



IMPACTO AMBIENTAL DOS PROCESSOS DE REVESTIMENTO METÁLICO

Ana Clara Santana Perdigão ¹, Ângelo Sebastião Tassi Romagnoli ¹, Rebeca Villela Sachetto
Fonseca¹

(anaclara_perdigao@hotmail.com, angelostromagnoli@outlook.com, villemarebeca@gmail.com)

Professora orientadora: Sheila Leal Oliveira Loureiro

Coordenação de curso de Engenharia Química

Resumo

O revestimento metálico é amplamente aplicado em setores como o químico, automobilístico e construção civil, com o intuito de proteger as superfícies metálicas contra o processo de oxidação. Apesar da sua eficácia, esse tipo de revestimento realizado emprega substâncias altamente tóxicas que causam danos ambientais e riscos à saúde ocupacional das pessoas que o manuseiam. Este trabalho tem como finalidade analisar, com base no estudo de caso realizado em uma empresa do setor, os principais impactos ambientais e ocupacionais provenientes desse processo. Como resultado, o trabalho propõe práticas mais seguras e sustentáveis, destacando a viabilidade de tecnologias menos agressivas e a importância da conscientização ambiental no ambiente industrial.

Palavras-chave: Galvanização; Cromagem; Sustentabilidade Industrial; Toxicidade; Alternativas sustentáveis.

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com os impactos ambientais provocados por atividades industriais tem impulsionado discussões e iniciativas voltadas à sustentabilidade na produção de bens manufaturados (Sousa et al., 2007). Os processos de revestimento metálico, especialmente a galvanização e a cromagem, segundo Pereira e Tocchetto (2004), geram resíduos perigosos e emissões poluentes que representam riscos para o meio ambiente e para à

¹ Graduação em Engenharia Química – Centro Universitário UNA.

saúde humana. Essas técnicas, embora eficazes na proteção contra a corrosão e no aumento da durabilidade dos produtos, envolvem o uso de substâncias químicas tóxicas, como metais pesados, ácidos e compostos voláteis. O descarte inadequado de efluentes líquidos, sólidos contaminados e emissões atmosféricas contribui para a contaminação de solos, corpos d'água e do ar, agravando problemas ambientais e exigindo medidas regulatórias mais rígidas.

Nesse trabalho, busca-se identificar os principais impactos ambientais gerados pelos processos de galvanização e cromagem, além de investigar possíveis soluções que possam ser adotadas para minimizá-los.

Nesse contexto, práticas como a Produção mais Limpa (P+L) vêm sendo aplicadas para reduzir os impactos ambientais nas indústrias metalúrgicas. Segundo Richit e Jappur (2016), a adoção da prática P+L representa uma alternativa estratégica para manter a competitividade das empresas e reduzir os impactos ambientais. Tais abordagens evidenciam que é possível aliar desempenho industrial à responsabilidade ambiental.

Este estudo justifica-se pela importância de alinhar as práticas industriais aos princípios de desenvolvimento sustentável e às exigências impostas pela legislação ambiental, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), que estabelece diretrizes para a gestão adequada dos resíduos perigosos (BRASIL, 2010). Além disso, acidentes ambientais envolvendo o descarte inadequado de resíduos tóxicos provenientes da galvanização e cromagem reforçam a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre esses impactos e propor soluções mais eficazes. Uma pesquisa conduzida na zona leste de São Paulo analisou 17 empresas de galvanoplastia e constatou que essas geravam, anualmente, cerca de 106 toneladas de resíduos sólidos, muitas vezes armazenados em condições precárias, o que configura um passivo ambiental com elevado potencial de contaminação do solo e dos corpos d'água (Mattos, 2011).

Portanto, objetivo geral deste trabalho é analisar os impactos ambientais decorrentes dos processos de galvanização e cromagem, identificando alternativas para a redução dos impactos gerados. Para atingir esse propósito, definem-se os seguintes objetivos específicos:

1. Levantar os principais tipos de resíduos e emissões resultantes desses processos;
2. Mapear os impactos ambientais associados a esses subprodutos;

3. Investigar as tecnologias e práticas atualmente empregadas no tratamento e controle ambiental;
4. Recomendar abordagens alternativas voltadas à mitigação dos impactos ambientais identificados.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 PROCESSO DE GALVANOPLASTIA E CROMAGEM

Segundo Araújo (2006), a galvanoplastia refere-se a um processo eletroquímico caracterizado pela deposição de uma camada metálica sobre determinada superfície, com o objetivo de conferir proteção contra a corrosão, melhorar a resistência mecânica ou proporcionar acabamento estético. Esse revestimento se destaca por potencializar o brilho, a resistência ao desgaste e durabilidade dos metais. A cromagem, ou eletrodeposição de cromo, consiste na aplicação de uma camada superficial metálica, como mostra a figura 1, com o objetivo de proteger, isolar ou otimizar as propriedades relacionadas à resistência à corrosão e ao desgaste de peças metálicas, conforme explica Kubiaki (2017).

Figura 1: Peça Frontal da Grelha de Mercedes 170 V, antes e depois do tratamento de cromagem



Fonte: CROMAGEM PINHEIRO (2013)

O processo de galvanização e cromagem envolve uma sequência de etapas fundamentais para garantir a qualidade e a funcionalidade do revestimento metálico. Inicialmente, realiza-se o pré-tratamento mecânico, com operações como esmerilhamento e polimento, seguido pelo pré-tratamento químico, que inclui desengraxe, decapagem e ativação da superfície metálica. Concluída essa preparação, inicia-se a fase de eletrodeposição, em que, por meio de corrente elétrica contínua, íons metálicos são transferidos do anodo para a

superfície da peça, formando a camada protetora. Essa fase pode incluir banhos específicos para diferentes metais, como zinco na galvanização e cromo na cromagem. Finaliza-se o processo com etapas de lavagem, para evitar o arraste de contaminantes, e o pós-tratamento, com a finalidade de proporcionar maior resistência à corrosão e aprimorar a estética do produto final (Barros, 2016).

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS

A caracterização dos resíduos gerados pela indústria galvânica demonstra a presença de elementos potencialmente tóxicos, como cádmio e cromo, os quais são responsáveis pela classificação desses materiais como perigosos, conforme a ABNT NBR 10004/2004. Essa classificação evidencia os riscos ambientais associados ao descarte inadequado desses resíduos. (Ladeira; Pereira, 2008).

De acordo com Pereira e Tocchetto (2004, 2006), a atividade galvânica, que compreende galvanização e cromagem, apresenta alto impacto ambiental devido à emissão de poluentes que contaminam solo, água e ar. Os autores identificaram que o uso de substâncias como cromo, níquel e zinco, presentes nas soluções de banho eletrolítico, representa um dos principais desafios ambientais da indústria de revestimentos metálicos. Eles argumentam que, além do cumprimento das normas legais, é fundamental que as empresas desenvolvam sistemas próprios de monitoramento e mitigação dos impactos, promovendo práticas mais sustentáveis. Estudos mais recentes, como os de Antonetti et al. (2021) e Silva et al. (2021), corroboram essas observações, destacando as fragilidades nos sistemas de tratamento e a presença de metais pesados nos efluentes, evidenciando a necessidade urgente de melhorias tecnológicas e gerenciais para minimizar esses impactos.

Guimarães (2014) também chama atenção para a complexidade do tratamento de efluentes de galvanoplastia, que apresentam altas concentrações de metais pesados, cor e turbidez. A autora enfatiza que, mesmo que nem sempre seja possível evitar a geração de resíduos, é essencial implementar sistemas eficazes de tratamento para atender à legislação ambiental vigente.

Através desses estudos, foi possível alcançar o objetivo de mapear os impactos ambientais associados aos subprodutos desse processo.

2.3 ESTUDO DE CASO

O estudo de Gonzaga et al. (2014) analisou as práticas de gestão ambiental em uma empresa de galvanoplastia, destacando a importância da certificação ISO 14001. A norma ABNT NBR ISO 14001:2015 é a versão brasileira da norma internacional ISO 14001:2015, amplamente reconhecida como um padrão para sistemas de gestão ambiental (SGA), oferecendo uma diretriz para que as organizações possam estabelecer, implementar e aprimorar continuamente seu desempenho ambiental (ABNT, 2015). A pesquisa revelou que, embora a empresa ainda não possuísse a certificação, reconhecia seus benefícios, como a melhoria contínua dos processos, a conformidade com a legislação ambiental e a valorização da imagem corporativa. A empresa já implementava práticas sustentáveis, como a reutilização de água e o tratamento adequado de resíduos, demonstrando um compromisso com a sustentabilidade e a intenção de buscar a certificação no futuro próximo. O estudo enfatizou que a adoção da ISO 14001 pode servir como um diferencial competitivo.

2.4 ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS

A indústria de galvanização por imersão a quente tradicionalmente utiliza processos de passivação à base de cromo hexavalente, substância altamente tóxica e poluente, para formar um filme protetivo que potencializa a resistência à corrosão do revestimento de zinco. Porém, devido aos riscos associados ao cromo hexavalente, estudos como os de Dietrich (2019) e Varres e Ferreira (2019) investigaram a aplicação de revestimentos nanocerâmicos à base de óxido de zircônio em arames galvanizados, visando substituir o processo tradicional de cromatização por uma alternativa ambientalmente mais amigável. Os estudos analisaram fatores como pH do banho de imersão, tempo de imersão, diâmetro dos arames sobre a resistência à corrosão e concentração de ácido hexafluorzircônio na solução. As pesquisas destacam o potencial desse revestimento como substituto eficaz da cromatização, atendendo às crescentes demandas por tecnologias mais limpas na proteção anticorrosiva de materiais metálicos.

Theodoro (2010) investigou a aplicação da técnica de eletrocoagulação no tratamento de efluentes provenientes da indústria galvânica, visando à remoção de poluentes orgânicos e inorgânicos. Utilizando um reator em escala laboratorial com eletrodos de ferro, o estudo avaliou variáveis como tempo de eletrólise, corrente elétrica, agitação e pH inicial. Os resultados demonstraram que, sob condições otimizadas, foi possível alcançar a remoção de até 100% de certos poluentes, evidenciando a eficácia dessa alternativa como uma opção viável para o tratamento de efluentes galvânicos. Essa abordagem não apenas reduz o impacto ambiental desses efluentes, mas também contribui para a sustentabilidade dos processos industriais.

A adoção de práticas sustentáveis na indústria galvânica passa, necessariamente, pela reformulação normativa e pela implementação de tecnologias mais limpas. Nesse sentido, Barros (2016) destaca que, embora o Brasil adote tecnologias industriais semelhantes às da Alemanha, há uma necessidade premente de atualização legislativa, incorporando conceitos como produção mais limpa e ecologia industrial, de modo a reduzir a geração de resíduos e os impactos ambientais do setor.

Essas alternativas e inovações sustentáveis correspondem aos objetivos de investigar e recomendar as tecnologias e práticas empregadas no tratamento e mitigação dos impactos ambientais identificados.

3. METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa básica, pois tem como principal finalidade aprofundar o conhecimento teórico sobre os impactos ambientais causados pelos processos de galvanização e cromagem. Embora não tenha como foco imediato a aplicação prática dos resultados, o estudo visa contribuir para o avanço da compreensão científica sobre a geração de resíduos e emissões nesses processos, servindo de base para pesquisas futuras que possam propor soluções técnicas e sustentáveis para o setor siderúrgico. Segundo Cesário et al. (2020), a pesquisa básica é caracterizada pelo desenvolvimento de conhecimentos teóricos com foco no aprofundamento do entendimento sobre fenômenos, sem a intenção de aplicação imediata.

Cardano (2017) ressalta que a pesquisa qualitativa se caracteriza por uma observação atenta e próxima da realidade investigada, ajustando seus métodos às especificidades do objeto de estudo e ao contexto em que ele se insere. Técnicas como a observação participante, a entrevista discursiva e o grupo focal são destacadas por oferecerem uma base sólida para explorar em profundidade os aspectos subjetivos e contextuais envolvidos no fenômeno analisado. Optou-se pela pesquisa qualitativa, pois ela permite captar não apenas a aparência dos impactos ambientais gerados pelos processos de galvanização e cromagem, mas também sua origem e as possíveis consequências para o meio ambiente. Serão utilizadas as técnicas qualitativas de observação direta e análise documental, que possibilitam explorar os aspectos subjetivos e contextuais envolvidos no fenômeno analisado. Embora a abordagem da pesquisa seja predominantemente qualitativa, serão utilizados dados quantitativos, como tabelas e gráficos relacionados à toxicidade, com o objetivo de complementar e apoiar a análise qualitativa.

De acordo com Kern et al. (2016), a pesquisa descritiva está associada à modelagem da composição, do ambiente e da estrutura de um sistema, enquanto a pesquisa explicativa envolve a formulação de hipóteses que contribuem para a compreensão dos mecanismos que regem o funcionamento desses sistemas. Com base nesse conceito, esta pesquisa é classificada como descritiva e explicativa. A abordagem descritiva permite detalhar os tipos de resíduos e emissões gerados nos processos de galvanização e cromagem utilizados no revestimento de metais. Já o caráter explicativo busca compreender as causas dos impactos ambientais associados a esses processos, relacionando-os com os insumos químicos utilizados.

O estudo de campo visa aprofundar as questões, utilizando predominantemente técnicas de observação, em vez de interrogação, destacando-se a importância de o pesquisador vivenciar diretamente a situação analisada. Por não exigir equipamentos específicos para a coleta de dados, esse tipo de estudo tende a ser mais econômico (Gil, 2002). Por sua vez, as revisões bibliográficas possibilitam a identificação de novas perspectivas para pesquisas futuras, oferecendo sugestões para o desenvolvimento de novos projetos (Noronha; Ferreira, 2000). Portanto, esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de campo com suporte em pesquisa bibliográfica. O estudo de campo será realizado em uma firma de galvanização e cromagem, permitindo uma análise com foco na identificação dos resíduos gerados. As informações serão obtidas diretamente na empresa, por meio da análise documental de

registros operacionais e levantamento dos materiais utilizados. Essa abordagem possibilita compreender os impactos ambientais gerados pelos insumos utilizados.

De acordo com Vergara (2000), a pesquisa bibliográfica fundamenta-se em fontes secundárias, como artigos científicos e livros, sendo amplamente utilizada em estudos exploratórios e na análise de diferentes posicionamentos sobre um problema. Considerando que o presente trabalho tem como objetivo levantar, analisar e discutir os conceitos, práticas e impactos relacionados ao tema proposto, a pesquisa bibliográfica mostra-se adequada, pois permite embasamento teórico consistente e a compreensão das diversas abordagens já existentes na literatura.

O universo da pesquisa abrange as empresas que realizam processos de galvanização e cromagem em metais. A amostra foi composta por uma empresa do setor, selecionada de forma intencional típica, em função da sua atuação destacada nesse tipo de processo e da disponibilidade de dados e acesso ao processo produtivo para fins de análise. Reconhece-se, contudo, que essa amostra impõe limitações à generalização dos resultados, uma vez que os achados refletem as especificidades dessa empresa. Portanto, destaca-se a necessidade de que estudos futuros incluam um número maior de empresas, possibilitando análises comparativas e ampliando a validade e a robustez das conclusões obtidas.

A coleta de dados incluiu o levantamento dos principais insumos aplicados nos diferentes banhos utilizados no tratamento superficial. A identificação desses compostos foi realizada por meio da análise documental e de registros fornecidos pela empresa. Em seguida, foi realizada uma investigação sobre a classificação GHS e os riscos toxicológicos de cada substância, com base nas Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ). Esses dados foram organizados em uma tabela, permitindo a comparação entre o grau de toxicidade de cada um. Além disso, foi construído um gráfico para ilustrar a toxicidade dos principais compostos e o potencial de contaminação ambiental, com base nas características químicas dos materiais. Também foram realizadas buscas em artigos científicos para identificar estudos similares e possíveis alternativas menos agressivas ao meio ambiente. Esses dados foram analisados qualitativamente com base no método de análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (2016), o que possibilitou a identificação de padrões e relações entre os insumos utilizados e os riscos associados aos processos produtivos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através do estudo de campo realizado em uma empresa do setor foi possível identificar os principais compostos utilizados nos processos de galvanização e cromagem e realizar uma análise para avaliar os impactos ambientais e os potenciais danos à saúde humana decorrentes desses insumos. A classificação foi baseada no Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), desenvolvido pela Organização das Nações Unidas (ONU), que estabelece critérios padronizados para identificar os perigos físicos, à saúde humana e ao meio ambiente de substâncias químicas. A Tabela 1 apresenta os compostos utilizados, suas respectivas classificações GHS e os principais riscos associados. As informações foram obtidas a partir de Fichas de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) de fabricantes e distribuidores reconhecidos, Labsynth, Cosmoquímica e Cap-Lab (2022).

Tabela 1 - Classificação GHS e Toxicidade dos Compostos

Composto	Classificação GHS	Toxicidade / Riscos
Ácido Clorídrico	Corrosivo (Skin Corr. 1B, Eye Dam. 1, STOT SE 3)	Provoca queimaduras severas na pele e olhos; irritação respiratória
Soda Cáustica	Corrosivo (Skin Corr. 1B), Tóxico oral (Cat. 3), Dérmico (Cat. 4), Aquático (Cat. 3)	Queimaduras severas, reações alérgicas, nocivo ao meio aquático
Óxido de Zinco	Perigoso ao ambiente aquático (Aquatic Acute 1, Chronic 1)	Tóxico para organismos aquáticos, com efeitos de longa duração
Carbonato de Sódio	Irritante (Eye Irrit. 2)	Irritação ocular moderada
Cianeto de Cobre	Tóxico agudo (Oral Cat. 2), Ambiental (Aquatic Acute 1)	Altamente tóxico se ingerido; muito perigoso para o meio ambiente aquático
Sulfato de Cobre	Tóxico agudo (Oral Cat. 4), Ambiental (Aquatic Acute 1, Chronic 1)	Irritação ocular e cutânea; muito tóxico para organismos aquáticos
Sulfato de Níquel	Cancerígeno (Carc. 1A), Sensibilizante respiratório e dérmico	Pode causar câncer; sensibilização respiratória e da pele
Cloreto de Níquel	Cancerígeno (Carc. 1A), Mutagênico (Muta. 2), Tóxico reprodutivo (Repr. 1B)	Riscos graves à saúde humana; efeitos reprodutivos e genéticos
Ácido Crômico	Corrosivo (Skin Corr. 1A), Cancerígeno (Carc. 1B), Ambiental (Aquatic Acute 1)	Altamente corrosivo, cancerígeno, muito tóxico ao meio ambiente aquático

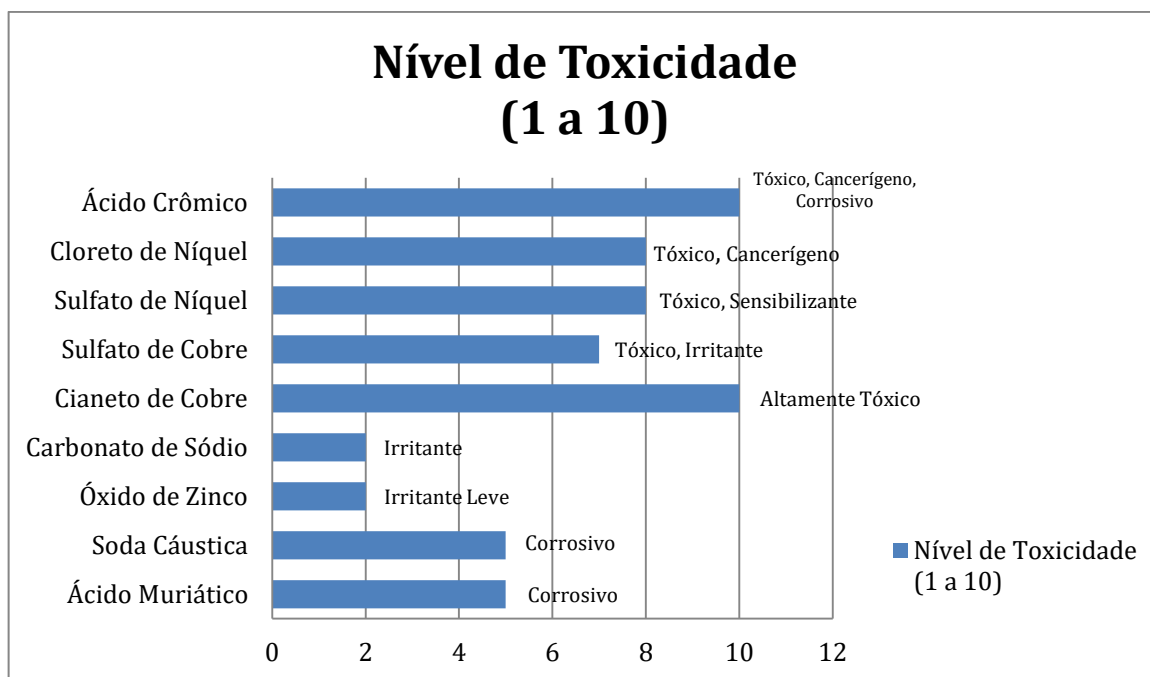
Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Essa identificação permitiu compreender que os processos de galvanização e cromagem, embora essenciais para a proteção anticorrosiva e a durabilidade de peças metálicas, representam riscos significativos quando não há controle adequado. Compostos como o ácido crômico e os sais de níquel, por exemplo, oferecem riscos severos tanto à saúde dos trabalhadores quanto ao meio ambiente. A manipulação incorreta ou o descarte inadequado desses produtos pode resultar em queimaduras químicas, contaminação do solo e da água, além de bioacumulação em organismos aquáticos.

Os resultados obtidos são compatíveis com os encontrados de Silva et al. (2021), que destacaram concentrações elevadas de metais-traço em efluentes galvânicos no Nordeste brasileiro, revelando ineficiências nos sistemas de tratamento. Guimarães (2014) reforça que os efluentes provenientes desses processos apresentam turbidez elevada e elevada carga de metais pesados, o que exige tratamento especializado para cumprimento da legislação ambiental.

Além da análise qualitativa das FISPQs, foi elaborado o Gráfico 1, que possibilita uma visualização comparativa da toxicidade dos compostos utilizados. A comparação evidencia que determinados insumos exigem um controle muito mais rigoroso por apresentarem riscos elevados em múltiplas categorias de perigo (corrosivo, cancerígeno, tóxico reprodutivo e ambiental).

Gráfico 1 - Nível de Toxicidade



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Além da análise dos compostos utilizados nos processos de galvanização e cromagem, foi realizada uma investigação sobre alternativas tecnológicas mais sustentáveis que vêm sendo estudadas ou aplicadas no setor industrial. Dentre essas alternativas, destacam-se os revestimentos nanocerâmicos à base de óxido de zircônio, que têm se mostrado promissores na substituição do cromo hexavalente, conforme apontado por Dietrich (2019).

Outra alternativa relevante é o uso de cromo trivalente (Cr^{3+}) em substituição ao cromo hexavalente (Cr^{6+}), que apresenta menor toxicidade e menor risco ambiental. Essa substituição tem sido incentivada por estudos que destacam os riscos ocupacionais e ambientais do Cr^{6+} e propõem tecnologias mais seguras para o tratamento de superfícies metálicas (Silva, Elexandre da et al, 2008).

Além disso, técnicas como a eletrocoagulação, a adsorção com biomateriais (como cinza de casca de arroz) e a redução química com peróxido de hidrogênio têm sido estudadas para o tratamento de efluentes galvânicos contendo cromo hexavalente, com resultados promissores na remoção de metais pesados (Oliveira, Jacqueline de, 2021).

Para facilitar a comparação entre os compostos tradicionais e suas alternativas sustentáveis, foi elaborada a Tabela 2, que apresenta as principais vantagens e limitações de cada alternativa:

Tabela 2 – Comparativo entre compostos tradicionais e alternativas sustentáveis

Composto Tradicional	Alternativa Sustentável	Vantagens Ambientais	Desvantagens / Desafios Técnicos
Ácido Crômico (Cr ⁶⁺)	Cromo Trivalente (Cr ³⁺)	Menor toxicidade e risco ambiental	Adesão e resistência ainda limitadas
Sulfato de Níquel	Revestimento cerâmico	Não cancerígeno, menor impacto	Custo e adaptação de processo
Soda Cáustica	Soluções alcalinas naturais	Menor risco à saúde e ao ambiente	Eficiência variável

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Por fim, ressalta-se que a gestão ambiental eficaz vai além do cumprimento legal, exigindo uma postura proativa de responsabilidade socioambiental. Isso inclui a capacitação contínua dos trabalhadores, a transparência com a comunidade local e o investimento em inovação ambiental como diferencial competitivo.

5. CONCLUSÕES

O estudo conclui que o processo de revestimento metálico, amplamente empregado para proteger componentes industriais contra a oxidação, gera impactos ambientais significativos. Esses impactos ocorrem principalmente quando os resíduos gerados são descartados de forma inadequada.

Através do estudo de campo, foi possível identificar os impactos provenientes dos insumos utilizados e com os dados coletados, confirmou-se a importância da adoção de práticas mais sustentáveis por cada empresa, a substituição de compostos tóxicos por alternativas menos agressivas e o reaproveitamento destes.

Destaca-se como limitação deste estudo a restrição de tempo disponível para a realização de coleta de dados primários em campo, o que poderia ter contribuído para uma compreensão mais precisa da realidade das indústrias brasileiras. Para pesquisas futuras, recomenda-se uma investigação mais aprofundada sobre a viabilidade técnica e econômica de alternativas sustentáveis de revestimento. Sugere-se também a realização de estudos de caso em empresas que adotam práticas ambientalmente responsáveis, bem como análises regionais

que considerem as particularidades econômicas e logísticas de diferentes setores industriais. Além disso, o desenvolvimento de novas tecnologias de revestimento com menor impacto ambiental configura-se como uma área promissora para o aprofundamento.

Dessa forma, os principais impactos gerados por essa prática incluem a contaminação do solo e dos recursos hídricos, além da bioacumulação de substâncias tóxicas em organismos aquáticos. Conclui-se, portanto, que a sustentabilidade do setor está diretamente ligada a uma gestão ecológica eficiente, acompanhada da implementação de políticas e práticas adequadas que reduzam os danos ao meio ambiente.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à nossa orientadora, Professora Sheila Leal Oliveira Loureiro, pela orientação, disponibilidade e valiosas contribuições durante todas as etapas deste trabalho.

À empresa estudada, pela disponibilidade de acesso às informações necessárias para o desenvolvimento do estudo de caso, bem como pela colaboração durante a coleta de dados.

E aos nossos familiares, pelo apoio durante esse processo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTONETTI, E. et al. Análise dos processos de cromagem, niquelagem, zincagem e estanhagem. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2021. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/232695/001134016.pdf?sequence=1>. Acesso em: 21 abr. 2025.

ARAÚJO, Valéria Silva de; SANTOS, Maria de Lourdes Florencio. Galvanoplastia com cromo: diagnóstico das condições ambientais e ocupacionais em pequenas empresas. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5389>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001:2015 — Sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT,

2015.

BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, Sérgio Silveira de. *Galvanoplastia: controle ambiental no Brasil e na Alemanha, suas bases legais e tecnológicas*. 2016. 135 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Paraná, Universidade Stuttgart, SENAI Paraná, Curitiba, 2016.

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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

CAP-LAB. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Ácido Clorídrico 0,1N. São Paulo: Cap-Lab, 01 abr. 2022. Disponível em: <https://cap-lab.com.br/pdf-fispqs/Acido%20Cloridrico%2001N.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.

CARDANO, Mario. *Manual de pesquisa qualitativa. A contribuição da teoria da argumentação*. Tradução: Elisabeth da Rosa Conill. Petrópolis, Rio de Janeiro: Editora Vozes, 2017.

CESÁRIO, Jonas Magno dos Santos. Et al. Metodologia científica: Principais tipos de pesquisas e suas características. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 05, Ed. 11, Vol. 05, pp. 23-33. Novembro de 2020. ISSN: 2448-0959

COSMOQUÍMICA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Carbonato de Sódio. FISPQ-890, Revisão 1. São Paulo: Cosmoquímica, 01 dez. 2022. Disponível em: <https://cosmoquimica.com.br/wp-content/uploads/2022/12/FISPQ890-GHS-CARBONATO-DE-SODIO.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.

CROMAGEM PINHEIRO. *Antes e depois 5*, 2013. Disponível em: <http://www.cromagempinheiro.pt/antes-e-depois-5/>. Acesso em: 30 maio 2025.

DIETRICH, Maria Julia. Avaliação de revestimento nanocerâmico como alternativa ao

cromatizante em arames de aço galvanizado. 2019. 68 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/200417>. Acesso em: 20 maio 2025.

GHS – Global Health & Safety. GHS – Soluções em saúde global. Disponível em: <https://ghs-sga.com/?lang=pt-br>. Acesso em: 18 maio 2025.

GIL, Antônio Carlos. Como classificar as pesquisas. Como elaborar projetos de pesquisa, v. 4, p. 44-45, 2002.

GONZAGA, V. F. dos S. et al. Gestão, certificação e auditoria ambiental: análise em uma empresa no segmento de galvanoplastia. In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 17., 2014, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: FEA/USP, 2014. Disponível em: <https://engemausp.submissao.com.br/17/anais/arquivos/19.pdf>. Acesso em: 20 maio 2025.

GUIMARÃES, M. F. Tratamento de efluentes de galvanoplastia utilizando método de precipitação química. 2014. 61 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014. Disponível em: <https://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/8302>. Acesso em: 22 abr. 2025.

KERN, Vinícius M. et al. A redução ao sistema como operação epistêmica na pesquisa descritiva e explicativa em ciência da informação. 2016.

KUBIAKI, Bruna Taborda. Análise da influência dos parâmetros de processo de eletrodeposição na geração de destacamento em camada de cromo duro funcional. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) — Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2017.

LABSYNTH PRODUTOS PARA LABORATÓRIOS LTDA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Ácido Clorídrico. Diadema: Labsynth, 01 jul. 2022. Disponível em: <https://www.labsynth.com.br/fispq/FISPQ-%20Acido%20Cloridrico.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.

LABSYNTH PRODUTOS PARA LABORATÓRIOS LTDA. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos: Óxido de Zinco. Diadema: Labsynth, 09 ago. 2022. Disponível em: <https://www.labsynth.com.br/fispq/FISPQ-%20Oxido%20de%20Zinco.pdf>.

Acesso em: 18 maio 2025

LADEIRA, Ana Claudia Queiroz; PEREIRA, Dimitri Bruno Alves. Avaliação do potencial poluidor da indústria galvânica: caracterização, classificação e destinação de resíduos. *REM: Revista Escola de Minas*, Ouro Preto, v. 61, n. 3, p. 385-390, jul./set. 2008.

MATTOS, Cleiton dos Santos. Geração de resíduos sólidos de galvanoplastia em regiões densamente povoadas: avaliação, inertização e destinação. 2011. 178 f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais) — Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-04082011-095306/pt-br.php>. Acesso em: 29 maio 2025.

NORONHA, D. P.; FERREIRA, S. M. S. P. Revisões da Literatura In: Campello, B.S., Cendón, B.v. e Kremer, J.M. Fontes de Informação para Pesquisadores e Profissionais. Belo Horizonte: Ed. UFMG, p. 191-198, 2000.

OLIVEIRA, Jacqueline de. Avaliação de métodos para remoção do cromo hexavalente em águas industriais. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade São Francisco, Campinas, 2021. Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2968.pdf>. Acesso em: 19 maio 2025.

PEREIRA, Lauro Charlet; TOCCHETTO, Marta Regina Lopes. Percepção de impactos e desempenho ambiental na atividade galvânica: estudo de caso. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 2., 2004, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS), 2004. p. 1–10. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1077679/1/2004SP86PereiraPercepcao15739.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2025.

RICHIT, Tiago Junior; JAPPUR, Rafael Feyh. Aplicação da produção mais limpa na gestão de efluentes de uma indústria do segmento metal mecânico. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO (ENSUS), 4., 2016, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 2016. p. 798-809. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/222471>. Acesso em: 7 abr. 2025.

SABARÁ QUÍMICOS E INGREDIENTES S/A. Ficha de Informações de Segurança de

Produtos Químicos: Soda Cáustica. FISPQ-003, Revisão 15. Anápolis: Sabará Químicos e Ingredientes, 31 ago. 2021. Disponível em: <https://www.sabaraquimicos.com/download/FISPQ/FISPQ%20-%200003%20-%20SODA%20CAUSTICA.pdf>. Acesso em: 18 maio 2025.

SILVA, D. C. da et al. Panorama das indústrias galvânicas de Juazeiro do Norte, Ceará: com ênfase nos teores de metais-traço nos efluentes e resíduos sólidos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 26, n. 6, p. 1111-1121, nov./dez. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/5SbYKGqHpWWTxDX5Mjs8YRc>. Acesso em: 21 abr. 2025.

SILVA, Elexandre da et al. Propostas à prevenção de riscos ambientais relacionados ao tratamento de superfície com cromatos. *Cadernos UniFOA*, v. 3, n. 8, p. 47–54, 2008. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/1196>. Acesso em: 19 maio 2025.

SOUSA, A. S. de et al. Estudo de caso em uma indústria de tubos: aplicação do método GAIA para avaliação de aspectos e impactos ambientais. *Revista Produção Online*, v. 7, n. 2, p. 1-21, 2007. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/92>. Acesso em: 21 maio 2025.

THEODORO, Paulo Sérgio. Utilização da eletrocoagulação no tratamento de efluentes da indústria galvânica. 2010. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2010. Disponível em: <https://tede.unioeste.br/handle/tede/1891>. Acesso em: 20 maio 2025.

TOCCHETTO, M. R. L.; PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, A. L. Gerenciamento ambiental em galvânica a fogo: estudo de caso. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 1 CD-ROM. Trabalho apresentado no 2º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2006. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1026225/1/2006AA021.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2025.

VARRES, João Vinícius de Souza; FERREIRA, Jane Zoppas. REVESTIMENTO NANOCERÂMICO EM ARAMES AGROPECUÁRIOS COMO PROTEÇÃO ANTICORROSIVA, p. 2565-2576. In: 74º Congresso Anual da ABM, São Paulo, 2019.

VERGARA, Sylvia C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.