

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA
SOUZA**

ETEC FERNANDO PRESTES

Técnico em Qualidade

Gisele Cristina Barbosa

Karina Melo Olívio

Larissa da Silva Forato

Luan da Silva Freitas

Luiz Ricardo Nascimento

Luiza Ross de Oliveira

Marcel Calvo Ocea Santos

Maria Eduarda Santos Sendrete

Wagner Garcia de Moraes

**IMPLEMENTAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE QUALIDADE NO
PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO ELETROLÍTICA**

Sorocaba

2026

Gisele Cristina Barbosa
Karina Melo Olívio
Larissa da Silva Forato
Luan da Silva Freitas
Luiz Ricardo Nascimento
Luiza Ross de Oliveira
Marcel Calvo Ocea Santos
Maria Eduarda Santos Sendrete
Wagner Garcia de Moraes

IMPLEMENTAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE QUALIDADE NO PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO ELETROLÍTICA

Projeto apresentado ao Curso Técnico em Qualidade da Instituição Etec Fernando Prestes, orientado pelo professor Claudinei Meira, como requisito parcial para obtenção do título de técnico em qualidade.

Sorocaba

2026

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1. O QUE É GALVANIZAÇÃO?.....	2
1.1 AUMENTO DO MERCADO DE TRABALHO NO RAMO GALVANIZAÇÃO	4
2. O QUE SÃO PROCESSOS E POP?.....	5
3. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO	6
4. PROCESSO ELETROLÍTICA.....	7
5. DEFEITOS SUPERFICIAIS RELACIONADOS ÀS ETAPAS DO PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO	8
5.1 A CAMADA INIBIDORA E O DROSS.....	9
6. FALHAS NO PROCESSO DE ZINCAGEM E SEUS IMPACTOS NA DURABILIDADE DO PRODUTO.....	10
7. RETRABALHO DE PEÇAS E CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO NA REDUÇÃO DE FALHAS NA GALVANIZAÇÃO	10
8. A IMPORTÂNCIA DA RASTREABILIDADE NO CONTROLE DE QUALIDADE DA GALVANIZAÇÃO	12
9. ESTUDOS SOBRE MELHORIAS NO SETOR	13
10. ESTUDO DE CASO DA EMPRESA: FREY ZINCO	14
10.1 PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO DA EMPRESA: FREY ZINCO	15
REFERÊNCIAS	18

INTRODUÇÃO

A ausência de procedimentos bem definidos no processo produtivo de galvanização contribui para a ocorrência de retrabalho nas peças, pois favorece variações na execução das atividades. A galvanização é um processo utilizado para proteger metais, como o ferro e o aço, contra a corrosão. Esse processo consiste em aplicar uma camada de zinco sobre o metal, evitando que ele enferruje com o tempo, ela possui grande importância para a sociedade, pois aumenta a durabilidade dos materiais. Estruturas galvanizadas conseguem resistir por muitos anos mesmo quando expostas à chuva, ao sol e à poluição. Porém, esse ramo sofre alguns problemas que serão citados ao longo deste trabalho.

Como hipótese a implementação de procedimentos padronizados no processo de galvanização, pode melhorar a qualidade dos revestimentos, diminuindo os retrabalhos e desperdícios.

O objetivo geral é criar e implementar Procedimentos Operacionais Padrão (POP) para padronizar e garantir o fluxo correto no processo de galvanização, visando a melhoria da qualidade das peças. Para alcançar esse propósito, serão desenvolvidos objetivos específicos que incluem a identificação das principais causas de defeitos tais como: analisar os pontos críticos onde ocorrem falhas operacionais; propor melhorias baseadas na padronização das atividades; implementar os Procedimentos Operacionais Padrão (POP) no setor; acompanhar a aplicação dos procedimentos no dia a dia; avaliar os resultados após a implementação considerando qualidade e produtividade; realizar treinamento dos colaboradores para garantir o cumprimento dos padrões definidos.

Este trabalho busca contribuir para a otimização do processo produtivo, visando a melhoria contínua no ramo de galvanização.

A importância da galvanização dentro da indústria metalúrgica e pelos impactos que falhas nesse processo podem gerar. A ausência de padronização nas etapas produtivas pode resultar em defeitos nas peças, retrabalhos e aumento de custos, além de comprometer a qualidade final do produto.

Diante disso, torna-se necessário buscar formas de melhorar o controle do processo, garantindo maior eficiência e confiabilidade. A implementação de Procedimentos Operacionais Padrão (POP) surge como uma alternativa viável para organizar as atividades, reduzir variações e contribuir para a melhoria contínua do setor.

Além disso, o estudo também é relevante por contribuir diretamente com o ambiente produtivo, trazendo benefícios práticos como redução de desperdícios, aumento da produtividade e maior segurança nas operações.

1. O QUE É GALVANIZAÇÃO?

A galvanização é um processo industrial crucial que tem como objetivo proteger superfícies metálicas, especialmente aquelas feitas de ligas ferrosas. Este método envolve a aplicação de uma camada de um metal distinto, normalmente zinco, sobre o metal base, criando uma barreira protetora contra agentes corrosivos (ANDRADE; ZIMMER, 2021).

Desenvolvida para aumentar a vida útil dos materiais metálicos, a galvanização melhora sua resistência à corrosão e diminui a necessidade de substituições frequentes. Adicionalmente, essa técnica favorece a sustentabilidade ao reduzir o consumo de recursos naturais e a produção de resíduos industriais (GENTIL, 2011). Na prática, esse método tem demonstrado uma redução significativa dos efeitos da corrosão em estruturas metálicas e é amplamente adotado nos setores da construção civil, automobilístico e industrial (ANDRADE; ZIMMER, 2021).

Outro ponto relevante é o impacto econômico e social da galvanização. A adoção deste processo gera economias ao longo do tempo devido à maior durabilidade dos materiais e contribui para o aumento do emprego direto e indireto nas empresas dos setores metalúrgico e industrial. Assim, a galvanização se tornou uma tecnologia essencial para vários segmentos produtivos, ajudando na preservação dos materiais metálicos e promovendo o desenvolvimento sustentável (GENTIL, 2011).

Segundo o Instituto de Zinco do Brasil (ICZ), a galvanização é um processo metalúrgico que integra múltiplas disciplinas técnicas, incluindo ciência dos materiais,

engenharia de superfícies, produção metalúrgica e normalização técnica. Conforme essa instituição, o setor consolida-se como estratégico porque aproximadamente 50% do zinco consumido anualmente no mundo é destinado especificamente à galvanização para proteção anticorrosiva do aço, representando cerca de 5,5 milhões de toneladas anuais. De acordo com a American Galvanizers Association, o processo de galvanização por imersão a quente exige controle técnico rigoroso em múltiplas etapas: preparação superficial, desengraxe químico, decapagem ácida, fluxagem, imersão em zinco fundido a aproximadamente 840°C, resfriamento controlado e passivação. Essa técnica consolida a galvanização como um campo especializado que demanda profissionais com conhecimento profundo de metalurgia, química de superfícies e engenharia de processos. Conforme o Instituto de Zinco do Brasil, a importância normativa do ramo aparece na necessidade de especificação conforme ABNT NBR 6323:2016, com controle de qualidade através das normas ABNT NBR 7397 (massa), ABNT NBR 7398 (aderência), ABNT NBR 7399 (espessura) e ABNT NBR 7400 (uniformidade). De acordo com essa instituição, essa estrutura normativa reflete o reconhecimento da galvanização como tecnologia crítica para a durabilidade de estruturas em ambientes agressivos.

Segundo o estudo IMPACT da NACE International (National Association of Corrosion Engineers), a corrosão representa um custo econômico de aproximadamente US\$ 2,5 trilhões anuais para a sociedade global, equivalente a 3,1% do Produto Interno Bruto mundial. Conforme essa mesma fonte, a galvanização reduz significativamente esse custo porque aumenta a vida útil do aço em períodos que podem exceder 50 anos em ambientes moderados, eliminando a necessidade de manutenção e repintura a cada 5 anos. De acordo com o Instituto de Zinco do Brasil, as aplicações sociais da galvanização são amplas e críticas: silos de armazenamento de grãos, tanques de água e combustível, passarelas e pontes de pedestres, torres eólicas para energia renovável, estruturas de 2 telecomunicações e componentes de sistemas de saneamento. Segundo essa fonte, em concreto armado em ambientes marinhos ou com alta concentração de cloretos, o vergalhão galvanizado pode ser 2,5 vezes mais tolerante a cloretos que o sem proteção, contribuindo diretamente para a segurança estrutural. Conforme a European Galvanizers Association (EGGA), na construção sustentável, o aço galvanizado favorece economia circular porque pode

ser reutilizado após desmontagem, regalvanizado para restaurar proteção, e reciclado mantendo o zinco integrado ao ciclo material. De acordo com essa organização, essa capacidade de reuso reduz a demanda por matérias-primas virgens e minimiza o impacto ambiental ao longo do ciclo de vida do produto.

1.1 AUMENTO DO MERCADO DE TRABALHO NO RAMO GALVANIZAÇÃO

A expansão acelerada da construção civil e da indústria automobilística nas últimas décadas, intensificou a demanda por mão de obra especializada em tratamentos de superfície.

No cenário, avanço da galvanização industrial não apenas responde a exigências técnicas crescentes, como também se configura como importante gerador de oportunidades de trabalho, fortalecendo o mercado de trabalho em toda a cadeia metalmeccânica (PORTAL DA GALVANIZAÇÃO, 2025). Atualmente, o segmento emprega milhares de profissionais e apresenta trajetória consistente de crescimento. Contudo, a incorporação de novas tecnologias e a automação das linhas de produção redefiniram o perfil exigido pelo mercado.

A experiência prática, antes suficiente, hoje precisa ser complementada por competências formais em controle de qualidade, interpretação de normas técnicas, segurança do trabalho e operação de equipamentos com controle numérico. Dessa maneira, a formação técnica deixou de ser um diferencial e passou a constituir requisito básico para admissão e progressão na carreira. A aplicabilidade da galvanização em setores diversos desde estruturas metálicas pesadas até componentes de precisão impõe às indústrias a busca contínua por processos mais eficientes, sustentáveis e padronizados. Tal exigência requer equipes multidisciplinares, capazes de assimilar rapidamente inovações, cumprir metas rigorosas de produtividade e adequar-se às atualizações normativas nacionais e internacionais. Por essa razão, o investimento sistemático em capacitação, cursos técnicos e programas de aperfeiçoamento profissional apresenta-se como a estratégia mais eficaz para garantir empregabilidade.

A qualificação não apenas potencializa a trajetória individual do trabalhador, como também eleva os indicadores de competitividade, qualidade e inovação das

empresas do setor metalúrgico. Conclui-se, portanto, que a formação contínua é fator determinante para ampliar oportunidades no ramo da galvanização, promovendo simultaneamente o crescimento organizacional e o desenvolvimento profissional. Aspectos metodológicos da remuneração no que tange à remuneração, o salário da função de galvanizador foi estabelecido a partir do estudo de 5.339 admissões formalizadas em empresas de todas as regiões do Brasil durante o ano de 2026.

Os resultados indicam que a categoria apresentou reajuste salarial médio de 5,90%, podendo haver variações conforme a região, os acordos coletivos e as condições do mercado de trabalho (DISSÍDIO, 2026).

Esses instrumentos coletivos, foram aplicáveis aos trabalhadores de tratamento de superfícies de metais e de compósitos (termoquímicos), incluindo acordos, convenções coletivas e dissídios registrados no Sistema Mediador. Gerido pela Secretaria de Previdência e Trabalho do Ministério da Economia, o Sistema Mediador é a plataforma oficial responsável pelo registro, armazenamento e divulgação dos acordos e convenções coletivas de trabalho vigentes no país.

Nesse contexto, a remuneração dos profissionais também pode variar de acordo com fatores como qualificação, experiência, segmento da empresa, localização geográfica e políticas internas de cargos e salários, evidenciando a importância da capacitação profissional para a valorização e o crescimento na carreira.

“De acordo com Andrade e Zimmer (2021), a galvanização é uma técnica industrial que consiste em revestir ligas ferrosas com zinco para aumentar a resistência à corrosão em componentes metálicos.”

2. O QUE SÃO PROCESSOS E POP?

No ambiente empresarial, os processos possuem grande importância, pois permitem que as tarefas sejam executadas de forma organizada, padronizada e eficiente. Cada etapa possui uma função específica e depende da integração entre diferentes áreas da organização para alcançar os resultados esperados. Dessa maneira, os processos contribuem para o aumento da produtividade, melhoria da qualidade e redução de falhas e desperdícios.

Os processos organizacionais podem ser definidos como um conjunto de atividades estruturadas e realizadas de maneira sequencial com o objetivo de transformar recursos, informações e matérias-primas em produtos ou serviços que agreguem valor ao cliente e contribuam para os objetivos da empresa. Esses processos estão presentes em todos os setores organizacionais, desde as atividades administrativas até a produção e o atendimento ao consumidor (HOLMES, [s.d.]).

Dessa forma, a gestão de processos auxilia na redução de erros e desperdícios, além de contribuir para a melhoria do desempenho organizacional e da qualidade das atividades realizadas (DOS SANTOS; DE MORAIS, 2015).

Já o POP (Procedimento Operacional Padrão) é um documento que padroniza tarefas e processos de uma empresa, garantindo que sejam realizados de forma uniforme e com qualidade. Ele reduz erros, facilita o controle das atividades e deve ser elaborado com participação e treinamento dos colaboradores. Os líderes dos setores são responsáveis pela manutenção dos POPs, enquanto a gerência acompanha e audita seu cumprimento.

A Metodologia Construtiva de POPs surgiu organicamente com a necessidade de padronização nos primórdios da administração científica para organizar, padronizar e digitalizar processos empresariais. O método permite criar e gerenciar POPs de forma centralizada, acompanhando a padronização em tempo real. Sua aplicação trouxe mais agilidade, qualidade e controle, alcançando 90% dos processos mapeados e padronizados, reduzindo falhas e retrabalhos e promovendo uma gestão mais eficiente e estratégica.

3. FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO

O fluxograma é uma ferramenta utilizada para representar graficamente as etapas de um processo, permitindo a visualização sequencial das atividades realizadas por meio de símbolos e setas. Sua finalidade é facilitar a compreensão do funcionamento das operações, desde o início até a conclusão do processo.

Além de organizar as informações de forma visual, o fluxograma auxilia na identificação de falhas, retrabalhos e pontos de melhoria, contribuindo para a padronização das atividades e para a otimização dos processos. Dessa forma, torna-

se uma importante ferramenta de gestão, amplamente utilizada em organizações para melhorar a comunicação, aumentar a eficiência operacional e apoiar a tomada de decisões. “Traçar os fluxos e os processos de trabalho, utilizando uma representação gráfica, possibilitando: a compreensão, a identificação dos nós críticos, o planejamento e a reorganização do processo de trabalho” Segundo Walid Yazigi (2024).

4. PROCESSO ELETROLÍTICA

Segundo Andara e Souza (2014), a galvanização eletrolítica ocorre por meio de uma sequência de banhos químicos, divididos em três fases principais: pré-tratamento, revestimento e passivação.

Na fase de pré-tratamento, inicialmente é realizado o desengraxe das peças utilizando solução de soda cáustica, com o objetivo de remover resíduos de óleo e impurezas superficiais. Em seguida, ocorre a decapagem, processo no qual as peças são imersas em solução de ácido muriático para eliminar óxidos, ferrugem, tintas e incrustações presentes na superfície metálica. Após essa etapa, as peças passam por enxágue em água para evitar contaminação nos banhos subsequentes.

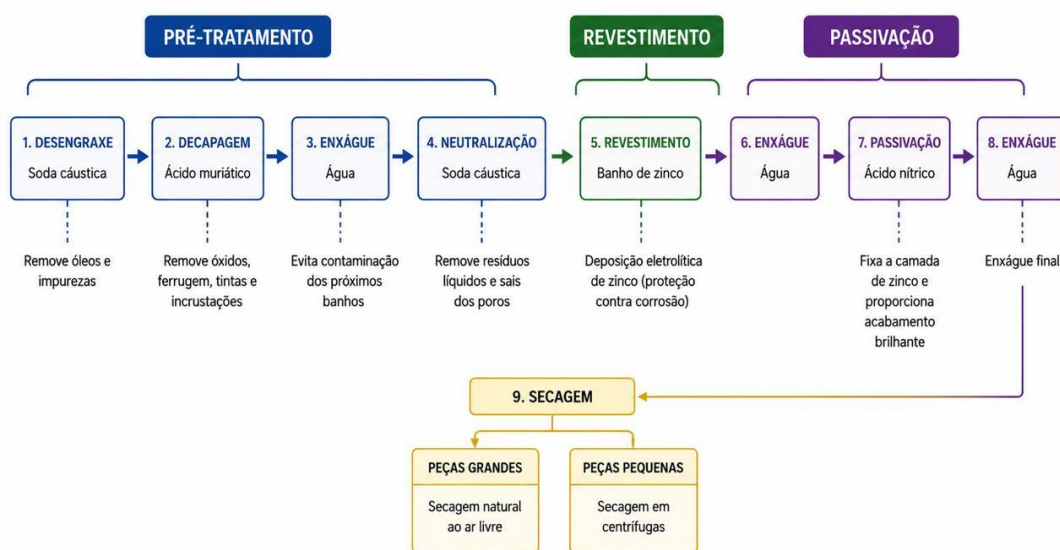
Posteriormente, é realizada a neutralização, considerada a última etapa do pré-tratamento. Sua finalidade é remover resíduos líquidos e sais presentes nos poros ou imperfeições das peças. Nessa operação são utilizados produtos de caráter levemente ácido ou alcalino, sendo empregado, neste caso, o hidróxido de sódio, conhecido como soda cáustica.

Concluído o pré-tratamento, inicia-se a etapa de revestimento, caracterizada pela deposição eletrolítica de zinco. Nesse processo, as peças permanecem submersas em banho de zinco por determinado período, promovendo maior proteção contra corrosão.

Após o revestimento, as peças passam novamente por enxágue e seguem para a etapa de passivação. Esse procedimento utiliza banho contendo ácido nítrico, cuja função é fixar a camada de zinco e proporcionar acabamento superficial com aspecto brilhante.

Finalizadas todas as etapas do processo, realiza-se um último enxágue antes da secagem das peças. As peças de maior dimensão secam naturalmente ao ar livre, enquanto as menores são secas em centrífugas, evitando que permaneçam aderidas umas às outras durante o processo.

Figura 1- Fluxograma do processo de galvanização de acordo com pesquisas realizadas.



Fonte: Autores com auxílio de inteligência artificial (ChatGPT).

5. DEFEITOS SUPERFICIAIS RELACIONADOS ÀS ETAPAS DO PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO

Segundo Saravanan e Srikanth (2018), os defeitos superficiais podem ser classificados como de grande ou pequena dimensão. Para que sejam considerados significativos e resultem na rejeição do material galvanizado, devem ser perceptíveis visualmente, considerando o limite aproximado de resolução do olho humano de 0,1 mm. Com base na origem dos defeitos observados nas superfícies galvanizadas por imersão a quente, estes podem ser agrupados em seis categorias, sendo elas:

1. Defeitos originados do substrato do aço;
2. Defeitos originados com a limpeza química do aço;

3. Defeitos originados do forno de recozimento;
4. Defeitos originados do banho de zinco;
5. Defeitos relacionados ao jato de ar;
6. Defeitos relacionados com a laminação do aço.

Este trabalho se propôs a analisar, avaliar e mensurar camada inibidora e o defeito conhecido como Dross. Este é um defeito originado do banho de zinco.

Na próxima seção serão discutidos os aspectos e relação entre a camada inibidora e o Dross.

5.1 A CAMADA INIBIDORA E O DROSS

De acordo Saravan & Srikanth (2018), Manhabosco (2017), Felix (2013), Felix et al. (2017) a fim de inibir as reações entre ferro - zinco e evitar a formação de camadas intermetálicas Fe - Zn espessas e com alto teor de ferro, devem ser adicionadas porcentagens de alumínio iguais ou superiores a 0,2% ao banho de zinco. Por questões de afinidade termodinâmicas ferro liga-se preferencialmente ao alumínio em detrimento ao zinco. Impedir a formação de camadas Fe - Zn espessas, faz-se necessário pois, estas são prejudiciais à aderência do revestimento de zinco ao substrato de aço (powdering), em especial devido à formação da fase intermetálica δ , fazendo com que o zinco se desprenda quando a chapa de aço passa pelo processo de conformação mecânica. Este desprendimento da camada de zinco faz, consequentemente, que o material perca a sua proteção contra a corrosão.

Muitas pesquisas vêm sendo conduzidas nos últimos anos no intuito de melhorar a resistência a corrosão sem que, para isso, seja necessário utilizar o artifício de um aumento excessivo da espessura da camada zincada. Além disso pesquisadores tem buscado explicações para fatos ainda pouco explorados sobre processo de galvanização, como por exemplo a cinética de formação das fases ferro zinco e os efeitos de adições de elementos de liga. Novas ligas zincadas com alumínio, tem sido objeto de numerosos estudos como por exemplo os casos dos revestimentos compostos de Zn-5%Al e Zn -55%Al. (Costa et al., 2021; Kania et al. 2020).

6. FALHAS NO PROCESSO DE ZINCAGEM E SEUS IMPACTOS NA DURABILIDADE DO PRODUTO

Entretanto, falhas durante a aplicação do revestimento podem comprometer a qualidade final da peça, reduzindo sua vida útil e causando prejuízos para as empresas e consumidores (GENTIL, 2011).

Entre as principais falhas no processo de zincagem está a preparação inadequada da superfície. A presença de óleo, ferrugem ou impurezas dificulta a aderência do zinco, provocando descascamento e exposição do metal à oxidação. Outra falha comum é a aplicação irregular do revestimento, que resulta em áreas com baixa espessura de zinco e menor proteção contra corrosão. (CHIAVERINI, 2005).

A contaminação do banho eletrolítico também pode afetar diretamente a qualidade do revestimento, causando manchas, superfícies ásperas e defeitos visuais. Além disso, a passivação incompleta reduz a resistência da peça à umidade, favorecendo o surgimento da chamada ferrugem branca (GENTIL, 2011). Em materiais de alta resistência, pode ocorrer ainda a fragilização por hidrogênio, fenômeno que pode gerar trincas e comprometer a resistência mecânica do produto. (ASM INTERNATIONAL, 1994).

Essas falhas impactam diretamente na durabilidade das peças zincadas. Componentes automotivos, parafusos, estruturas metálicas e equipamentos industriais podem sofrer corrosão precoce, perda de resistência e necessidade de manutenção antecipada. Como consequência, há aumento dos custos de produção, retrabalho e substituição de peças danificadas.

Dessa forma, torna-se fundamental o controle de qualidade em todas as etapas do processo de zincagem, incluindo limpeza da superfície, controle dos parâmetros do banho e inspeção final do revestimento. A realização adequada dessas etapas contribui para maior eficiência do processo e aumento da vida útil dos produtos metálicos. (CALLISTER, 2012).

7. RETRABALHO DE PEÇAS E CONTROLE DE QUALIDADE APLICADO NA REDUÇÃO DE FALHAS NA GALVANIZAÇÃO

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2018), o retrabalho está relacionado às atividades realizadas para “corrigir produtos que não estão em conformidade com as especificações, a fim de evitar desperdícios e reduzir custos de produção”.

Já para Corrêa e Corrêa (2017), o retrabalho é considerado uma perda operacional, pois indica falhas no processo produtivo, mas também pode ser uma alternativa para reaproveitamento de materiais e melhoria contínua da qualidade.

A qualidade possui papel fundamental no processo de galvanização, pois contribui diretamente para a redução de falhas, desperdícios e retrabalhos durante a produção. Quando todas as etapas do processo são acompanhadas e controladas corretamente, torna-se possível obter peças com melhor acabamento, maior resistência à corrosão e maior durabilidade (ISHIKAWA, 1993).

Dentro do processo de galvanização, alguns fatores precisam ser monitorados constantemente, como a limpeza das peças, a temperatura dos banhos químicos, o tempo de imersão e a espessura da camada de zinco aplicada. A ausência desse controle pode ocasionar problemas como manchas, falhas no revestimento, oxidação precoce e baixa aderência do zinco, gerando retrabalho e aumento dos custos produtivos (MONTGOMERY, 2013).

Nesse contexto, as ferramentas da qualidade tornam-se essenciais para melhorar a organização e o desempenho do processo. A utilização de Procedimentos Operacionais Padrão (POP), folhas de verificação, inspeções periódicas e fluxogramas permite que as atividades sejam executadas de forma padronizada e mais eficiente. Assim, os colaboradores seguem um mesmo padrão de execução, reduzindo erros operacionais e aumentando a confiabilidade do processo (CAMPOS, 2004).

Além disso, o acompanhamento contínuo das operações facilita a identificação rápida de possíveis falhas, permitindo a aplicação de ações corretivas antes que grandes quantidades de peças sejam comprometidas. Como resultado, há redução no desperdício de matéria-prima, diminuição do retrabalho e aumento da produtividade (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2018).

Outro aspecto importante é a capacitação dos colaboradores. Profissionais treinados conseguem compreender melhor os procedimentos e executar suas atividades com mais precisão e segurança. A qualificação da equipe também fortalece

o comprometimento com a qualidade e contribui para a melhoria contínua do ambiente produtivo (CAMPOS, 2004).

Portanto, o controle de qualidade na galvanização não deve ser visto apenas como uma forma de identificar defeitos, mas principalmente como uma estratégia preventiva para evitar falhas e aperfeiçoar continuamente o processo produtivo. A padronização das atividades e o monitoramento constante das etapas de produção tornam o processo mais eficiente, reduzem custos e aumentam a confiabilidade dos produtos fornecidos pela empresa (ISHIKAWA, 1993).

8. A IMPORTÂNCIA DA RASTREABILIDADE NO CONTROLE DE QUALIDADE DA GALVANIZAÇÃO

A base dos sistemas de rastreabilidade é a identificação do produto, nesse contexto, segundo Ramalho, et al. (2020), amplas gamas de tecnologias podem ser empregadas para garantir a rastreabilidade do produto como: marcações no próprio produto utilizando punções, canetas elétricas, etiquetas ou mesmo através de documentos e adesivos contendo código de barras, QR codes e tecnologia RFID (ondas de rádio para identificar automaticamente pessoas e objetos), tornando cada item (produto) único e exclusivo.

As principais vantagens de um sistema de rastreabilidade são:

- Promover identificação para evitar mistura de lotes e produtos similares;
- Ter a capacidade de apurar em qual etapa do processamento ocorreram erros (não conformidade);
- Criar um banco de dados local para cada setor responsável pelas etapas de processamento e manufatura, com o intuito de possibilitar uma análise mais profunda e precisa de cada produto e respectivas incidências ou reincidências de não conformidades.
- Interface Tecnológica.
- Para se criar um plano de ação, utilizando a ferramenta da qualidade chamada: 5W2H.
- Possibilitar a aplicação de logística reversa do produto dentro dos domínios da organização para se entender melhor o fator que causa o erro.

9. ESTUDOS SOBRE MELHORIAS NO SETOR

O processo de galvanização é amplamente utilizado na indústria metalúrgica para proteção de superfícies metálicas contra corrosão e desgaste, contribuindo para o aumento da durabilidade dos materiais. Para garantir eficiência produtiva e qualidade no acabamento das peças, torna-se necessário investir em melhorias contínuas no setor de galvanização, envolvendo controle operacional, manutenção dos equipamentos e monitoramento dos processos químicos.

Segundo Wiercinski (2015), o processo de galvanoplastia exige controle adequado das etapas de limpeza, desengraxe e preparação das peças metálicas, pois essas fases influenciam diretamente na qualidade do revestimento e na eficiência do processo produtivo.

Além disso, o controle dos banhos químicos e da corrente elétrica é essencial para garantir uniformidade na deposição metálica e redução de desperdícios. O estudo destaca que a falta de controle operacional pode ocasionar aumento de retrabalho, consumo excessivo de matéria-prima e perdas produtivas no ambiente industrial.

Para garantir bons resultados, o processo exige melhorias constantes no controle operacional, na manutenção de equipamentos e no monitoramento dos banhos químicos. A qualidade do revestimento depende diretamente da preparação da superfície. “A preparação da superfície é uma das etapas mais importantes do processo galvânico” (WIERCINSKI, 2015, p. 12). Além disso, é preciso controlar com precisão a composição química dos banhos e a corrente elétrica usada na deposição. Sem esse controle, a camada fica irregular, o consumo de matéria-prima aumenta e o índice de retrabalho sobe, gerando prejuízos e perda de produtividade na indústria.

A padronização também é uma das principais estratégias de melhoria no setor de galvanização. Ela permite maior controle operacional, reduz falhas e eleva a qualidade dos revestimentos metálicos. Com procedimentos padronizados, cada etapa produtiva segue critérios definidos, o que garante uniformidade no acabamento das peças e aumenta a eficiência industrial. Munguia Rojas et al. (1994) destacam

que padronizar o circuito operatório na galvanoplastia amplia o controle sobre a produção e melhora a qualidade do revestimento.

Além de organizar a produção, a padronização facilita a implantação de sistemas de qualidade e de automação industrial. Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) tornam o ambiente mais seguro e produtivo: reduzem desperdícios, melhoram o desempenho e aumentam a confiabilidade do processo galvânico. Como aponta Ishikawa (1993), padronizar é essencial para manter a qualidade e diminuir a variabilidade nos processos industriais.

Nos últimos anos, a galvanização avançou ainda mais com a automação. Sistemas automatizados monitoram em tempo real variáveis críticas como temperatura, concentração do banho e posicionamento das peças. Esse controle preciso reduz defeitos e melhora a aderência do zinco. Na galvanização por imersão a quente, a instrumentação industrial e os softwares supervisórios evitam desperdícios e garantem produção padronizada. Assim, a combinação entre padronização rigorosa e automação resulta em revestimentos mais resistentes à corrosão, menor índice de retrabalho e maior competitividade para as empresas do setor metalúrgico.

10. ESTUDO DE CASO DA EMPRESA: FREY ZINCO

Localizada em Sorocaba-SP, no interior do estado de São Paulo, a Frey Zinco Ltda., atua no segmento de galvanoplastia e tratamento de superfícies metálicas. Fundada em 14 de maio de 2025, a empresa tem como principal atividade a zincagem de peças metálicas, processo amplamente utilizado para aumentar a resistência à corrosão, prolongar a vida útil dos componentes e melhorar seu acabamento superficial com cores como azul, branco e amarelo.

A visita técnica realizada na empresa Frey Zinco, em 11/05/2026, possibilitou a análise do processo de galvanização eletrolítica sob a perspectiva da padronização operacional, permitindo identificar práticas adotadas ao longo das diferentes etapas produtivas. Como evidência, verificou-se que determinados parâmetros operacionais, como o tempo de permanência das peças nas soluções químicas, eram definidos com base na experiência dos operadores, sem critérios previamente estabelecidos. Durante análise, foi detectado que aproximadamente 2 em cada 100 peças

pode necessitar de retrabalho em decorrência de falhas na limpeza, queima durante o banho ou passivação insuficiente, evidenciando a importância do controle e da padronização das etapas do processo.

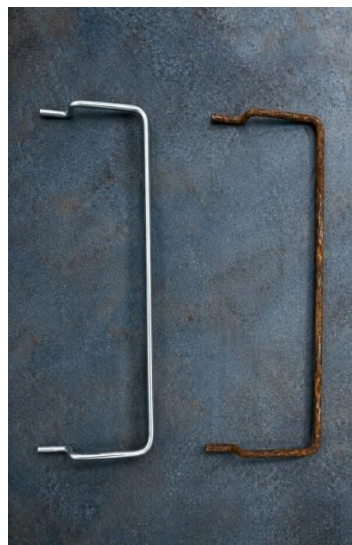
Os resultados da visita técnica à Frey Zinco confirmam a afirmação da SteelPro Group (2024) de que a padronização é essencial para garantir a qualidade da galvanização. A ausência de POPs foi associada a retrabalhos, defeitos e perda de eficiência, reforçando a importância de procedimentos padronizados para assegurar a qualidade do processo e do produto final.

10.1 PROCESSO DE GALVANIZAÇÃO DA EMPRESA: FREY ZINCO

Figura 2- Fluxograma do processo de galvanização de acordo com pesquisas realizadas na empresa.



Fonte: Autores com auxílio de inteligência artificial (ChatGPT).



Material com presença de ferrugem antes do processo de zincagem e, após o tratamento, revestido com uma camada protetora de zinco, proporcionando maior resistência à corrosão.

Frey
Zinco

ANTES E DEPOIS

Veja a diferença que a zincagem faz na **proteção** e no **acabamento**.

ANTES

Sem proteção e propenso à corrosão.

DEPOIS

Com zincagem, mais **proteção** e **durabilidade**.

PROTEÇÃO SUPERIOR

Mais resistência à corrosão e ao tempo.

PROCESSOS MODERNOS

Tecnologia e controle rigoroso em cada etapa.

QUALIDADE QUE GERA CONFIANÇA

Compromisso com a qualidade e a satisfação.

ZINCO Girls

Frey
Zinco

PROTEÇÃO QUE TRANSFORMA. RESULTADOS QUE DURAM!

ANTES

DEPOIS

MAIS PROTEÇÃO

MAIS DURABILIDADE

MELHOR CUSTO-BENEFÍCIO

GALVANIZAÇÃO ELETROSTÁTICA (ZINCAGEM A FRIO)
PROTEÇÃO SUPERIOR CONTRA A CORROSÃO

ZINCO GIRLS

@freyzinco

(11) 96087-1576

www.freyzinco.com.br

QUALIDADE QUE PROTEGE O FUTURO.

Fonte: Fotos fornecidas pela empresa

Tipos de peças submetidas ao processo de zincagem na empresa Frey Zinco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise realizada demonstrou que a padronização dos processos na galvanização eletrolítica exerce papel fundamental na garantia da qualidade dos revestimentos, na eficiência das operações e no atendimento às exigências técnicas do setor. Isso ocorre porque a definição de procedimentos padronizados reduz a variabilidade das etapas produtivas, permitindo maior controle sobre parâmetros como tempo de processo, composição dos banhos e condições operacionais. Dessa forma, confirmou-se a hipótese inicial de que a ausência de padrões pode comprometer a produtividade, a segurança operacional e a uniformidade dos revestimentos, uma vez que aumenta a probabilidade de falhas, retrabalhos e inconsistências na camada depositada. Os resultados apresentados evidenciaram que, diante das atuais demandas industriais por maior controle de qualidade, redução de desperdícios e conformidade com normas técnicas, a adoção de métodos padronizados torna-se um requisito para a manutenção da eficiência produtiva.

Os dados analisados também indicaram que o monitoramento contínuo dos banhos eletrolíticos, aliado à padronização das atividades operacionais, contribui para a estabilidade do processo. Essa relação é observada porque o acompanhamento sistemático de parâmetros químicos e físicos permite corrigir desvios antes que eles afetem a qualidade do revestimento. Como consequência, há redução de falhas, retrabalhos e perdas de materiais. Além disso, verificou-se que a capacitação dos colaboradores favorece a correta execução dos procedimentos estabelecidos, reduzindo erros operacionais e contribuindo para a melhoria contínua dos processos. Da mesma forma, a utilização de sistemas automatizados e ferramentas digitais de controle aumenta a precisão das operações ao minimizar interferências decorrentes da execução manual e ampliar a rastreabilidade das etapas produtivas.

Mesmo com os avanços identificados, a pesquisa apontou desafios relacionados à implementação dos padrões operacionais em diferentes contextos produtivos, especialmente em empresas de pequeno e médio porte. Essas dificuldades estão associadas, principalmente, às limitações de recursos financeiros, à menor disponibilidade de tecnologias de controle e à necessidade de investimentos em treinamento e infraestrutura. Nesse contexto, torna-se relevante ampliar os estudos voltados ao desenvolvimento de métodos de padronização mais acessíveis,

capazes de atender às particularidades dessas organizações sem comprometer a qualidade dos processos.

Como continuidade da pesquisa, recomenda-se a realização de estudos práticos que integrem indicadores de desempenho, controle ambiental e automação industrial, permitindo avaliar de forma comparativa os resultados obtidos por diferentes modelos de padronização. Além disso, sugere-se aprofundar as investigações sobre os impactos da transformação digital e da manutenção preventiva na redução de falhas produtivas, considerando que essas práticas podem aumentar a confiabilidade dos equipamentos e minimizar interrupções não planejadas nas operações galvânicas.

Portanto, conclui-se que a padronização na galvanização eletrolítica representa um elemento estratégico para a melhoria do desempenho operacional e da qualidade dos revestimentos. Sua efetividade, entretanto, depende da integração entre gestão eficiente, qualificação profissional e recursos tecnológicos adequados, fatores que possibilitam maior controle dos processos, redução de desperdícios e atendimento às exigências do mercado e das normas técnicas aplicáveis ao setor.

REFERÊNCIAS

ANDARA, Flávio Roberto; SOUZA, Adriano Mendonça. Otimização da etapa de neutralização do processo de galvanização eletrolítica utilizando a modelagem ARIMA. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 17., 2014, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Blucher, 2014. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br>. Acesso em: 7 maio 2026.

ANDRADE, Letícia V.; ZIMMER, Cinthia G. Galvanização: uma proposta para o ensino de eletroquímica. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 298-304, 2021.

CALLISTER, William D. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle total da qualidade no estilo japonês. Belo Horizonte: INDG, 2004.

CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia mecânica: processos de fabricação e tratamento. São Paulo: McGraw-Hill, 2005.

CORREIA, Henrique L.; CORREIA, Carlos A. Administração de produção e operações. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

DISSÍDIO. Galvanizador: piso salarial, dissídio e salário 2026. Disponível em: <https://dissidio.com.br/salario/galvanizador/> Acesso em: 7 jun. 2026.

DOS SANTOS, F.; DE MORAIS, Mariângela Gomes. Gestão de processos. 2015.

FIGURA 1- Fluxograma do processo de galvanização de acordo com pesquisas realizadas

FIGURA 2- Fluxograma do processo de galvanização de acordo com pesquisas realizadas na empresa

FELIX, Glaudistoni da Silva. Aplicação de sistema de controle de posicionamento do snout em linha de galvanização contínua. Joinville: Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, 2024.

FERREIRA, Arthur Werneck. Caracterização da camada inibidora e do dross em chapas galvanizadas por imersão a quente através de análise e processamento digital de imagens. 2022.

FERREIRA, João Sergio Rodrigues. Metodologia construtiva de POPs. 2026.

GENTIL, Vicente. Corrosão. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HOLMES. O que são processos: como eles ajudam na organização de uma empresa. [S. l.]: Holmes, [s. d.]. Disponível em: <https://www.holmesdoc.com>. Acesso em: 9 maio 2026.

ISHIKAWA, Kaoru. Controle de qualidade total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro: Campus, 1993.

MONTGOMERY, Douglas C. Introdução ao controle estatístico da qualidade. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MUNGUIA ROJAS, Juan Ramon et al. Proposta para padronização do circuito operatório de um sistema de galvanoplastia. 1994.

PLASSA BO, Alarcon M. F. S. et al. Fluxograma descritor no atendimento à pessoa idosa vítima de violência: uma perspectiva interdisciplinar. Escola Anna Nery Revista de Enfermagem. Disponível em: <https://www.scielo.org/article/sdeb/2019.v43nspe6/109-116/pt/>. Acesso em: 7 maio 2026.

PORTAL DA GALVANIZAÇÃO. Galvanização zincagem: entenda o processo e seus benefícios para a indústria. 2025. Disponível em: <https://www.portaldagalvanizacao.com.br/blog/categorias/artigos/galvaniza-ccedil-atilde-o-zincagem-entenda-o-processo-e-seus-benef-iacute-cios-para-a-ind-uacute-stria>. Acesso em: 9 maio 2026

SALARIO.COM.BR. Operador de galvanização – CBO 723215: salário 2026. [S. l.], 2026. Disponível em: <https://www.salario.com.br/profissao/operador-de-galvanizacao-cbo-723215/>. Acesso em: 9 maio 2026.

SILVA, Anderson Rogério da; GASPAROTTO, Angelita Moutin Segoria. Um estudo sobre rastreabilidade visando ao controle de processos. Revista Interface Tecnológica, v. 17, n. 1, p. 708-720, 2020.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da produção. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

WIERCINSKI, Adriano. Galvanoplastia: melhorias no processo de zincagem eletrolítica. Panambi: UNIJUÍ, 2015.

YAZIGI, Walid. A técnica de edificar. São Paulo: Blucher, 2024. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=aal9EQAAQBAJ>. Acesso em: 7 maio 2026.