DO PROCESSO DE CROMAÇÃO

DOI: 10.5281/zenodo.14407375

Francisco José Mininel<sup>1</sup>

Silvana Márcia Ximenes Mininel<sup>2</sup>

Leandro Eduardo da Silva Oliveira<sup>3</sup>

### RESUMO

O Cromo pode impactar a saúde e o meio ambiente, dependendo da concentração e espécie em que está disponível. Os resíduos e os efluentes líquidos contendo cromo podem ser tratados através de reações químicas de oxirredução e técnicas simples, como por exemplo, a precipitação química, sendo, o hidróxido de sódio (NaOH) um dos reagentes mais utilizados na precipitação do cromo. O objetivo deste trabalho foi realizar a precipitação química do Cr presente em resíduo gerado por uma indústria de cromação, por meio do uso de solução de NaOH, e sua posterior recuperação como  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Obteve-se, como precipitado 28,5 g de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . A calcinação do precipitado de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  em forno mufla a 750 °C gerou 26,5 g de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . A partir de cálculo estequiométrico, o percentual de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  presente no

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

material calcinado foi de 80%.

Palavras-chave: Cromo. Oxirredução. Precipitação. Calcinação.

## ABSTRACT

Chromium can impact health and the environment, depending on the concentration and species in which it is available. Waste and liquid effluents containing chromium can be treated through chemical oxidation-reduction reactions and simple techniques, such as chemical precipitation, with sodium hydroxide (NaOH) being one of the most widely used reagents in chromium precipitation. The objective of this study was to chemically precipitate Cr present in waste generated by a chromium plating industry, using a NaOH solution, and its subsequent recovery as Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The precipitate obtained was 28.5 g of Cr(OH)<sub>3</sub>. Calcination of the Cr(OH)<sub>3</sub> precipitate in a muffle furnace at 750 °C generated 26.5 g of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. From a stoichiometric calculation, the percentage of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> present in the calcined material was 80%.

Keywords: Chromium. Oxidation-reduction. Precipitation. Calcination.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente desenvolvimento industrial e urbano tem acarretado a introdução de grandes quantidades de metais pesados e produtos nocivos nos ecossistemas aquáticos, expondo a biota e toda a cadeia alimentar que dela se origina à contaminação por esses elementos. Entre os metais pesados considerados tóxicos, o cromo destaca-se devido a grande gama de utilização em diversos processos industriais. Nos últimos anos, muitos

# REVISTA TÓPICOS

---

estudos sobre o comportamento dos metais pesados no meio aquoso vêm sendo desenvolvidos, pois os mesmos representam um problema ambiental por sua persistência no ambiente e a não biodegradabilidade (GUSMÃO, 2004).

O elemento químico cromo é largamente empregado nas indústrias, principalmente para fazer aços inoxidáveis e outras ligas metálicas em indústrias siderúrgicas, mas também é largamente utilizado no curtimento e amaciamento de couros.

Resíduos gerados por indústrias e laboratórios possuem alto poder de contaminação, quando não são convenientemente tratados e simplesmente abandonados em corpos d'água, aterros industriais ou mesmo lixeiras clandestinas, facilita o cromo atingir o lençol freático, reservatórios ou rios que são as fontes de abastecimentos de água das cidades. O adequado tratamento de efluentes está relacionado à proteção ambiental e tem sido debatida a redução dos custos de produção através da redução da geração desses efluentes utilizando tecnologias limpas.

Os resíduos e/ou os efluentes líquidos contendo cromo podem ser tratados através de reações químicas de oxirredução e técnicas simples, como por exemplo, a precipitação química, sendo, o hidróxido de sódio (NaOH) um dos reagentes mais utilizados na precipitação do Cr, devido sua disponibilidade no mercado, facilidade de manuseio a um baixo custo (GIOVANNINI et al., 2007).

# REVISTA TÓPICOS

---

A principal via de exposição da população, em geral, é a ingestão de alimentos e água contaminados, enquanto na exposição ocupacional é a inalação, também podendo ocorrer dermatites por contato. Os compostos com excesso de Cr (VI) produzem náuseas, diarreias, danos no fígado e rim, hemorragias internas, dermatites e problemas respiratórios, enquanto a exposição aguda ao Cr (III) raramente reflete em efeitos tóxicos (GUTTERRES; SILVA; DETTEMER, 2011).

O comportamento do cromo frente à adição de uma base forte em excesso demonstra-se por meio da seguinte reação:  $\text{Cr}^{+3} + 3 \text{OH}^{-1} \rightarrow \text{Cr}(\text{OH})_3$ , ocasionando a formação de um precipitado verde claro, de hidróxido de cromo (III).

Já a reação de calcinação em forno mufla, com temperatura entre, 600 °C – 800 °C, pode ser expressa da seguinte maneira:  $2 \text{Cr}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Cr}_2\text{O}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$  (ATIKINS, 2001).

Existem inúmeras aplicações do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , como a sua incorporação em pigmentos inorgânicos, onde, por meio de uma sequência de tratamentos térmicos, em conjunto com outros óxidos, como por exemplo, os de ferro e de zinco, formam um pigmento marrom, muito utilizado no revestimento de materiais cerâmicos (MARCELLO, 2005).

O objetivo deste trabalho será realizar a precipitação química do Cromo presente em resíduo gerado em indústria de cromação, por meio do uso de

# REVISTA TÓPICOS

---

solução de NaOH, e sua posterior recuperação como  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , visando à redução do risco causado pelo manuseio e armazenagem do resíduo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O elemento cromo, de símbolo Cr, é um metal de coloração cinza, semelhante ao aço, com forma cristalina cúbica, sem odor e muito utilizado em processos industriais devido as suas propriedades químicas, como resistência à corrosão e ao desgaste. Possui densidade de  $7,2 \text{ g/cm}^3$ , ponto de fusão igual a  $1857 \text{ }^\circ\text{C}$  e ponto de ebulição igual a  $2672 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tem número atômico 24 (24 prótons e 24 elétrons) e é uma mistura de quatro isótopos estáveis, com números de massa iguais a 50 (4,31%), 52 (83,76%), 53 (9,55%) e 54 (2,38%) (SILVA, 2001).

O cromo é encontrado naturalmente em rochas, animais, plantas, solo, águas de rios e mares, poeiras e névoas vulcânicas. Ele ocorre nos estados de oxidação de -2 a 6. Contudo, as formas mais comuns do cromo são o  $\text{Cr}^0$ , Cr (II), Cr (III) e Cr (VI), sendo que o Cr (II) é facilmente oxidado à forma trivalente pelo oxigênio do ar (WHO, 1988 apud SILVA, 2001). O mineral cromita, de forma  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$  ou  $\text{Fe}(\text{CrO}_2)_2$ , é o mais abundante composto com cromo encontrado na natureza, contendo de 40 a 50% deste elemento (HSDB, 2000).

A produção de resíduos, o seu respectivo manejo e descarte é um tema que deve ser considerado, devido às implicações sanitárias e ambientais decorrentes do lançamento de substâncias tóxicas (VIEIRA JÚNIOR. et al., 2010). O Cromo pode impactar a saúde e o meio ambiente, dependendo da

# REVISTA TÓPICOS

---

concentração e espécie em que está disponível. Os estados de oxidação mais estáveis de cromo são Cr (III) e Cr (VI). Assim sendo, existe uma grande preocupação em relação ao grau de tratamento e ao destino final dos efluentes e sobre quais serão as consequências ao meio ambiente na qualidade das águas receptoras. Tendo em conta estes aspectos, os estudos, critérios, projetos, relativos ao tratamento e à disposição final dos efluentes deverão ser precedidos de cuidados especiais que garantam a depuração adequada dos efluentes, e igualmente a manutenção e melhoria dos usos e da qualidade dos corpos receptores (JORDÃO et al., 2011).

O cromo hexavalente é uma espécie altamente tóxica, podendo causar ulceração nasal, dermatites, lesões mutagênicas, carcinogênicas e leucemia. A elevada toxicidade do Cr (VI) é atribuída à sua capacidade de atravessar a membrana celular e à sua força como agente oxidante (GIRARD et al., 1996).

Para Cotton e Wilkinson (1999), a elevada toxicidade do Cr (VI) é atribuída à sua capacidade de livre difusão através da membrana celular e à sua força como agente oxidante. O Cr (VI) é reduzido a Cr (III) dentro da célula, tendo Cr (V) e Cr (IV) como intermediários da reação. Estes por sua vez, podem interagir com fosfatos de DNA, causando danos a essa molécula. A movimentação do cromo no meio ambiente e seus estados de oxidação podem ser observados na Figura 1. As formas de Cr(III) e (VI) são distintas quanto à mobilidade, toxicidade e características físico-químicas. Em geral, a espécie trivalente do cromo pode ser encontrada naturalmente na forma de minerais e sob ambientes redutores. É relativamente estável e

# REVISTA TÓPICOS

---

apresenta uma baixa solubilidade em água sendo, conseqüentemente, pouco móvel. As espécies que predominam estão sob a forma de  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3^0$  (PALMER & WITTBRODT 1991). A fração solúvel pode ser facilmente adsorvida pelos constituintes do solo e, em concentrações-traço, é até mesmo considerada benéfica aos seres humanos e animais. As espécies de cromo hexavalente, por sua vez, são altamente tóxicas e carcinogênicas e ocorrem em condições oxidantes sendo, na maioria dos casos, de origem antrópica. Apresentam alta reatividade e solubilidade em água, podendo ser facilmente transportadas através do solo e atingir as águas subterrâneas (STANIN & PIRNIE 2004, CAO & ZHANG 2006, SANTOS et al. 2018). Nesse caso, os íons de cromo que prevalecem na forma hexavalente encontram-se na forma de ânions, como  $\text{HCrO}_4^-$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  e  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (RAI et al. 1989, SPARKS, 2003, CAO & ZHANG, 2006).

# REVISTA TÓPICOS

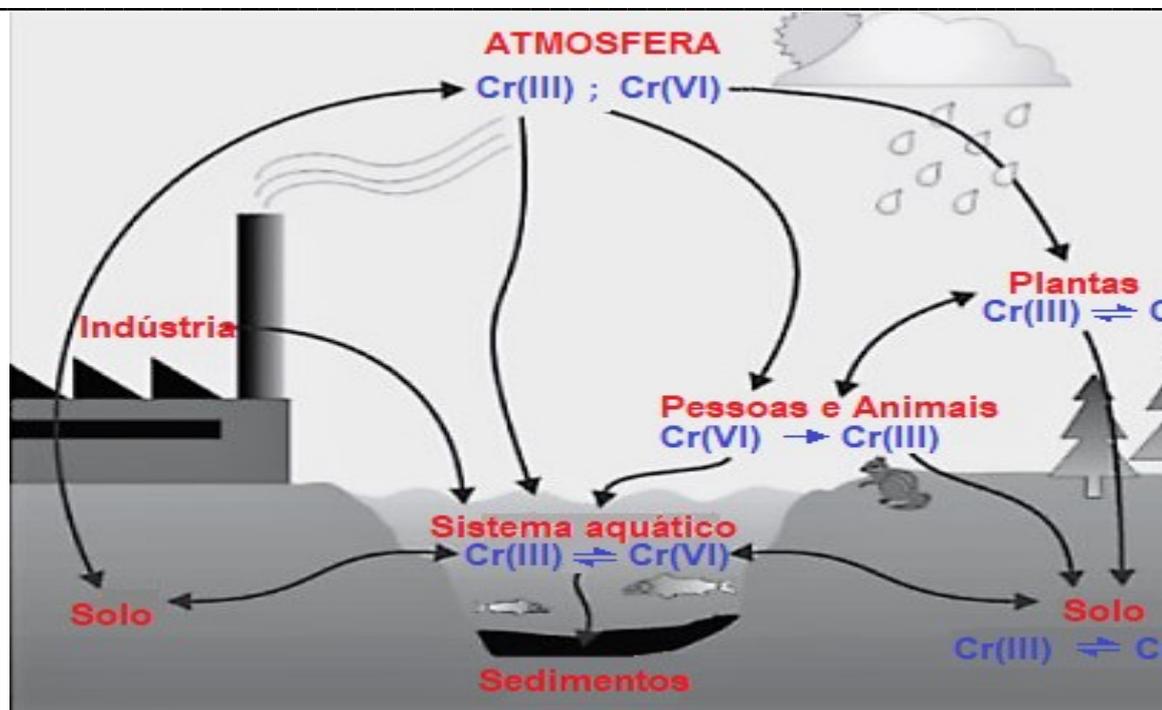


Figura 1 – Ciclo do Cromo no meio ambiente e a contaminação ambiental. (Fonte: Adaptac  
Bielicka et al, 2004)

Em vista desses fatos e entendendo que os resíduos e/ou os efluentes líquidos contendo cromo podem ser tratados através de reações químicas de oxirredução e técnicas simples, como por exemplo, a precipitação química, sendo, o hidróxido de sódio (NaOH) um dos reagentes mais utilizados na precipitação do Cr, devido sua disponibilidade no mercado, facilidade de manuseio a um baixo custo, buscaremos esse tratamento ao resíduo gerado pelo processo de galvanização (GIOVANNINI et al., 2007).

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no laboratório de Química da Universidade Brasil- Campus Fernandópolis-SP, onde analisou-se o resíduo

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

gerado por uma indústria de cromação da cidade. As reações de precipitação serão realizadas em capela de exaustão, em banho de gelo, em triplicata. Será adicionado NaOH 25 M a alíquotas de 50 mL do resíduo gerado, até atingir pH 9, (VIEIRA JUNIOR. et al., 2011).

O precipitado será filtrado com papel filtro Whatman nº 42 e lavado com água destilada fervente, visando à dissolução do Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> presente. Os resíduos serão secos em estufa a 100 °C por seis horas, resfriando-se em dessecador por trinta minutos. Serão determinadas a quantidade de Cr(OH)<sub>3</sub> através da diferença de massa.

O precipitado seco de Cr(OH)<sub>3</sub> será adicionado em cápsulas, e proceder-se-á a calcinação em forno mufla à temperatura de 750 °C por duas horas. O Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> obtido pela calcinação do Cr(OH)<sub>3</sub> será resfriado em dessecador, acondicionado em frascos de polietileno e armazenados em armário para resíduos.

O percentual de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> presente no material calcinado foi avaliado por meio de cálculo estequiométrico a fim de se obter o rendimento (Figura 2).

# REVISTA TÓPICOS

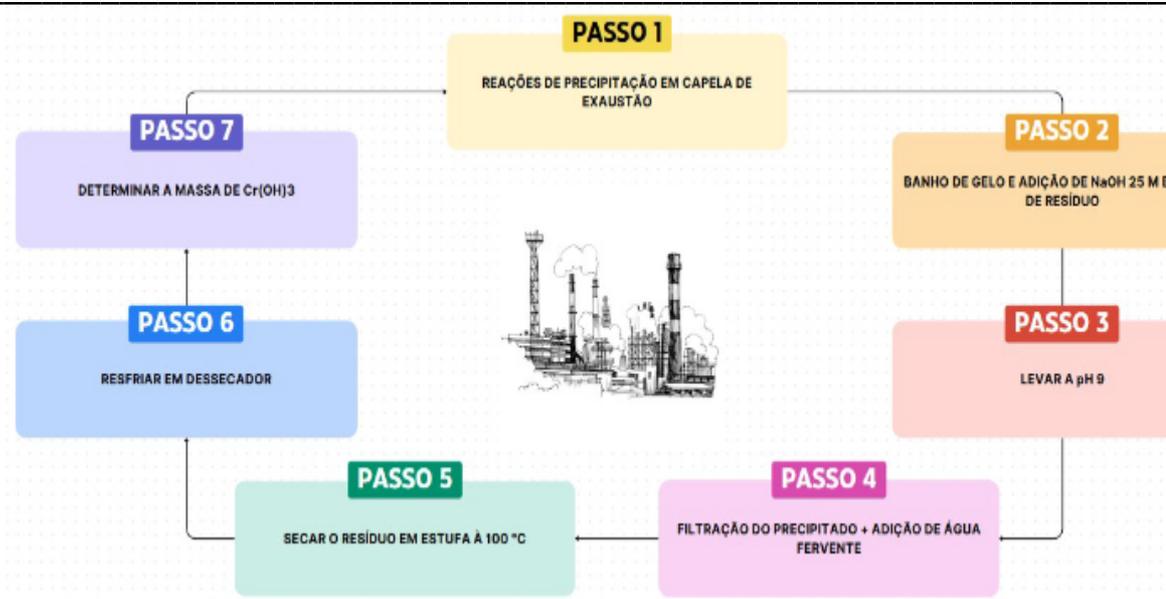


Figura 2. Metodologia utilizada na determinação do cromo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Num primeiro momento, foi coletado o resíduo (50 mL) de uma indústria de cromação da cidade de Fernandópolis. Inicialmente o material úmido foi seco ao ar e depois em estufa com circulação de ar a 50° C. Após este aquecimento adicionou-se uma quantidade de água destilada.

Na sequência, adicionou-se uma solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 mol/L, a fim de reduzir o pH. Colocou-se a quantidade estequiométrica de Zn em pó, notando-se uma grande liberação de gás em virtude da reação de redução do zinco sobre o cobre. Portanto, ocorre a liberação de gás e o líquido sobrenadante fica incolor, podendo então decantar e descartar o líquido. Em seguida lavou-se três vezes a solução com água destilada e o mesmo procedimento com acetona, transferiu-se o cobre decantado a um vidro

# REVISTA TÓPICOS

---

relógio levando-o a estufa com 75°C durante aproximadamente 15 minutos, colocando logo após no dessecador e em seguida fez-se a pesagem.

Determinou-se o pH das amostras contendo cobre, as quais foram aquecidas para liberação de substâncias voláteis, desnecessárias, deixando-as concentradas. A utilização da água destilada após o aquecimento proporcionou a diluição das amostras e o balanceamento do pH. Devido a reação de redução do zinco sobre o cobre necessitar de um pH ácido para ocorrer foi adicionado o ácido sulfúrico.

A duração da reação de oxirredução foi de aproximadamente 24 horas, obteve-se um precipitado de cor vermelho e brilho intenso, o qual foi lavado com água e acetona para retirar as impurezas. Para se obter um resultado quantitativo final, o precipitado foi levado a estufa a 75° C eliminando a água. Finalmente pesou-se em balança analítica para verificação do teor de cobre das soluções analisadas.

Dessa forma, determinou-se a quantidade de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  através da diferença de massa do papel filtro e o papel filtro contendo o precipitado seco. Para atingir pH 9, gastou-se o volume de 342 mL de NaOH 25M por litro de resíduo e obteve-se, como precipitado 28,5 g de  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . A calcinação do precipitado em forno mufla a 750 °C gerou 26,5 g de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . Avaliou-se, por meio de cálculo estequiométrico, o percentual de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  presente no material calcinado, obtendo-se o rendimento de 80%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

A partir do presente trabalho, pode-se concluir que a reação de precipitação química se mostrou eficaz na remoção de Cr, tornando possível a recuperação do metal na forma de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  através de um método simples e de baixo custo, reduzindo significativamente o teor de Cr presente no resíduo, facilitando a estocagem e sua posterior utilização.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATIKINS, P.; JONES, L. Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BIELICKA, A; BOJANOWSKA, I; WISNIEWSKI, A. Two Faces of Chromium - Pollutant and Bioelement. Department of Environmental Engineering Faculty of Chemistry, University of Gdańsk, 18 J. Sobieskiego St., 80 - 852 Gdańsk, Poland, 2004.

CAO, J.; ZHANG, W-H. Stabilization of chromium ore processing residue (COPR) with nanoscale iron particles. Journal of Hazardous Materials, 132(2- 3): 213-219, 2003. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2005.09.008>

COTTON, F.A E WILKINSON, G. Advanced Inorganic Chemistry, A comprehensive text. 5ª edição, John Wiley and Sons, New York, 1999.

GIOVANNINI, J. G.; TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A.; SECCO, V. Avaliação das técnicas de precipitação química e encapsulamento no tratamento e destinação conjunta de resíduos líquidos contendo cromo e vidrarias de laboratório. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, São Paulo, n. 8, p. 10 - 15 2007.

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

GIRARD, L.; HUBERT, J. Speciation of chromium (VI) and total chromium determination in welding dust samples by flow-injection analysis coupled to atomic absorption spectrometry. *Talanta*, Oxford, n. 43, p. 1965 - 1974, 1996.

GUSMÃO, L. F. M. de, (2004). Efeitos do Cobre e Cromo na Comunidade Zooplanctônica: Um Estudo Experimental em Mesocosmos. São Carlos, Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GUTTERRES, M.; SILVA, M. C.; DETTMER, A. Dossiê sobre Cromo, 2011.

HSDB - HAZARDOUS SUBSTANCE DATA BANK. Copper. In: TOMES CPS TM SYSTEM. Toxicology, occupational medicine and environmental series. Englewood: Micromedex, 2000. CD-ROM.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C. A., Tratamento de Esgotos Domésticos. 6 ed, Rio de Janeiro, 2011.

MARCELLO, R. R.; PETERSON, M. Incorporação do lodo obtido no tratamento de drenagem ácida de mina de carvão na composição de pigmentos inorgânicos. Junho de 2005. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia de Materiais – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005.

PALMER, C.D.; WITTBRODT, P.R. Processes affecting the remediation of chromium contaminated sites. *Environmental Health Perspectives*, 92(1):

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

25-40, 1991. <http://doi.org/10.1289/ehp.919225>

RAI, D.; EARY, L.E.; ZACARA, J.M. Environmental chemistry of chromium. *The Science of the Total Environment*, 86(1- 2): 15-23, 1989. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(89\)90189-7](https://doi.org/10.1016/0048-9697(89)90189-7)

SILVA, C. S. *Ecotoxicologia do Cr e seus compostos*. Salvador – CRA, 2001.

SPARKS, D.L. 2003. *Environmental soil chemistry*. Academic Press, Elsevier Science, 2º ed., 352 p.

VIEIRA JÚNIOR, R. J.; ALMEIDA, M. T.; GALARZ, L. A.; MATTOS, M. L. T. Otimização do processo de tratamento de resíduo da análise de carbono da biomassa microbiana do solo. In: XV ENCONTRO NACIONAL SOBRE METODOLOGIAS E GESTÃO DE LABORATÓRIO E II SIMPÓSIO SOBRE METODOLOGIAS DE LABORATÓRIOS DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 15., Pelotas, 2010. Anais eletrônicos. Pelotas: Embrapa.

<sup>1</sup> Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP. Doutor em Química pelo Instituto de Química-UNESP, Campus de Araraquara-SP, e-mail: [kmininel17@gmail.com](mailto:kmininel17@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente do Curso Superior de Engenharia Química da Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP. Mestre em Química pelo Instituto de

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**

# REVISTA TÓPICOS

---

Química-UNESP, Campus de Araraquara-SP, e-mail:

[Silvana.mininel@ub.edu.br](mailto:Silvana.mininel@ub.edu.br)

<sup>3</sup> Docente da EE José Belúcio, Fernandópolis-SP, Mestrando em Ciências Ambientais na Universidade Brasil, Campus de Fernandópolis-SP, e-mail:

[leandro-quimico@outlook.com](mailto:leandro-quimico@outlook.com)

**REVISTA TÓPICOS - ISSN: 2965-6672**