UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ASSOCIAÇÃO PLENA EM REDE

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA INDÚSTRIA COM ATIVIDADE GALVÂNICA: UMA ABORDAGEM COM ÊNFASE NA GESTÃO INTEGRADA DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001

SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIRÊDO

JOÃO PESSOA-PB
2024

SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIRÊDO

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA INDÚSTRIA COM ATIVIDADE GALVÂNICA: UMA ABORDAGEM COM ÊNFASE NA GESTÃO INTEGRADA DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001

Defesa de tese apresentada ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Associação Plena em Rede, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientadora:
Profa. Dra. Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti

Segundo orientador:
Prof. Dr. Francisco José de Paula Filho

Coorientador:
Prof. Dr. José Gonçalves de Araújo Filho

JOÃO PESSOA-PB

2024

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal da Paraíba. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade da autora, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e sua respectiva autora seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

F475p Figueirêdo, Sheilla da Silva Melo.
PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA INDÚSTRIA COM ATIVIDADE GALVÂNICA: UMA ABORDAGEM COM ÊNFASE NA GESTÃO INTEGRADA DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001 / Sheilla da Silva Melo Figueirêdo. - João Pessoa, 2025.
325 f. : il.

Orientação: Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti, Francisco José de Paula Filho.
Coorientação: José Gonçalves de Araújo Filho.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCEN.

1. Técnica Delphi. 2. Galvanoplastia. 3. Indústria de folheados. 4. Sistema de Gestão Integrado. 5. Práticas ESG. I. Cavalcanti, Marilia Gabriela dos Santos. II. Paula Filho, Francisco José de. III. Araújo Filho, José Gonçalves de. IV. Título.

UFPB/BC

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIRÊDO

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA INDÚSTRIA COM ATIVIDADE GALVÂNICA: UMA ABORDAGEM COM ÊNFASE NA GESTÃO INTEGRADA DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001

Defesa de tese apresentada ao Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Associação Plena em Rede, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Relações sociedade-natureza e sustentabilidade
Sublinha de Pesquisa: Saúde e Meio Ambiente

Apresentada em: 10/12/2024

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br MARILIA GABRIELA DOS SANTOS CAVALCANTI
Data: 25/01/2025 19:45:53-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti, Profa. Dra. (UFPB)
Presidente – Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br THIAGO JOSE MATOS ROCHA
Data: 24/01/2025 11:59:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Thiago Jose Matos Rocha, Prof. Dr. (UNCISAL)
Examinador – Representante de instituição externa à Rede PRODEMA

Documento assinado digitalmente
gov.br TERESA RACHEL COSTA DE OLIVEIRA
Data: 25/01/2025 20:32:28-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Teresa Rachel Costa de Oliveira, Profa. Dra. (URCA)
Examinador – Representante de instituição externa à Rede PRODEMA

Documento assinado digitalmente
gov.br NATALY ALBUQUERQUE DOS SANTOS
Data: 24/01/2025 11:53:42-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Nataly Albuquerque dos Santos, Profa. Dra. (UFPB)
Examinadora – Representante local do PRODEMA

Documento assinado digitalmente
gov.br ELAINE APARECIDA DA SILVA
Data: 26/01/2025 10:42:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Elaine Aparecida da Silva, Profa. Dra. (UFPI)
Examinadora – Representante da Rede PRODEMA

*À Paula Letícia Figueirêdo Rodrigues (*in memoriam*),*

A saudade e as lembranças são eternas, permanecem vivas, e, como o amor, jamais morrem.

... a você dedico essa tese.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, Autor e Consumador da minha FÉ. Somente a Ele, toda a HONRA, toda a GLÓRIA e todo o LOUVOR.

Expresso minha profunda gratidão à minha orientadora, Dra. Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti, ao meu segundo orientador, Dr. Francisco José de Paula Filho, e ao Dr. José Gonçalves Araújo Filho, por suas valiosas contribuições à minha formação acadêmica.

Sou grata também a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA-UFPB), em especial à Dra. Nataly Albuquerque dos Santos, à Dra. Wilza Gomes Reis Lopes, à Dra. Teresa Rachel Costa de Oliveira, à Dra. Elaine Aparecida da Silva, ao Dr. Thiago José Matos Rocha, ao Dr. Jair Paulino de Sales e ao Dr. Ronilson José da Paz, por suas orientações e críticas construtivas, que foram cruciais para o aprimoramento desta tese.

Ao meu amado esposo, Fábio Freire de Figueirêdo, e ao meu querido filho, Eric de Melo Figueirêdo, agradeço por serem meu porto seguro e minha fonte de alegria nesta jornada.

Aos meus pais, Gilvan Luiz de Melo e Francisca Oliveira da Silva Melo, minhas referências de vida, meus amores, sou eternamente grata por cada ensinamento.

Aos meus irmãos, Shirllei Nunes, Priscilla Sobral, Gilvan Filho e Jacqueline Almeida, os melhores que alguém poderia ter... meu amor por vocês é imenso!

Aos meus amados sobrinhos, João Pedro Sobral, Ana Beatriz Nunes, Gustavo Nunes, Matheus Melo, Michel Melo, Benjamim Almeida, Bernardo Almeida e Gabriel Almeida, vocês trazem tanta alegria à minha vida.

Agradeço também aos meus tios e tias, em especial, Ozana Oliveira, Iraci Oliveira, Iranir Oliveira e Neci Oliveira, por serem tão presentes em minha vida.

À minha sogra, Maria Lucélia Freire Figueirêdo, sou grata pelas orações que me sustentam. À bisa Maria Oliveira e a toda família Oliveira Freire, em especial ao Dr. Antônio Lucineudo de Oliveira Freire e ao Dr. José Lucínio de Oliveira Freire, por todo o incentivo desde o meu mestrado.

Agradeço de coração à minha querida amiga, chefe e segunda mãe, Pauline Carol Habib Moura, a você todo o meu amor, carinho, respeito, admiração e gratidão. Externo meus agradecimentos ainda à toda família Habib Moura, em especial, à minha amiga e irmã Maria Célia Habib Moura Ferreira Gomes, parceira da vida!

Aos amigos Cícera Rodrigues, Camila Alves e Thercio Rodrigues, agradeço por toda contribuição à minha pesquisa, vocês foram fundamentais.

Às "poderosas", companheiras de jornada e colegas do doutorado, Virgínia Morais, Milena Vaz e Lillian Ferreira, agradeço por dividirem comigo alegrias e angústias.

Gostaria de expressar também minha sincera gratidão a todos os empresários, gestores e funcionários da indústria com atividade galvânica de Juazeiro do Norte, que dedicaram seu tempo e conhecimento para participar desta pesquisa sobre indicadores de sustentabilidade. A colaboração de cada um foi fundamental para o sucesso deste estudo, fornecendo informações valiosas sobre as práticas e os desafios da sustentabilidade de indústrias com atividade galvânica. As respostas e *insights* compartilhados por vocês serão de grande importância para o desenvolvimento de estratégias e ferramentas que promovam um futuro mais sustentável para a indústria e para toda a comunidade. Acredito que a sustentabilidade é um caminho que devemos trilhar juntos, e a participação de cada um de vocês demonstra o compromisso com essa causa. Agradeço por fazerem parte dessa jornada comigo.

Espero que os resultados desta pesquisa possam contribuir para a construção de um futuro mais próspero e sustentável para todos.

Muito obrigada!

Não dá mais para nos iludir, cobrindo as feridas da Terra com esparadrapos. Ou mudamos de curso, preservando as condições de vitalidade da Terra ou o abismo já nos espera.

Leonardo Boff

SUMÁRIO

RESUMO GERAL **12**
GENERAL ABSTRACT **13**
1 INTRODUÇÃO GERAL **14**
2 HIPÓTESES E OBJETIVOS **19**
2.1 OBJETIVO GERAL 19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 19
2.3 HIPÓTESES 19
3 REVISÃO DE LITERATURA **20**
3.1 INDÚSTRIA DE SEMIJOIAS FOLHEADAS – POLO INDUSTRIAL DE JUAZEIRO DO NORTE-CE 20
3.1.1 Caracterização do objeto de estudo 20
3.2 GALVANOPLASTIA 24
3.2.1 Caracterização do objeto de estudo 27
3.2.2 Aspectos e impactos da galvanoplastia 30
3.2.2.1 Consumo de água e geração de efluentes 30
3.2.2.2 Resíduos sólidos da galvanoplastia 32
3.2.2.3 Consumo de energia 34
3.2.2.4 Impactos causados pelos metais utilizados 35
3.2.2.5 Ácidos e álcalis 37
3.2.2.6 Outros impactos da galvanoplastia 38
3.2.3 Saúde e segurança do trabalhador de indústria com atividade galvânica 39
3.2.3.1 Riscos químicos 41
3.2.3.2 Riscos físicos 44
3.2.3.3 Riscos ergonômicos 45
3.2.3.4 Riscos de acidentes 46
3.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 46
3.3.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) direcionados à indústria com atividade galvânica 48
3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE 52
3.5 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI) 53
3.5.1 ISO 9001 – Gestão da qualidade 58
3.5.2 ISO 14001 – Gestão do meio ambiente 59
3.5.3 ISO 45001 – Gestão da saúde e segurança operacional 60
3.5.3.1 Gestão de riscos ocupacionais na indústria com atividade galvânica 61
3.5.4 Benefícios da integração das normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 62
3.6 TÉCNICA DELPHI 64

REFERÊNCIAS **72**
CAPÍTULO I – SAÚDE DO TRABALHADOR NA INDÚSTRIA GALVÂNICA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS E MEDIDAS DE CONTROLE **85**
RESUMO **85**
ABSTRACT **86**
1 INTRODUÇÃO **87**
2 MATERIAIS E MÉTODOS **89**
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO **91**
3.1 SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS NA GALVANOPLASTIA 96
3.2 PROBLEMAS ERGONÔMICOS NA GALVANOPLASTIA 100
3.3 RISCOS MECÂNICOS NA GALVANOPLASTIA 103
3.4 RISCOS FÍSICOS 104
4 CONCLUSÃO **110**
REFERÊNCIAS **111**
CAPÍTULO II – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO INTEGRADA DE INDÚSTRIAS GALVÂNICAS **115**
RESUMO **115**
ABSTRACT **116**
1 INTRODUÇÃO **117**
2 MÉTODOS DE PESQUISA **119**
2.1 ÁREA DE ESTUDO 119
2.2 SELEÇÃO DOS SUJEITOS PARA PARTICIPAÇÃO NA VALIDAÇÃO DOS INDICADORES 120
2.3 ETAPAS DA PESQUISA 120
2.4 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO 121
2.5 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO 121
2.6 ANÁLISE DOS DADOS 124
2.6.1 Organização dos Dados 124
2.6.2 Estatística Descritiva 125
2.6.3 Coeficiente de Correlação de Spearman 125
3 RESULTADOS **127**
3.1 PRIMEIRA ETAPA DO MÉTODO DELPHI 128
3.1.1 Avaliação por grau de relevância - Primeira etapa método Delphi 130
3.2 SEGUNDA ETAPA DO MÉTODO DELPHI 132
3.2.1 Avaliação por grau de relevância - Segunda etapa método Delphi 134
3.3 TERCEIRA ETAPA DO MÉTODO DELPHI 135
4 DISCUSSÃO **140**

4.1 VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE LODO GALVÂNICO: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A INDÚSTRIA GALVÂNICA 140
4.2 INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA INDÚSTRIA GALVÂNICA 141
4.3 CONTRIBUIÇÃO PARA OS ODS 142
5 CONCLUSÃO 144
REFERÊNCIAS 145
CAPÍTULO III – GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTABILIDADE EM INDÚSTRIAS COM ATIVIDADE GALVÂNICA DE JUAZEIRO DO NORTE – CE: UMA ANÁLISE COM INDICADORES ESPECÍFICOS 148
RESUMO 148
ABSTRACT 149
1 INTRODUÇÃO 150
1.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE 151
1.2 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI): IMPULSIONANDO A SUSTENTABILIDADE E O DESEMPENHO EMPRESARIAL 152
1.3 REQUISITOS EM COMUM DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001 153
1.4 GALVANOPLASTIA: BENEFÍCIOS INDUSTRIAIS E DESAFIOS AMBIENTAIS 156
2 MATERIAIS E MÉTODOS 158
2.3 ÁREA DE ESTUDO 158
2.4 COLETA DE DADOS 160
3 RESULTADOS 161
3.1 APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM INDÚSTRIAS DE SEMIJOIAS FOLHEADAS DE JUAZEIRO DO NORTE-CE 161
3.1.1 Resultados para os indicadores ambientais 161
3.1.2 Resultados para os indicadores sociais 164
3.1.2.1 Engajamento com a comunidade local 164
3.1.2.2 Engajamento com os funcionários 164
3.1.2.3 Indicadores sociais relacionados à saúde e segurança no trabalho 165
3.1.2.3.1 Saúde e bem-estar dos trabalhadores 165
3.1.3 Resultados para os indicadores econômicos 167
3.1.4 Resultados para os indicadores de qualidade 167
3.1.4.1 Satisfação do cliente e melhoria contínua 167
3.1.4.2 Eficiência e inovação nos processos 167
3.1.4.3 Desempenho geral e comprometimento da equipe 168
3.1.4.4 Gerenciamento de reclamações 168

3.1.4.5 Percepção dos empregados e gestores sobre as vantagens da utilização de um SGI e de indicadores de sustentabilidade para o desenvolvimento sustentável do setor 168

4 DISCUSSÃO 174

4.1 AVANÇOS E DESAFIOS NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL 175

4.2 ENGAJAMENTO SOCIAL E BEM-ESTAR DOS TRABALHADORES 176

4.3 DESAFIOS ECONÔMICOS E BUSCA PELA QUALIDADE 177

5 CONCLUSÃO 179

REFERÊNCIAS 181

CONSIDERAÇÕES FINAIS 185

ANEXO I – COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO DE PESQUISA AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP) DO CCS/UFPB 186

ANEXO II – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP) DO CCS/UFPB 187

APÊNDICE I – INSTRUMENTO 1 194

APÊNDICE II – INSTRUMENTO 2 212

APÊNDICE III – INSTRUMENTO 3 230

APÊNDICE IV – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 250

APÊNDICE V – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS 252

APÊNDICE VI – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO (CAPÍTULO I) 280

APÊNDICE VII – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO (CAPÍTULO II) 307

RESUMO GERAL

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA INDÚSTRIA COM ATIVIDADE GALVÂNICA: UMA ABORDAGEM COM ÊNFASE NA GESTÃO INTEGRADA DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001

Autora: Sheilla da Silva Melo Figueirêdo
Orientadora: Profa. Dra. Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti
Segundo orientador: Prof. Dr. Francisco José de Paula Filho
Coorientador: Prof. Dr. José Gonçalves de Araujo Filho
Programa de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente
João Pessoa-PB, outubro de 2024.

A gestão empresarial precisa evoluir para incorporar o desenvolvimento sustentável, buscando um equilíbrio entre o crescimento econômico, a conservação ambiental e o bem-estar social. As empresas devem considerar o impacto de suas ações em todos esses aspectos. O estudo focou na indústria com atividade galvânica devido ao seu alto risco ambiental e à saúde dos trabalhadores, já que seus processos geram resíduos perigosos com metais pesados e expõem os funcionários a agentes químicos que causam doenças. Nesse contexto, foi estabelecido como objetivo geral contribuir para o desenvolvimento sustentável da indústria com atividade galvânica, por meio da proposição e validação de indicadores de sustentabilidade específicos, alinhados à gestão integrada de sistemas (ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001) e às práticas ESG, visando à melhoria das condições de trabalho e à conscientização de empresários e gestores sobre a importância da sustentabilidade no setor. O percurso metodológico para a construção dos indicadores ocorreu por meio da aplicação da Técnica Delphi. A proposta final dos indicadores foi obtida a partir do consenso de trabalhadores e especialistas, buscando uma síntese que aproximasse os pressupostos teóricos já consolidados com a atuação prática dos profissionais. Para analisar o consenso, foi utilizada a análise descritiva em cada uma das etapas da Técnica Delphi aplicada, resultando na elaboração de um painel com o resumo dos dados obtidos. Foram identificados 39 indicadores de sustentabilidade relevantes para a indústria com atividade galvânica, que também auxiliam no atendimento às normas ISO e na adoção de práticas ESG (*Environmental*, *Social and Governance* ou Ambiental, Social e Governança). Os indicadores considerados mais relevantes neste estudo foram "Consumo de Água" e "Segurança da Produção", ambos com 90,6% de consenso para o nível de relevância "muito importante". O indicador com menor percentual de consenso entre os especialistas foi "Valor Alocado para Atividades de P&D", com 34,4% de consenso para o nível de relevância "muito importante". A aplicação dos indicadores em indústrias de Juazeiro do Norte (CE) revelou avanços e desafios na sustentabilidade do setor. Pontos positivos incluem progressos ambientais e boas práticas de segurança no trabalho. Entretanto, há necessidade de melhorias na incorporação de energias renováveis, participação na CIPA, planos de emergência, investimentos em P&D e conscientização sobre mudanças climáticas. Apesar de reconhecerem os benefícios da gestão integrada (SGI) e dos indicadores de sustentabilidade, os empresários ainda enfrentam dificuldades em implementá-los. A pesquisa contribui com indicadores específicos para o setor, incentivando pesquisas futuras e ações para o desenvolvimento sustentável da atividade galvânica.

Palavras-chave: Técnica Delphi, Galvanoplastia, Indústria de folheados, Sistema de Gestão Integrado, Práticas ESG.

GENERAL ABSTRACT

PROPOSAL OF SUSTAINABILITY INDICATORS FOR INDUSTRY WITH GALVANIC ACTIVITY: AN APPROACH WITH EMPHASIS ON THE INTEGRATED MANAGEMENT OF ISO 9001, ISO 14001 AND ISO 45001 STANDARDS

Author: Sheilla da Silva Melo Figueirêdo
Advisor: Profa. Dra. Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti
Second advisor: Prof. Dr. Francisco José de Paula Filho
Co-advisor: Prof. Dr. José Gonçalves de Araujo Filho
Doctoral Program in Development and Environment
João Pessoa-PB, october, 2024.

Business management needs to evolve to incorporate sustainable development, seeking a balance between economic growth, environmental preservation, and social well-being. Companies must consider the impact of their actions on all these aspects. This study focused on the galvanic industry due to its high environmental and occupational risks, as its processes generate hazardous waste containing heavy metals and expose workers to harmful chemical agents that cause diseases. In this context, the main objective of this study was to contribute to the sustainable development of the electroplating industry by proposing and validating specific sustainability indicators, aligned with integrated management systems (ISO 9001, ISO 14001 and ISO 45001) and ESG practices, aiming to improve working conditions and raise awareness among entrepreneurs and managers about the importance of sustainability in the sector. The methodological path for constructing the indicators occurred through the application of the Delphi Technique. The final proposal of the indicators was obtained from the consensus of workers and specialists, seeking a synthesis that approximated the already consolidated theoretical assumptions with the practical performance of the professionals. To analyze the consensus, a descriptive analysis was used in each of the stages of the applied Delphi Technique, resulting in the elaboration of a panel with a summary of the data obtained. 39 relevant sustainability indicators were identified for the galvanic industry, which also help in meeting ISO standards and adopting ESG (Environmental, Social and Governance) practices. The most relevant indicators in this study were "Water Consumption" and "Production Safety", both with 90.6% consensus for the "very important" relevance level. The indicator with the lowest percentage of consensus among the specialists was "Allocated Value for R&D Activities", with 34.4% consensus for the "very important" relevance level. The application of the indicators in industries in Juazeiro do Norte (CE) revealed advances and challenges in the sector's sustainability. Positive points include environmental progress and good work safety practices. However, there is a need for improvements in the incorporation of renewable energies, participation in CIPA, emergency plans, investments in R&D, and awareness of climate change. Despite recognizing the benefits of integrated management (IMS) and sustainability indicators, entrepreneurs still face difficulties in implementing them. The research contributes specific indicators for the sector, encouraging future research and actions for the sustainable development of galvanic activity.

Keywords: Delphi Technique, Electroplating, Plating Industry, Integrated Management System, ESG Practices.

1 INTRODUÇÃO GERAL

No contexto da sociedade industrial moderna, as sociedades ocidentais, orientadas por uma lógica capitalista, negligenciaram o impacto da utilização dos recursos naturais na manutenção da qualidade de vida, consumo e crescimento econômico, o que resultou numa crise ambiental global (Klein, 2014). Nesse sentido, a solidariedade com as gerações futuras, aliada à preocupação com o uso excessivo dos recursos naturais, impulsionou a relevância das questões ambientais no debate público.

Através das conferências internacionais da ONU, realizadas nos anos de 1972, 1974 e 1982, o conceito de desenvolvimento incorporou a dimensão ambiental. O termo "desenvolvimento sustentável" foi apresentado pela primeira vez em um documento internacional no Relatório Brundtland (ou Nosso Futuro Comum), publicado em 1987, fruto do trabalho da Comissão Mundial sobre Desenvolvimento. A partir da década de 1990, o conceito de desenvolvimento sustentável ganhou destaque como sendo o processo que "satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades" (CMMAD, 1991). Esse conceito transcende a questão ambiental, na medida em que busca uma sociedade justa e equitativa, que promova o bem-estar, a inclusão e a igualdade de oportunidades (Arivumani; Vijayalaxmi, 2017).

O aumento da conscientização ambiental e a pressão do mercado por práticas sustentáveis têm levado as indústrias a adotar políticas e programas socioambientais, como as práticas ESG (*Environmental, Social and Governance* ou Ambiental, Social e Governança), evidenciando a importância de integrá-las aos processos organizacionais (Henderson, 2020; Khan; Serafeim; Yoon, 2016).

Ao incorporarem princípios ESG, as empresas demonstram compromisso com o desenvolvimento sustentável, atraindo investidores, fortalecendo a reputação e fidelizando clientes. A adoção dessas práticas impacta positivamente a sustentabilidade corporativa, os processos organizacionais e o desempenho empresarial, além de aprimorar a gestão de riscos socioambientais (Eccles; Ioannou; Serafeim, 2014).

A indústria com atividade galvânica, em especial a fabricação de folheados-bijuterias, objeto deste estudo, é um setor de grande importância econômica em algumas regiões brasileiras, especialmente em polos como Limeira - SP, principal produtora do país e segunda no mundo, e também no Cariri cearense, no município de Juazeiro do Norte. No entanto, a galvanoplastia, processo central nessa indústria, apresenta um alto potencial de impacto ambiental e ocupacional (Figueirêdo *et al.*, 2021; Nogueira; Pasqualetto, 2008).

A atividade galvânica apresenta desafios ambientais urgentes, como destaca Oliveira *et al.* (2018): o consumo excessivo de água, a geração de efluentes tóxicos com metais pesados e a produção de lodo galvânico contaminado. A descarga inadequada desses efluentes, ricos em desengraxantes, decapantes, cromatizantes e componentes dos banhos de eletrodeposição, representa um risco de contaminação para solos e águas, com impactos na vida aquática e na saúde humana (Oliveira *et al.*, 2018). No Brasil, a pegada ambiental da indústria é alta. Segundo estudo de Salazar (2021), o setor industrial é o que apresenta maior participação no consumo final de energia.

Lositska (2018) ressalta a ameaça que a emissão desses componentes representa para a atmosfera e hidrosfera, especialmente pela presença de metais pesados. Costa *et al.* (2008) complementa, destacando a alta reatividade desses metais e o potencial de contaminação dos ecossistemas. A migração desses poluentes através do solo coloca em risco a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, evidenciando a importância do tratamento adequado das águas residuais para garantir a sustentabilidade do setor.

A gestão inadequada de efluentes industriais, especialmente em áreas com escassez hídrica como o semiárido cearense, representa ainda uma grave ameaça à sustentabilidade dos recursos hídricos. O controle rigoroso da emissão de poluentes em corpos d'água é essencial, e exige atenção redobrada no setor de galvanoplastia em Juazeiro do Norte, Ceará, dada a sua potencialidade de contaminação.

Juazeiro do Norte é uma cidade importante no estado, com grande desenvolvimento e dependência de água subterrânea para abastecimento (Franca *et al.*, 2006). O crescimento da cidade e o turismo religioso, que atrai milhões de visitantes anualmente, aumentam a demanda por água e geram preocupação com sua qualidade (Franca *et al.*, 2006).

A localização das dezenove indústrias de folheados (AMAJU, 2022) na área urbana de Juazeiro do Norte, especialmente a proximidade de algumas delas com os rios Batateira e Salgadinho, levanta preocupações sobre a vulnerabilidade dos recursos hídricos locais. A geração de resíduos perigosos, que varia de menos de 100kg mensais para pequenas empresas a mais de 5 toneladas para a de médio porte (dados da pesquisa), reforça a necessidade de atenção à gestão desses dejetos. Sem tratamento adequado, a contaminação dos lençóis freáticos e riachos menores representa um risco real, com potenciais impactos negativos para o meio ambiente e para a população que depende desses recursos. Apesar disso, é importante reconhecer o papel do setor na economia de Juazeiro do Norte, correspondendo a 12,2% das indústrias da região (Lima *et al.*, 2018).

A gestão dos efluentes galvânicos na Região Metropolitana do Cariri (RMC) apresenta um desafio crítico, considerando a vulnerabilidade dos aquíferos que abastecem cerca de 600 mil habitantes (Costa *et al.*, 2008; Nascimento, Chacon, 2016) e a baixa capacidade de diluição dos rios receptores. Santos *et al.* (2015) reforçam a criticidade dessa vulnerabilidade em seu estudo sobre a superexploração das águas subterrâneas na microbacia III do Rio Salgado, que inclui Juazeiro do Norte. Diante desse cenário, a necessidade de um controle rigoroso na qualidade do tratamento de efluentes industriais torna-se crucial para garantir a sustentabilidade da atividade e a proteção dos recursos hídricos da região, especialmente considerando que a água é um recurso essencial e finito, vital para o presente e o futuro.

A indústria de folheados em Juazeiro do Norte, apesar dos desafios ambientais que enfrenta, desempenha um papel crucial no desenvolvimento local, com impactos positivos que vão além da geração de renda e se estendem para as esferas social e cultural. O reconhecimento desses benefícios é essencial para uma compreensão abrangente da importância dessa indústria na região.

Impactos Econômicos:

Geração de emprego e renda: O setor de folheados em Juazeiro do Norte destaca-se como importante gerador de empregos, especialmente para mulheres e jovens, que representam a maior parte da mão de obra (Oliveira *et al.*, 2018). Essa atividade contribui significativamente para a renda familiar e movimenta a economia local, impulsionando o comércio e serviços relacionados, como fornecedores de matéria-prima, embalagens, transporte e lojas de varejo.

Dinamização da economia local: A produção de semijoias folheadas em Juazeiro do Norte abastece o mercado regional e nacional, atraindo compradores e turistas em busca de produtos com preços acessíveis e design diferenciado. Tal atividade fortalece o comércio local e contribui para a arrecadação de impostos, que podem ser reinvestidos em infraestrutura e serviços públicos.

Impactos Sociais:

Desenvolvimento de habilidades e capacitação profissional: A indústria de folheados exige mão de obra com habilidades específicas, o que estimula a capacitação profissional e a formação de artesãos especializados em técnicas de folheação, polimento e acabamento. Esse processo de aprendizagem e desenvolvimento de competências contribui para a qualificação da mão de obra local e gera oportunidades de ascensão social (Figueirêdo *et al.*, 2021).

Empoderamento feminino: A participação majoritária das mulheres na indústria de folheados em Juazeiro do Norte (Oliveira *et al.*, 2018) contribui para o empoderamento

feminino e a autonomia financeira, permitindo que elas ocupem um papel de destaque na economia local e familiar.

Impactos Culturais:

Conservação e valorização da cultura local: As semijoias folheadas produzidas em Juazeiro do Norte incorporam elementos da cultura local, como designs inspirados na religiosidade e no artesanato regional. Essa produção criativa contribui para a conservação e valorização da identidade cultural, além de gerar produtos com valor agregado e apelo turístico.

Promoção do artesanato e do design: A indústria de folheados estimula a criatividade e a inovação no design de joias, impulsionando o desenvolvimento de novas técnicas e estilos. A busca por diferenciação e competitividade no mercado incentiva a produção artesanal de semijoias com design exclusivo, que se tornam um atrativo turístico e cultural.

Sendo assim, é fundamental que o setor continue buscando práticas mais sustentáveis, investindo em tecnologias limpas e na capacitação de seus trabalhadores, para garantir a continuidade desses benefícios e promover o desenvolvimento socioeconômico da região de forma responsável.

A obtenção de certificações ambientais, a exemplo da ISO 14001, e o investimento em inovação, com o desenvolvimento de novos produtos e processos mais sustentáveis, podem fortalecer a imagem das empresas e aumentar sua competitividade no mercado. Adicionalmente, a implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI), que englobe as normas ISO 9001, 14001 e 45001, pode auxiliar as empresas a gerenciarem seus processos de forma mais eficiente e sustentável, conforme analisado por Barbosa *et al.* (2021).

Dessa forma, a identificação e a validação de indicadores de sustentabilidade específicos, relevantes e eficazes para as indústrias com atividade galvânica, permite a avaliação e o aprimoramento do desempenho dessas indústrias, considerando suas particularidades, desafios e necessidades de gestão. No entanto, a mensuração da sustentabilidade das indústrias que desempenham atividade galvânica ainda é um desafio, devido à falta de indicadores específicos (Mengistu; Panizzolo, 2023).

Além disso, a utilização de indicadores genéricos, que não refletem as particularidades, desafios e necessidades de gestão da indústria com atividade galvânica, dificulta a tomada de decisões estratégicas, a implementação de melhorias e a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria em relação à sustentabilidade (Ahmad; Wong, 2019).

Diante desse cenário, esta tese visou responder às seguintes questões: Que tipos de indicadores de sustentabilidade são mais relevantes para a indústria com atividade galvânica, considerando as particularidades do setor e seus impactos? Quais os desafios específicos

enfrentados por essa indústria na busca pela sustentabilidade, considerando os aspectos ambiental, social e econômico? Quais as dificuldades e barreiras na implementação de práticas sustentáveis e um Sistema de Gestão Integrado (SGI) na indústria de semijoias folheadas, especialmente em pequenas e médias empresas?

Para tanto, na pesquisa objetivou-se contribuir para o desenvolvimento sustentável da indústria com atividade galvânica, por meio da proposição e validação de indicadores de sustentabilidade específicos, alinhados à gestão integrada de sistemas (ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001) e às práticas ESG, visando à melhoria das condições de trabalho e à conscientização de empresários e gestores sobre a importância da sustentabilidade no setor.

Para responder à questão central e testar as hipóteses, a tese está estruturada nas seguintes partes: Introdução geral, Objetivos e hipóteses, Revisão de literatura, Capítulos em forma de artigos científicos: Capítulo I - Saúde do trabalhador na indústria galvânica: uma revisão integrativa da identificação dos riscos e medidas de controle; Capítulo II - Indicadores de sustentabilidade na gestão integrada de indústrias galvânicas e Capítulo III - Gestão integrada e sustentabilidade em indústrias com atividade galvânica de Juazeiro do Norte – CE: uma análise com indicadores específicos; e Considerações finais.

2 HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Esta tese tem como objetivo geral analisar os riscos e as oportunidades para a promoção da sustentabilidade na indústria com atividade galvânica, por meio da identificação de indicadores específicos e da avaliação da percepção dos empresários e gestores sobre a implementação de Sistemas de Gestão Integrados (SGI) e práticas ESG.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Além do objetivo geral, a presente tese tem os seguintes objetivos específicos:

i) Identificar os principais riscos presentes na indústria com atividade galvânica, destacando os desafios e as oportunidades para a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável;

ii) Propor indicadores de sustentabilidade específicos para a indústria com atividade galvânica;

iii) Avaliar a pertinência dos indicadores propostos como elementos que atendam aos requisitos das normas e direcionem as indústrias para a implantação de um SGI com a adoção de práticas ESG para o desenvolvimento sustentável do setor;

iv) Caracterizar a compreensão dos empresários e gestores sobre as vantagens da utilização de um SGI e de indicadores de sustentabilidade para o desenvolvimento sustentável do setor.

2.3 HIPÓTESES

Esta tese buscará a confirmação ou a refutação das hipóteses abaixo elencadas:

Hipótese 1: A identificação de indicadores de sustentabilidade específicos para a indústria com atividade galvânica demonstrará que indicadores relacionados ao consumo de água e energia, geração e tratamento de resíduos, emissões atmosféricas e tratamento de efluentes são os mais relevantes para o monitoramento do desempenho ambiental do setor.

Hipótese 2: A caracterização da compreensão dos empresários e gestores sobre as vantagens da utilização de um SGI e de indicadores de sustentabilidade revelará que a maioria reconhece os benefícios da gestão integrada, tais como melhoria da eficiência, redução de custos, conformidade legal e fortalecimento da imagem da empresa. No entanto, esse tipo de gestão ainda enfrenta desafios na implementação e na utilização de indicadores de sustentabilidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, foram explorados os fundamentos teóricos que sustentam o presente estudo sobre a gestão de indústrias com atividade galvânica, em especial a fabricação de folheados, com ênfase na gestão da qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacional. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica, abrangendo desde os aspectos básicos da produção até as teorias clássicas sobre desenvolvimento sustentável e Sistema de Gestão Integrada. Adicionalmente, foram abordados os conceitos relacionados a práticas de ESG (*Environmental, Social and Governance*), indicadores de sustentabilidade e o método utilizado para sua seleção, a Técnica Delphi.

Esta revisão bibliográfica serviu como base para a estruturação da pesquisa e para a elaboração de um documento contendo indicadores de sustentabilidade específicos para a indústria com atividade galvânica. Esse documento objetiva fornecer auxílio na implantação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI), contribuindo para fomentar o desenvolvimento sustentável e a adoção de práticas ESG no setor.

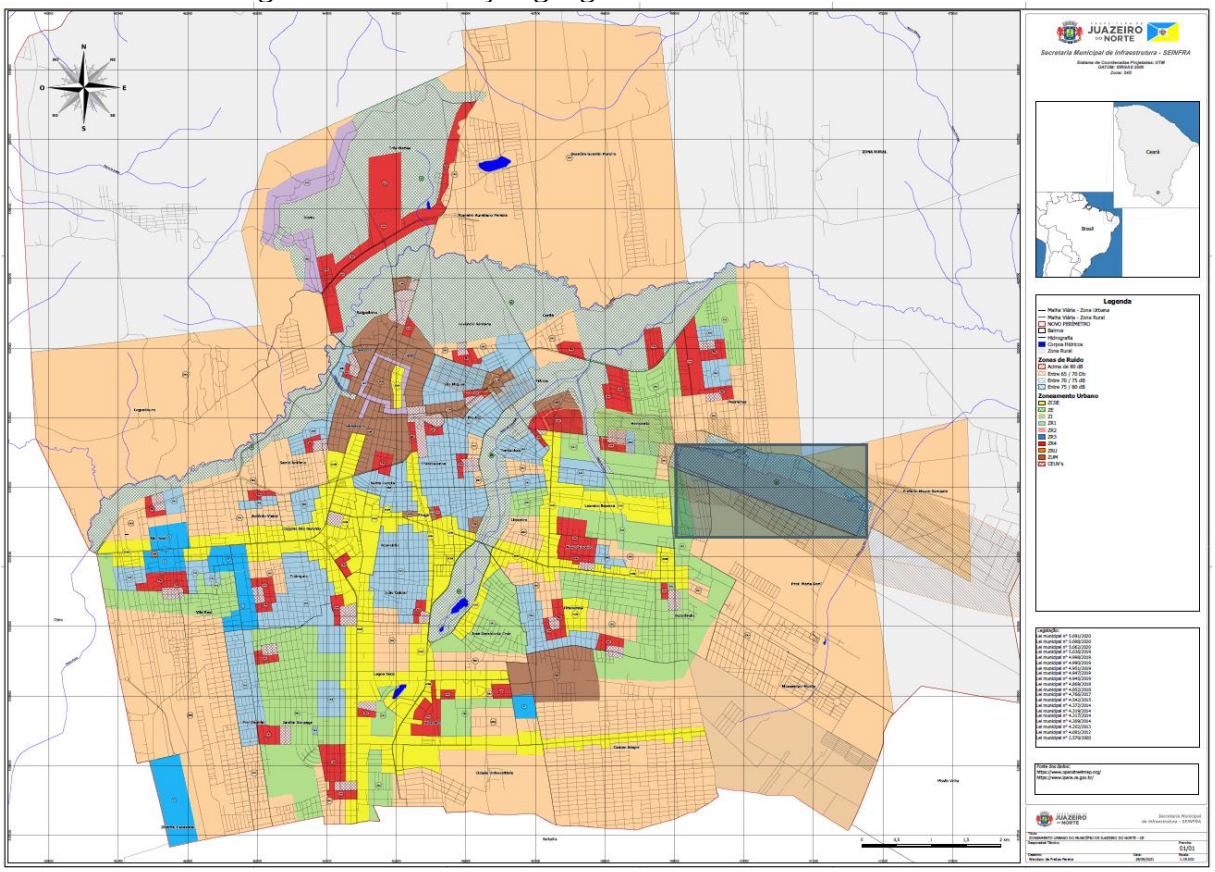
3.1 INDÚSTRIA DE SEMIJOIAS FOLHEADAS – POLO INDUSTRIAL DE JUAZEIRO DO NORTE-CE

3.1.1 Caracterização do objeto de estudo

O estudo em questão foi desenvolvido em Juazeiro do Norte, município localizado na região sul do Ceará (Figura 1), estado situado na região Nordeste do Brasil. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município possui uma densidade demográfica de aproximadamente 1.105 habitantes por quilômetro quadrado, com uma população de 286.120 pessoas em 2022 (IBGE, 2022).

A fabricação de joias e bijuterias em Juazeiro do Norte teve seu início por volta do ano de 1893, sendo que apenas na década de 1960 foi considerada como um processo industrial. Na década de 1990, houve significativos investimentos para a aquisição de tecnologia e a expansão da produção, para atender principalmente à demanda das regiões Norte e Nordeste do país (Fernandes, 2005).

Figura 1 – Localização geográfica - Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Pereira (2021).

Juazeiro do Norte, juntamente com os municípios de Crato, Barbalha, Jardim, Missão Velha, Caririaçu, Farias Brito, Nova Olinda e Santana do Cariri compõem a Região Metropolitana do Cariri (RMC)[1]. Nesse espaço, existem quase 40 mil empresas ativas que juntas empregam aproximadamente 110 mil trabalhadores com remuneração média de R$2.280 (SEBRAE, 2024).

A RMC está situada na bacia sedimentar do Araripe, uma das mais complexas formações do interior do Nordeste brasileiro. De acordo com Lima e Ribeiro (2012), a alta evapotranspiração e a irregularidade das chuvas podem resultar em uma recarga limitada dos aquíferos, tornando a gestão dos recursos hídricos subterrâneos ainda mais essencial uma vez que o clima semiárido com precipitação irregular e concentrada influencia a recarga dos aquíferos.

[1] A Região Metropolitana do Cariri, criada em Lei Complementar Estadual nº 78 de 29/06/2009, é composta por 9 municípios: Crato, Juazeiro do Norte, Barbalha, Caririaçu, Farias Brito, Jardim, Missão Velha, Nova Olinda e Santana do Cariri (Ceará, 2009).

Juazeiro do Norte tem uma história ligada à figura do Padre Cícero Romão Batista, que foi seu primeiro prefeito e exerceu grande influência política, religiosa e ideológica no desenvolvimento local. Conforme Nascimento *et al* (2022), o município possui um desenvolvimento notável, chegando a ser a quarta maior economia do Ceará, apesar de que, ao longo do tempo, tenha acumulando problemas crônicos como crescimento desordenado, falta de saneamento básico em algumas áreas e deficiências na mobilidade urbana e na preservação do patrimônio histórico e ambiental.

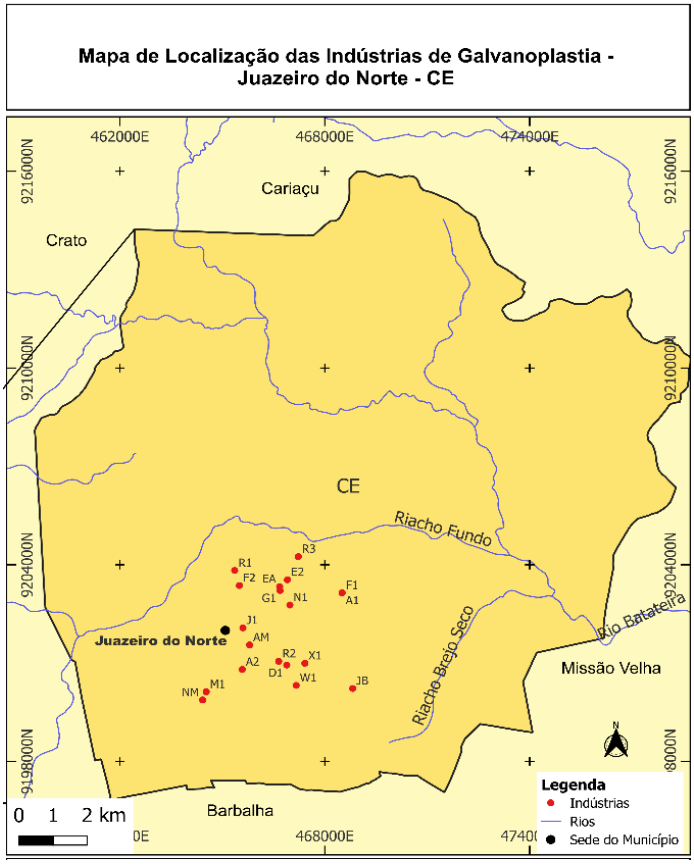
A cidade emergiu como um polo industrial em meados do século XX, impulsionada por políticas de desenvolvimento regional e incentivos fiscais (Queiroz, 2014; Rodrigues, Alves; Pinheiro, 2017). O processo de industrialização de Juazeiro do Norte se intensificou nas últimas décadas, com a instalação de empresas de diversos setores, como o calçadista, de folheados, de construção civil e o agroindustrial (Santana, 2021). Para Ferreira Neto (2022), merece destaque o desenvolvimento da indústria da construção civil, com a construção de edifícios residenciais e comerciais, impulsionado pelo crescimento da cidade e pela instalação de novos polos universitários. Já o setor agroindustrial se consolidou com a produção de frutas, como a banana e o caju, e de produtos derivados do leite, como o queijo e o iogurte, além da produção de mel e de tilápia, que também tem ganhado importância na região (Santana, 2021).

A localização de Juazeiro do Norte como centro político, econômico, religioso e comercial atrai um grande número de pessoas para trabalhar, estudar e consumir bens e serviços, vindas de toda a circunvizinhança, de outros pontos do Ceará e de estados que fazem divisa com o território cearense (Pernambuco, Paraíba e Piauí). Além disso, a cidade é um polo de serviços, educação e saúde. Todos esses fatores resultam em desafios para o planejamento urbano e a gestão de serviços públicos. Nessa dinâmica, Juazeiro do Norte se tornou um expressivo centro de produção de semijoias e folheados, com empresas que exportam para diferentes países (Ferreira Neto, 2022).

A maioria das indústrias de semijoias em Juazeiro do Norte está concentrada na área urbana, com algumas delas localizadas próximas aos rios Batateira e Salgadinho, importantes recursos hídricos do município. A contaminação de lençóis freáticos e riachos menores ainda é uma possibilidade, caso os dejetos industriais não sejam gerenciados de forma responsável.

Segundo dados fornecidos pela Autarquia Municipal do Meio Ambiente de Juazeiro do Norte – AMAJU (2022), o Cariri cearense possui 19 fabricantes de semijoias folheadas, todos licenciados no município de Juazeiro do Norte (Figura 2). Essas empresas integram o setor de metalurgia no Cariri, o qual representa 12,2% do total de indústrias instaladas na região (Lima *et al.*, 2018).

Figura 2 – Localização geográfica das indústrias de semijoias - Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Barbosa (2024).

O estudo de Nascimento e Chacon (2016) destaca que Juazeiro do Norte enfrenta desafios específicos em relação à sustentabilidade. A cidade possui uma alta taxa de urbanização e carece de estratégias eficazes para o desenvolvimento urbano sustentável. Isso se reflete em diversos problemas ambientais, como a poluição dos recursos hídricos, o desmatamento e a degradação de áreas protegidas.

Em regiões onde há limitação de recursos hídricos, como no semiárido do Nordeste do Brasil, faz-se necessário um rigoroso controle na qualidade dos processos de tratamento dos efluentes gerados pelo setor (ANA, 2012; COGERH, 2009). Particularmente na Região Metropolitana do Cariri, o município de Juazeiro do Norte destaca-se nacionalmente como um polo industrial metalúrgico responsável pela produção de semijoias folheadas.

Um tratamento eficiente de efluentes industriais precisa ir além de apenas remover os poluentes visíveis. Ele deve garantir que a água tratada esteja em conformidade com as normas ambientais e possa ser reutilizada ou descartada com segurança sem causar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde pública. A sustentabilidade da atividade galvânica depende da

resolução dos impasses ambientais gerados pelos efluentes e resíduos sólidos (Figueirêdo *et al.* 2021).

Uma das preocupações é a vulnerabilidade dos aquíferos que abastecem a região. Essa preocupação também se expressa no estudo de Santos *et al.* (2015), que trata da superexploração das águas subterrâneas na microbacia III do Rio Salgado, que abrange Juazeiro do Norte. Ambos os estudos apontam para a necessidade de um controle rigoroso na qualidade do tratamento de efluentes para garantir a sustentabilidade da atividade e proteger os recursos hídricos da região.

Já o estudo de Nascimento, Alves e Chacon (2014) aborda a insustentabilidade urbana em Juazeiro do Norte, destacando a falta de planejamento urbano e a gestão inadequada de resíduos sólidos como fatores que contribuem para a degradação ambiental. Figueirêdo *et al.* (2021) complementam essa análise, ao focar especificamente nos resíduos gerados pela indústria com atividade galvânica, que contribuem para a poluição e degradação do meio ambiente. Ambos os estudos apontam para a necessidade de medidas que assegurem a sustentabilidade da atividade industrial e a conservação ambiental em Juazeiro do Norte.

3.2 GALVANOPLASTIA

A galvanoplastia, também conhecida como eletrodeposição, é um processo eletroquímico amplamente utilizado na indústria para revestir objetos metálicos com camadas finas de outros metais. Esse processo envolve a imersão do objeto a ser revestido (cátodo) e de um eletrodo do metal de revestimento (ânodo) em uma solução eletrolítica contendo íons do metal de revestimento. Quando uma corrente elétrica passa através da solução, os íons metálicos são reduzidos no cátodo, formando uma camada uniforme e aderente sobre a superfície do objeto (SESI, 2007).

As indústrias com emprego de galvanoplastia possuem grande importância econômica, tanto pela diversidade de aplicações de seus produtos quanto pelos aspectos sociais relacionados a ela. A galvanoplastia, processo essencial na indústria moderna, agrega valor aos produtos ao conferir benefícios estéticos, funcionais e econômicos. Seu principal objetivo é proteger metais menos nobres da corrosão e do desgaste, revestindo-os com metais mais resistentes. (CETESB, 2005; INEA, 2014).

A galvanoplastia, também conhecida como eletrodeposição de metais, é um processo eletroquímico que consiste na aplicação de uma camada metálica sobre a superfície de uma peça (Santos *et al.*, 2005). Essa técnica se desenvolveu ao longo do século XIX e início do

século XX, impulsionada pela Revolução Industrial e pela necessidade de produzir joias e bijuterias mais acessíveis (Gemma; Lima; Viganô, 2021; Lisbôa, 2011).

A galvanoplastia desempenhou um papel crucial na indústria automobilística, principalmente na proteção contra corrosão e na melhoria da aparência de peças. As primeiras técnicas incluíam a pintura por imersão anódica, utilizada pela Volkswagen, e a eletroforese catódica, adotada pela Ford em 1978. A eletroforese catódica, por sua maior eficiência, tornou-se padrão em revestimentos anticorrosivos, impulsionando a galvanoplastia no setor (ABTS, 2018).

Na indústria com emprego de processos galvânicos dedicados ao tratamento de superfícies metálicas ou plásticas, são utilizados diversos metais, substâncias e compostos químicos. Diversos metais pesados são utilizados em processos de galvanoplastia, com destaque para cádmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), estanho (Sn), ouro (Au), prata (Ag), cromo (Cr) e zinco (Zn). A aplicação desses metais na proteção e embelezamento de peças ocorre por meio de processos químicos ou eletrolíticos. (Riani, 2008).

A galvanoplastia tem múltiplas aplicações, visando não apenas proteger as peças contra a corrosão, mas também conferir melhorias estéticas e funcionais. O processo aumenta a durabilidade, a resistência e a espessura das peças, além de aprimorar propriedades como condutividade e lubrificação, agregando valor e qualidade aos produtos. (Oliveira, 1990). Utiliza a eletrólise em meio aquoso para cobrir uma determinada peça metálica com outro metal. O tipo de galvanoplastia sempre está associado ao metal utilizado para recobrir uma determinada peça (ABTS, 2018). Assim, vejam-se os tipos de galvanoplastia mais comumente utilizados na indústria:

- **Cromagem**: recobrimento de uma peça com o metal crômio (Cr);
- **Prateação**: recobrimento de uma peça com o metal prata (Ag);
- **Douração**: recobrimento de uma peça com o metal ouro (Au);
- **Niquelagem**: recobrimento de uma peça com o metal níquel (Ni);
- **Zincagem**: recobrimento de uma peça com o metal zinco (Zn);
- **Estanhagem**: recobrimento de uma peça com o metal estanho (Sn);
- **Cadmeação**: recobrimento de uma peça com o metal cádmio (Cd).

A galvanoplastia pode ser realizada por intermédio de duas técnicas básicas:

1ª técnica:

- O objeto de metal a ser recoberto é posicionado no cátodo.

- Um material inerte (grafita) é posicionado no ânodo.
- Utiliza-se uma solução saturada formada por água e um sal que contenha o metal que recobrirá o outro objeto metálico.
- Nessa técnica, apenas os cátions do metal (provenientes do sal) sofrerão redução no outro objeto metálico.

2ª técnica:

- O objeto de metal a ser recoberto é posicionado no cátodo.
- Uma placa do metal que recobrirá o objeto metálico é posicionada no ânodo.
- Utiliza-se uma solução com o metal que recobrirá o outro objeto metálico.
- Nessa técnica, o metal presente no ânodo sofre oxidação e aumenta a quantidade de cátions na solução, o que eleva a quantidade de material reduzido no objeto metálico.

Independentemente da técnica utilizada, o princípio da galvanoplastia é sempre o mesmo. Na década de 1960, com a evolução dos conversores estáticos, ocorreu a substituição das válvulas por elementos semicondutores de óxido de cobre, de selênio e, posteriormente, de silício, como elementos de retificação de corrente alternada para corrente contínua. Com o avanço da eletrônica ao longo do tempo, surgiram os transistores, permitindo a construção de retificadores de alta frequência. Assim, foi possível diminuir o tamanho dos equipamentos. O uso dos transistores possibilitou ainda a diminuição do consumo de energia elétrica (ABTS, 2018).

Nesse sentido, o tratamento de superfícies proporcionado pela galvanoplastia possibilita resistência à corrosão das peças e melhora tanto seus aspectos estéticos quanto técnicos, podendo ser aplicado a uma vasta gama de produtos, desde pequenas bijuterias a aviões de grande porte. A versatilidade do emprego da galvanoplastia demonstra sua importância no tratamento de superfícies em vários setores da indústria.

A produção de joias, semijoias e bijuterias é um processo multifacetado que abrange desde a extração mineral até o acabamento do produto final, englobando setores correlatos como artefatos de pedras, equipamentos e insumos (ABDI, 2019). O parque industrial brasileiro é bastante diversificado, com empresas de lapidação, joalheria, artefatos de pedras, folheados e bijuterias (SEBRAE, 2020). A seguir, para melhor compreensão quanto a esses itens, são apresentadas informações gerais sobre joias, semijoias e bijuterias:

- **Joias** – Joias são peças fabricadas exclusivamente com metais nobres, como ouro e prata, aliadas a pedras preciosas, como diamantes, esmeraldas e rubis, ou pérolas (Schumann, 2006). O alto valor agregado dos materiais utilizados garante às joias durabilidade e exclusividade, tornando-as peças de alto valor monetário. Por isso, são mais exclusivas, duram por décadas e são as mais caras.
- **Semijoias** – Semijoias ocupam um espaço intermediário entre joias e bijuterias, combinando estrutura em materiais como latão com revestimentos de metais nobres como ouro, prata ou ródio (SEBRAE, 2021). É comum a presença de diferentes metais em uma única peça: pingente de zamac, elo de latão, corrente de tombac, peças plásticas metalizadas, além de pedras naturais e sintéticas, e adereços plásticos (ABDI, 2019). No caso do ouro, a numeração mais utilizada no Brasil é 750 (ouro 18k), com 75% de ouro e 25% de outros metais. Santos (2017) explica que, no caso da prata, a numeração 925 indica que, para cada 1000g, há 925g de prata e 75g de outros metais (como o cobre) – ou, em percentuais, 92,5% de prata e 7,5% de outros metais por peça, de maneira que a 950 representa 95% de prata e 5% de outros materiais em cada peça. As semijoias podem ser adornadas com diversas pedras, como pirita, ametista, quartzo, turmalina e cristais. Existem dois processos principais de revestimento: o banho e o folheamento (chapeamento). No banho, a peça é submersa em uma solução de metais nobres e, por meio de corrente elétrica (galvanoplastia), ocorre a fixação desses metais. O folheamento, por sua vez, consiste na aplicação de uma fina camada de metal por compressão, um processo considerado obsoleto (SEBRAE, 2021). A principal diferença entre os dois processos reside na durabilidade. O banho oferece maior resistência, o que justifica o preço mais elevado das peças banhadas em comparação às folheadas (SESI, 2007).
- **Bijuterias** – As bijuterias geralmente são produzidas em massa, utilizando materiais menos nobres como miçangas e metais que oxidam com facilidade (alumínio, cobre e latão) (SEBRAE, 2021). As peças podem ser prateadas ou douradas, mas tendem a escurecer rapidamente, sobretudo se não houver acabamento final (Santos; Yamanaka; Pacheco, 2005).

3.2.1 Caracterização do objeto de estudo

O processo de galvanização acontece simplificadamente em duas etapas: a primeira consiste na limpeza e preparo das peças com o uso de produtos químicos decapantes e

desengraxantes; em seguida, é feito o revestimento propriamente dito com os metais desejados (SESI, 2007). No Quadro 1, apresenta-se a descrição das etapas do processo de galvanoplastia.

Quadro 1 – Descrição das etapas do processo de galvanoplastia utilizado por indústrias de semijoias folheadas.

Etapa	Descrição da função
Decapagem	Retira as impurezas das peças, remove tintas, óxidos, ferrugem, graxa e óleo. Isso é feito mergulhando a peça em soluções químicas, por exemplo, com a combinação de peróxidos com ácidos ou cianetos.
Desengraxe	Tem a finalidade de limpar a superfície das peças. Estes são os dois principais métodos de desengraxe utilizados no setor de semijoias folheadas: - Desengraxe alcalino: utiliza sais alcalinos e tensoativos para remover sujeira de metais ferrosos, deixando-se a peça em suspensão ou emulsão; - Desengraxe eletrolítico: aplica corrente elétrica às peças imersas em desengraxante, sendo as peças ligadas como ânodo ou cátodo para auxiliar na remoção da sujeira.
Ativação ácida	Remove pequenas oxidações. Esse processo se repete a partir do desengraxe e consiste em amenizar a eletrólise anterior para não haver contaminação de um processo para outro, a fim de garantir melhor aderência da camada de metal que será depositada. São usadas soluções ácidas de baixa concentração para remoção da camada de óxidos. Em geral, usam-se ácidos sulfúrico (mais comum), clorídrico, fosfórico ou nítrico.
Cobreação alcalina	É o primeiro passo de deposição metálica e consiste em uma fina camada de cobre. Tem como finalidade a uniformização do material, a perfeita aderência entre o material base e a cobreação ácida que virá a seguir, pois a cobreação alcalina age como isolador da base de latão. Esses processos são, em geral, realizados com sais de cobre cianeto, em que o cianeto cúprico é complexado com cianeto de potássio ou de sódio, para a formação de compostos solúveis de cobre em solução aquosa.
Cobreação ácida	Destina-se a nivelar as peças. Nessa etapa, os microporos são corrigidos e as peças ganham brilho. Trata-se da deposição de uma camada mais espessa de cobre. Os banhos de cobre ácido são compostos de sulfato de cobre, ácido sulfúrico, ácido clorídrico e ainda abrilhantadores e niveladores.
Níquel	Tem a função de nivelar as imperfeições da peça e permite que a deposição posterior apresente excelente aspecto. O banho de níquel tipo *Watts* é o mais popular. Para fins decorativos, os banhos contêm agentes orgânicos, como ácidos benzeno dissulfônicos e trissulfônicos, benzeno sulfonamidas, formaldeído e outros. Atualmente, dadas as características alergênicas do metal, há a produção de peças que não levam níquel em seu processo de produção.
Camada de pré-ouro	Destina-se a assegurar a perfeita aderência da camada principal, melhorar a penetração e a distribuição uniforme da camada, bem como proteger o banho de folheação das possíveis contaminações por arraste.
Folheação	Os banhos com teor mais alto de ouro e sais são utilizados para a folheação. Nas aplicações decorativas, é muito importante a cor do depósito. A redução da pureza do depósito, pela substituição do ouro por outro metal, reduzirá a resistência da peça à oxidação.
Cor final	O objetivo é obter um padrão de tonalidade homogêneo com resistência à perda de brilho e a alterações na cor devido à oxidação.
Água quente e secagem	As peças são mergulhadas em água quente (entre 85ºC a 95°C) durante 5 minutos para eliminar resíduos da superfície que poderiam causar manchas. Para a secagem das peças, utiliza-se uma centrífuga, que deve ser utilizada conforme o tipo de material, para evitar riscos ou danos.

Fonte: Adaptado de Fernandes (2005) e Santos, Yamanaka e Pacheco (2005).

Entre cada etapa do processo de galvanoplastia acontece a lavagem das peças, representada pela Figura 3, visando evitar a contaminação cruzada e garantir a qualidade e a durabilidade do revestimento final (SESI, 2007). Segundo Riani (2008), as principais razões para essa etapa incluem:

- **Remoção de contaminantes**: Resíduos de produtos químicos, óleos, graxas e outras impurezas podem aderir à superfície das peças durante as etapas anteriores. A lavagem remove esses contaminantes, evitando que interfiram na adesão e uniformidade do revestimento subsequente.
- **Prevenção da contaminação cruzada**: Diferentes banhos químicos são utilizados ao longo do processo de galvanoplastia. A lavagem impede que traços de um banho sejam transferidos para o próximo, o que poderia causar reações indesejadas e comprometer o resultado final.
- **Otimização da adesão do revestimento**: Uma superfície limpa e livre de contaminantes proporciona melhores condições para a adesão do revestimento galvânico. Isso garante uma camada uniforme, resistente e com maior durabilidade.
- **Economia de produtos químicos**: A lavagem eficiente reduz o arraste de produtos químicos de um banho para outro, diminuindo o consumo e os custos com reposição.
- **Conformidade ambiental**: A lavagem adequada contribui para o tratamento eficiente dos efluentes gerados no processo de galvanoplastia, minimizando o impacto ambiental.

Figura 3 – Etapa de lavagem das peças.



Fonte: Foto de Sheilla Figueirêdo (2024).

Importa ressaltar que a qualidade da água utilizada na lavagem também é importante no processo de galvanoplastia, pois a água contaminada pode introduzir novas impurezas nas peças, anulando o propósito da lavagem e comprometendo a qualidade do revestimento (SESI, 2007). A água pura, como a água deionizada, é ideal, principalmente nas etapas de lavagem.

3.2.2 Aspectos e impactos da galvanoplastia

3.2.2.1 Consumo de água e geração de efluentes

A galvanoplastia utiliza um grande volume de água em seus processos, variando de 10 a 100m³ para pequenas e medias empresas respectivamente (dados da pesquisa), principalmente nas etapas de lavagem, que são responsáveis pela maior parte do consumo. A água é utilizada para a remoção de impurezas e excesso de produtos químicos das peças após cada etapa do processo, como o desengraxe, a decapagem e o revestimento (SESI, 2007).

O consumo de água na indústria galvânica é uma preocupação crescente, tanto pelo alto custo do recurso, especialmente em regiões com escassez hídrica, quanto pelo impacto ambiental da geração de efluentes. O aumento no consumo de água implica diretamente maior volume de efluentes, o que eleva os custos de tratamento e a produção de lodo galvânico (CETESB, 2005).

Visando à conservação dos recursos hídricos e a redução do impacto ambiental, empresas do setor de galvanoplastia estão investindo em tecnologias inovadoras, como o reúso da água de lavagem após tratamento e a otimização dos processos de lavagem, garantindo maior eficiência e sustentabilidade na utilização da água. (Riani, 2008). A busca por alternativas mais sustentáveis e economicamente viáveis para o tratamento de efluentes galvânicos tem impulsionado pesquisas com materiais de baixo custo, como biomassas. A técnica de adsorção, que utiliza esses materiais para remover os poluentes, apresenta-se como uma promissora solução para reduzir a geração de resíduos e os custos do tratamento. (Veit *et al.*, 2009).

A água utilizada nas etapas de lavagem da galvanoplastia acaba contaminada por substâncias químicas presentes no processo, como metais pesados (cromo, níquel, cobre, zinco, cádmio e chumbo), cianetos e ácidos (Riani, 2008). O descarte inadequado desses efluentes, sem o devido tratamento, representa uma séria ameaça ao meio ambiente, podendo contaminar rios, lagos e aquíferos, com consequências negativas para a vida aquática e a saúde humana (Veit *et al.*, 2009).

Para mitigar esses impactos, todas as indústrias de galvanoplastia devem tratar seus efluentes em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), conforme ilustrado na Figura 4, de modo a remover ou reduzir a concentração de metais pesados a níveis seguros, em consonância ao que a legislação ambiental estabelece (Brasil, 2011; Ceará, 2017). Após o tratamento, procede-se ao descarte em redes de água e esgoto ou diretamente em corpos d’água,

dependendo do tratamento ou da disponibilidade de rede de esgoto na região (CETESB, 2005; INEA, 2014).

Além disso, o adequado tratamento dos efluentes na galvanoplastia é essencial para evitar a contaminação do meio ambiente e garantir a saúde pública. Nesse propósito, adotar medidas para reduzir o consumo de água e tratar os efluentes de forma adequada, bem como buscar alternativas mais sustentáveis para o gerenciamento de seus resíduos, é decisivo para um futuro mais limpo e sustentável para o setor de galvanoplastia.

Figura 4 – Estação de Tratamento de Efluentes.



Fonte: Foto de Sheilla Figueirêdo (2021).

Ademais, a combinação de diferentes técnicas, como a adsorção e a eletroflotação-coagulação, também se mostra promissora no tratamento de efluentes galvânicos. Tecnologias de reúso da água, como o uso de membranas e, principalmente, sistemas de osmose reversa, também contribuem para a redução do consumo hídrico, permitindo o reúso da água (Tang *et al.*, 2018). Vaz *et al.* (2010) aborda o gerenciamento de resíduos e efluentes na indústria galvânica, com foco no tratamento de efluentes líquidos, na otimização do uso da água e na adoção de tecnologias limpas.

No Brasil, os parâmetros e diretrizes para o lançamento de efluentes e a gestão de recursos hídricos são estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997) e pela Resolução CONAMA nº 430/2011. No Ceará, a legislação estadual, implementada pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE), complementa as normas federais.

A resolução do problema do descarte de efluentes, através das Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs), trouxe um novo desafio para indústrias que utilizam o processo de galvanoplastia: o lodo galvânico, classificado como resíduo perigoso pela NBR 10.004:2004 da ABNT e que exige uma destinação controlada.

3.2.2.2 Resíduos sólidos da galvanoplastia

Os principais resíduos sólidos gerados numa galvanoplastia são lodo de tratamento – que contém sais metálicos precipitados na forma de hidróxidos –, produtos rejeitados e resíduos de polimento. Os metais sedimentados são removidos nos próprios reatores e constituem o assim chamado “lodo galvânico” (INEA, 2014). O lodo galvânico, representado na Figura 5, apresenta alta concentração de metais pesados e é classificado como resíduo perigoso, de acordo com a norma NBR 10004:2004 (ABNT, 2004). Representa risco para o meio ambiente e para a saúde humana, caso não seja tratado e disposto de forma adequada.

Figura 5 – Lodo galvânico.



Fonte: Foto de Sheilla Figueirêdo (2024).

A composição dos resíduos sólidos da galvanoplastia é variável e depende do tipo de processo utilizado e dos metais presentes nos banhos. Estudos recentes têm explorado a caracterização e o tratamento do lodo galvânico, buscando alternativas para sua disposição segura e potencial valorização. Oliveira *et al.* (2018) realizaram uma análise detalhada da composição do lodo galvânico, identificando a presença de metais como cromo, níquel, cobre

e zinco em concentrações elevadas. Essa caracterização é importante para a escolha da melhor estratégia de tratamento e destinação do resíduo.

Moreira (2021) revisou as principais tecnologias de tratamento de lodo galvânico, incluindo a estabilização/solidificação, a incineração e a recuperação de metais. A estabilização/solidificação consiste na transformação do lodo em um material sólido e estável, reduzindo a lixiviação de contaminantes. Quanto à incineração, essa tecnologia permite a destruição da matéria orgânica e a redução do volume do resíduo, mas gera emissões atmosféricas que devem ser controladas. Por sua vez, a recuperação de metais, através de técnicas como a lixiviação ácida e a eletrólise, possibilita a valorização do lodo e a recuperação de recursos valiosos.

Os metais pesados presentes no processo da galvanoplastia representam um risco ambiental significativo. Diversos estudos mostraram que as águas residuais dos processos de galvanoplastia estavam com alto nível de poluição por esses metais pesados, em proporção suficiente para causar prejuízos a ecossistemas terrestres e aquáticos e acarretar grau severo de toxicidade em sistemas de abastecimento de água (Kumar; Dwivedi, 2021). Na galvanoplastia, os metais pesados são utilizados na forma de sais solúveis, que não são destruídos durante o tratamento de efluentes e se acumulam no lodo resultante (CETESB, 2005).

Além dos metais pesados, a galvanoplastia utiliza substâncias como ácidos, álcalis, cianeto, surfactantes e nitrilas, que podem causar danos aos cursos d'água e redes de esgoto se descartados sem neutralização (CETESB, 2005). O lodo galvânico, frequentemente colorido (azul, verde, cor de tijolo, branco leitoso, marrom acinzentado) e com pH extremo, exige acondicionamento e destinação adequados.

A problemática da destinação desse tipo de resíduo é algo preocupante, que motiva pesquisadores a buscarem uma solução, sobretudo em razão de seus custos elevados de armazenamento e descarte (Li *et al.*, 2010) e da grande acumulação desses materiais potencialmente perigosos ao meio ambiente (Silva *et al.*, 2005).

Apesar da necessidade de tratamento e disposição controlada, o armazenamento e a destinação do lodo galvânico têm custo elevado, contribuindo para o acúmulo de materiais perigosos. No entanto, a remoção e recuperação das espécies metálicas presentes no lodo representam uma oportunidade de transformar esse resíduo em matéria-prima (Ozbas *et al.*, 2013). A recuperação de metais valiosos, como níquel, cobre e zinco, não apenas reduz o impacto ambiental do lodo, mas também agrega valor econômico ao processo (Jandová; Dvorák; Jiricný, 2005; Jandová; Stefanová; Niemczyková, 2000).

Nessa mesma lógica, os metais existentes no lodo galvânico podem ser efetivamente removidos, e tanto as lamas filtradas quanto os metais pesados têm uma ótima possibilidade de serem reutilizados (Ozbas *et al.*, 2013). As produções existentes a respeito do resíduo industrial galvânico abordam aspectos relacionados à recuperação de metais, à incorporação do lodo na fabricação de outros tipos de materiais e ao desenvolvimento de tecnologias ou técnicas para o reaproveitamento desses resíduos altamente poluentes, contribuindo assim para a redução de sua disposição inadequada no ambiente (Su; Liang; Guan, 2016).

Além disso, a recuperação dos metais presentes no lodo galvânico diminui a toxicidade desse material. Reincorporar esses metais ao processo de galvanização apresenta-se como uma alternativa economicamente e ambientalmente favorável, pois implica redução nos custos com a destinação do lodo e com a compra de novos reagentes (Ozbas *et al.*, 2013).

Dessa forma, a gestão do lodo galvânico na indústria galvânica exige atenção especial, mediante soluções que minimizem os riscos ambientais e maximizem a recuperação de recursos. A adoção de tecnologias limpas, o desenvolvimento de processos de tratamento mais eficientes e a busca por alternativas de valorização do lodo são medidas essenciais para a sustentabilidade do setor.

3.2.2.3 Consumo de energia

O consumo de energia é um fator importante a ser considerado em processos de galvanoplastia, especialmente naqueles que envolvem o uso de eletricidade para a deposição de metais (Jandová; Stefanová; Niemczyková, 2000). Embora não haja legislação que controle esse consumo, a exemplo do que ocorre com a água, deve-se ter o cuidado de reduzir o consumo de eletricidade ao mínimo, de modo a reduzir custos.

O consumo de energia na galvanoplastia é influenciado por diversos fatores (SESI, 2007), incluindo:

- **Eletrodeposição:** A etapa central do processo, onde a corrente elétrica deposita o metal na peça. O consumo depende da quantidade de peças, área revestida, espessura da camada e tipo de metal.
- **Aquecimento dos banhos:** Essencial em alguns processos, como zincagem alcalina. O consumo depende do volume, temperatura e sistema de aquecimento (elétrico ou a vapor).
- **Bombas e filtros:** Usados para circulação e purificação das soluções. O consumo depende da potência e tempo de funcionamento.

- **Iluminação e ventilação:** Garantem segurança e conforto, mas impactam o consumo, que varia com o tamanho da área e tipo de sistema.

Outros fatores podem influenciar o consumo, como o tipo de processo, a qualidade da matéria-prima e a eficiência dos equipamentos (SESI, 2007). A otimização do processo, com medidas como o uso de tecnologias eficientes e a recuperação de calor, é essencial para reduzir o consumo energético e os impactos ambientais.

É importante salientar que a redução do consumo de energia na galvanoplastia não só contribui para a sustentabilidade ambiental, como também pode gerar economia de custos para as empresas.

Todavia, reconhece-se que a gestão eficiente da energia na indústria com atividade galvânica é um desafio constante, que demanda a adoção de medidas integradas e a busca contínua por soluções inovadoras. A conscientização sobre a importância da eficiência energética e o investimento em tecnologias mais limpas se mostram essenciais para garantir a competitividade e a sustentabilidade do setor (Costa; Santos; Tavares, 2008; Figuerêdo, *et al.*, 2021).

3.2.2.4 Impactos causados pelos metais utilizados

O principal impacto dos metais no ambiente está na forma de sais solúveis (Costa *et al.*, 2004), conforme apresentado no Quadro 2. Esses sais não são destruídos durante o processo de tratamento de efluentes, permanecendo no lodo resultante (CETESB, 2005). Em corpos d'água, a presença desses sais pode levar à contaminação de solos e águas subterrâneas, bioacumulação em organismos aquáticos, efeitos tóxicos em organismos terrestres e aquáticos e riscos à saúde humana através da cadeia alimentar (Riani, 2008).

Quadro 2 – Principais metais presentes no lodo galvânico e seus possíveis efeitos.

Metal	**Possíveis efeitos**
Cobre	*Irritação*: O contato direto com o cobre pode causar irritação na pele, olhos e mucosas. A inalação de poeira ou fumos de cobre pode irritar o nariz, garganta e pulmões, levando a sintomas como tosse, dificuldade respiratória e dor de garganta. *Problemas gastrointestinais*: A ingestão de cobre em excesso pode causar náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal e cólicas. Em casos graves, podem ocorrer danos hepático e renal. *Doença de Wilson*: Condição genética rara, em que o organismo acumula cobre em excesso, principalmente no fígado e no cérebro. Pode levar a problemas neurológicos, hepáticos e psiquiátricos. *Febre do metal*: É uma reação semelhante à gripe, que pode ocorrer após a exposição a fumos de óxido de cobre. Os sintomas incluem febre, calafrios, dores musculares, fadiga e sabor metálico na boca.

Metal	Possíveis efeitos
	Observação: Importa ressaltar que a maioria dos efeitos do cobre na saúde humana ocorre devido à exposição excessiva e prolongada. A exposição a níveis baixos de cobre geralmente não causa problemas de saúde.
Chumbo	*Sistema nervoso*: O chumbo pode causar danos neurológicos, especialmente em crianças, resultando em problemas de desenvolvimento, dificuldades de aprendizado, alterações comportamentais e até mesmo diminuição do QI. Em adultos, a exposição pode levar a neuropatia periférica, tremores, fraqueza muscular e problemas de memória. *Sistema hematológico*: Interfere na produção de hemoglobina, podendo causar anemia. *Sistema renal*: A exposição prolongada pode levar a danos renais, incluindo insuficiência renal crônica. *Sistema cardiovascular*: O chumbo pode contribuir para o aumento da pressão arterial e doenças cardiovasculares. *Sistema reprodutivo*: Em homens, a exposição pode afetar a qualidade do esperma e a fertilidade. Em mulheres grávidas, o chumbo pode atravessar a placenta e prejudicar o desenvolvimento do feto.
Cromo	Efeitos respiratórios *Irritação*: O cromo hexavalente [Cr(VI)] é um forte irritante das vias respiratórias, podendo causar coriza, dor de garganta, tosse, dificuldade respiratória e bronquite. *Câncer de pulmão*: A inalação crônica de cromo hexavalente é um fator de risco comprovado para o desenvolvimento de câncer de pulmão. *Perfuração do septo nasal*: A exposição prolongada a altas concentrações de cromo hexavalente pode levar à perfuração do septo nasal. Efeitos na pele *Dermatite de contato*: O contato pode causar dermatite alérgica de contato, caracterizada por vermelhidão, coceira, inchaço e formação de bolhas na pele. *Úlceras cutâneas*: A exposição crônica pode levar à formação de úlceras na pele, que são lesões dolorosas e de difícil cicatrização. Outros efeitos *Danos renais e hepáticos*: A exposição prolongada pode causar danos aos rins e ao fígado. *Efeitos reprodutivos*: Estudos em animais sugerem que o cromo hexavalente pode afetar a fertilidade e causar danos ao feto em desenvolvimento. *Câncer em outros órgãos*: Há evidências de que a exposição ao cromo hexavalente pode aumentar o risco de câncer em outros órgãos, como o estômago e a bexiga.
Cádmio	Efeitos respiratórios *Irritação*: A inalação de cádmio pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e edema pulmonar. *Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC)*: A exposição crônica ao cádmio pode contribuir para o desenvolvimento de DPOC, uma condição que causa dificuldade respiratória progressiva. *Câncer de pulmão*: Estudos epidemiológicos associam a exposição prolongada ao cádmio com um risco aumentado de câncer de pulmão. Efeitos renais *Danos renais*: O cádmio acumula-se nos rins e pode causar danos aos túbulos renais, levando à disfunção renal e, em casos graves, à insuficiência renal. *Cálculos renais*: A exposição pode aumentar o risco de formação de cálculos renais. Efeitos ósseos *Osteoporose*: O cádmio interfere no metabolismo do cálcio e pode levar à osteoporose, uma condição que enfraquece os ossos e aumenta o risco de fraturas. *Doença "itai-itai"*: A doença "itai-itai", uma forma grave de osteomalácia (amolecimento dos ossos) causada pela exposição ao cádmio, foi descrita no Japão em comunidades expostas a altos níveis de cádmio por meio da água e alimentos contaminados. Outros efeitos *Efeitos cardiovasculares*: Pode contribuir para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como hipertensão e aterosclerose. *Efeitos reprodutivos*: Estudos em animais sugerem que o cádmio pode afetar a fertilidade masculina e feminina. *Câncer*: Além do câncer de pulmão, a exposição ao cádmio também tem sido associada a um risco aumentado de câncer de próstata, mama e bexiga.

Metal	Possíveis efeitos
Níquel	Efeitos respiratórios *Irritação*: A inalação de níquel pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e bronquite. *Asma ocupacional*: A exposição ao níquel é uma das principais causas de asma ocupacional, uma condição que causa chiado no peito, falta de ar e tosse. *Câncer de pulmão e seios nasais*: A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o níquel como carcinogênico para humanos, com evidências de que a exposição ocupacional aumenta o risco de câncer de pulmão e seios nasais. Efeitos na pele *Dermatite de contato alérgica*: É um dos alérgenos mais comuns, e o contato com a pele pode causar dermatite de contato alérgica, caracterizada por vermelhidão, coceira, inchaço e formação de bolhas. *Urticária de contato*: Algumas pessoas podem desenvolver urticária de contato após a exposição ao níquel, com sintomas como coceira intensa e erupções cutâneas. Outros efeitos *Efeitos cardiovasculares*: Estudos sugerem que a exposição ocupacional ao níquel pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares, como doença arterial coronariana e infarto do miocárdio. *Efeitos reprodutivos*: Há evidências limitadas de que a exposição ao níquel pode afetar a fertilidade masculina e causar danos ao feto em desenvolvimento.
Ródio	Exposição ao ródio metálico: Geralmente não causa problemas de saúde significativos. No entanto, a inalação de poeira ou fumos contendo ródio pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta e dificuldade respiratória. Exposição a compostos de ródio: Os compostos de ródio, como o cloreto de ródio, podem apresentar os seguintes riscos à saúde humana: *Irritação*: O contato com compostos de ródio pode causar irritação na pele, olhos e mucosas. A inalação de poeira ou fumos contendo compostos de ródio pode irritar as vias respiratórias. *Sensibilização*: Algumas pessoas podem desenvolver sensibilidade ao ródio, o que significa que a exposição repetida pode levar a reações alérgicas, como dermatite de contato. *Toxicidade sistêmica*: A ingestão ou inalação de grandes quantidades de compostos de ródio pode causar toxicidade sistêmica, afetando órgãos como rins e fígado.

Fonte: Adaptado de ATSDR (2012a, 2012b, 2022, 2023a, 2023b); ECHA (2017); IARC (2012a, 2012b); NIOSH (2015); WHO (2003, 2019).

A presença de metais pesados no lodo galvânico, como cromo e níquel, exige atenção especial na sua gestão e destinação (Riani, 2008). A recuperação dos metais presentes no lodo galvânico, através de técnicas como a lixiviação e a eletrólise, não só reduz a toxicidade do resíduo, mas também permite a reutilização desses metais na indústria, contribuindo para a economia circular e a sustentabilidade do setor (Jandová; Stefanová; Niemczyková, 2000).

3.2.2.5 Ácidos e álcalis

De modo geral, os ácidos e álcalis são amplamente utilizados na galvanoplastia para limpeza, decapagem e ajuste do pH dos banhos. No entanto, a descarga desses compostos sem neutralização prévia pode causar graves impactos ambientais e à saúde humana (Santos; Yamanaka; Pacheco, 2005).

Os agravos à saúde variam de acordo com a concentração e o tipo de substância, mas podem incluir irritações cutâneas, queimaduras, problemas respiratórios e danos aos olhos,

detalhados no Quadro 3. Vazamentos e derramamentos acidentais dessas substâncias também podem contaminar o solo, tornando-o impróprio para o cultivo e afetando a qualidade das águas subterrâneas.

Quadro 3 – Ácidos e álcalis mais comuns nas galvanoplastias e seus possíveis efeitos.

Ácidos e álcalis	Possíveis efeitos
Ácido clorídrico	A inalação dos vapores causa edemas pulmonares e mesmo a morte em altas concentrações. Por sua grande afinidade com a água, os vapores de HCl desidratam os tecidos do trato respiratório e dos olhos.
Ácido sulfúrico	Agente corrosivo e desidratante em sua forma líquida, penetra rapidamente pela pele, atinge o tecido subcutâneo e causa necrose de tecidos (semelhante a queimaduras).
Hidróxido de sódio (soda cáustica)	A substância é uma base forte, de reação violenta. É corrosiva em ambiente úmido para metais como Zn, Pb, Al e Sn, formando um gás combustível.
Hidróxido de potássio	Do mesmo modo que o hidróxido de sódio, é uma base forte, reagindo violentamente e sendo corrosivo em ambiente úmido para metais como Zn, Pb, Al e Sn, formando um gás combustível/explosivo.

Fonte: Adaptado de Santos, Yamanaka e Pacheco (2005).

3.2.2.6 Outros impactos da galvanoplastia

Além dos ácidos e álcalis, existem outros produtos utilizados no processo de galvanoplastia com potencial efeito poluidor ao meio ambiente. O Quadro 4 relaciona esses produtos químicos, apresentando os seus possíveis efeitos.

Quadro 4 – Outros produtos químicos utilizados na galvanoplastia e seus possíveis efeitos.

Produtos químicos	Possíveis efeitos
Cianetos	*Efeitos agudos:* **Irritação na pele e olhos**: o contato com o cianeto pode causar irritação, vermelhidão e queimaduras na pele e nos olhos. **Problemas respiratórios**: a inalação de cianeto pode causar irritação nas vias respiratórias, tosse, falta de ar e, em casos graves, edema pulmonar. **Intoxicação aguda**: a ingestão ou inalação de altas concentrações de cianeto pode levar à intoxicação aguda, com sintomas como dor de cabeça, náuseas, vômitos, confusão mental, convulsões, perda de consciência e até a morte. *Efeitos crônicos:* **Problemas neurológicos**: a exposição prolongada ao cianeto pode causar danos ao sistema nervoso, com sintomas como dor de cabeça, tontura, fraqueza, perda de memória e dificuldade de concentração. **Problemas cardíacos**: o cianeto pode afetar o sistema cardiovascular, causando arritmias e insuficiência cardíaca. **Problemas na tireoide**: a exposição crônica ao cianeto pode interferir no funcionamento da glândula tireoide.
Surfactantes	*Efeitos na pele:* **Irritação**: surfactantes podem remover os óleos naturais da pele, causando ressecamento, irritação, vermelhidão e coceira. **Dermatite de contato**: algumas pessoas podem desenvolver reações alérgicas a surfactantes específicos, resultando em dermatite de contato. **Penetração de substâncias**: surfactantes podem aumentar a permeabilidade da pele, facilitando a penetração de outras substâncias químicas, o que pode ser um problema em produtos que contenham ingredientes tóxicos.

Produtos químicos	Possíveis efeitos
	Efeitos nos olhos: **Irritação**: surfactantes podem causar irritação, vermelhidão e ardor nos olhos. **Danos à córnea**: a exposição prolongada a altas concentrações de surfactantes pode danificar a córnea, a camada externa transparente do olho. *Efeitos no sistema respiratório*: **Irritação**: a inalação pode causar irritação nas vias respiratórias, tosse e espirros. **Asma ocupacional**: em pessoas sensíveis, a exposição a surfactantes pode desencadear crises de asma. *Efeitos no sistema digestivo*: **Irritação**: a ingestão de surfactantes pode causar irritação no trato gastrointestinal, náuseas, vômitos e diarreia.
Nitrilas	*Efeitos na saúde:* **Irritação**: o contato pode causar irritação na pele, olhos e vias respiratórias. **Neurotoxicidade**: algumas nitrilas podem afetar o sistema nervoso, causando sintomas como dor de cabeça, tontura, fraqueza e convulsões. **Cianeto**: em algumas condições, as nitrilas podem ser metabolizadas em cianeto, uma substância altamente tóxica que interfere no transporte de oxigênio no organismo, podendo levar à morte. **Carcinogenicidade**: algumas nitrilas são consideradas cancerígenas ou potencialmente cancerígenas.

Fonte: Adaptado de SESI (2007).

3.2.3 Saúde e segurança do trabalhador de indústria com atividade galvânica

Os processos e as condições de trabalho das indústrias galvânicas expõem os trabalhadores a variados riscos ocupacionais, como os decorrentes de agentes químicos (que podem causar intoxicações, queimaduras, ulceração de mucosas, patologias respiratórias, corrosão de dentes e alergias), de acidentes (como quedas, respingos dos banhos, choque elétrico, fogo e explosões), de riscos físicos (principalmente ruído e calor associado com alta umidade), e os relacionados a fatores ergonômicos de posturas (levantamento e transporte de cargas, repetitividade de movimentos e ritmo intenso) (SESI, 2007).

A exposição aos produtos químicos utilizados na galvanoplastia, como ácidos, bases e metais pesados, pode causar uma série de problemas de saúde. Dermatites de contato, problemas respiratórios, lesões renais e inclusive câncer são alguns dos riscos aos quais os trabalhadores estão expostos. O estudo de Kanerva, Jolanki e Estander (1997), por exemplo, investigou a incidência de dermatites em trabalhadores expostos a cromo, níquel e cobalto, revelando um risco significativo ao desenvolvimento de problemas de pele.

Além disso, os trabalhadores também enfrentam riscos físicos, como a exposição a ruído excessivo, calor e radiação. O ruído pode levar à perda auditiva, o calor pode causar desidratação e exaustão, e a radiação, presente em alguns processos, pode ter efeitos prejudiciais a longo prazo.

A indústria com atividade galvânica acarreta ainda riscos ergonômicos, como lesões por esforço repetitivo (LER), e riscos de acidentes, como quedas, cortes, choques elétricos e

explosões, devido ao manuseio de peças, produtos químicos e equipamentos. Para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores, empresas do setor devem implementar medidas preventivas, como o uso de EPIs, treinamentos, programas de prevenção de riscos e a promoção de um ambiente de trabalho seguro, conforme o Manual de segurança e saúde no trabalho indústria galvânica (SESI, 2007).

- **Vestimentas e EPI:**
  - Fornecer aos trabalhadores vestimentas adequadas à função e EPI como protetores auriculares, óculos de segurança, luvas e máscaras.
  - Treinar os trabalhadores sobre o uso correto dos EPIs e vestimentas especiais para o manuseio de produtos químicos.
  - Higienizar os uniformes dos trabalhadores na própria empresa, evitando a contaminação dos familiares.

- **Utilização de produtos químicos**:
  - Armazenar produtos químicos de forma segura em local próprio, isolado e com ventilação.
  - Sinalizar e identificar adequadamente as prateleiras com os produtos químicos.
  - Disponibilizar fichas toxicológicas com informações sobre os produtos químicos.
  - Treinar os trabalhadores sobre o uso, manuseio e descarte dos produtos químicos.

- **Aspectos ergonômicos**:
  - Implantar medidas para evitar o trabalho em pé por longos períodos.
  - Adequar as bancadas e os assentos dos trabalhadores à função exercida.
  - Instalar suportes para evitar o levantamento de peso e o transporte manual de cargas.
  - Otimizar a iluminação nos postos de trabalho.
  - Oferecer ginástica laboral e revezamento de tarefas para reduzir os efeitos dos movimentos repetitivos.

- **Condições de saúde**:
  - Oferecer atenção integral à saúde do trabalhador com atividades de atenção primária, secundária e terciária.

- Realizar campanhas, treinamentos e programas preventivos sobre diferentes temas.
- Avaliar periodicamente a saúde dos trabalhadores com atenção especial para os sistemas respiratório, auditivo e a pele.

A conscientização e o compromisso de todos os envolvidos são cruciais para assegurar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores da indústria galvânica. Adotar medidas de segurança eficazes e educar os trabalhadores sobre os riscos ocupacionais são práticas fundamentais para prevenir acidentes, contribuindo para a criação de um ambiente de trabalho seguro e saudável na indústria com atividade galvânica.

3.2.3.1 Riscos químicos

Diversos estudos abordam acerca dos riscos químicos presentes na indústria galvânica, principalmente os relacionados aos metais pesados e a outras substâncias tóxicas utilizadas nos processos de galvanoplastia. A exposição a esses produtos químicos pode ocorrer por contato direto com a pele, inalação de vapores ou ingestão acidental, resultando em diversos problemas de saúde para os trabalhadores do setor. Estes são os principais riscos químicos presentes na indústria com atividade galvânica (SESI, 2007):

- **Metais pesados:** como cromo, níquel, cobre, zinco, cádmio e chumbo, que podem ser encontrados nos banhos de galvanoplastia e nos efluentes gerados.
- **Cianetos:** utilizados em alguns banhos de galvanoplastia, são altamente tóxicos e exigem cuidados especiais no manuseio e descarte.
- **Ácidos:** como ácido sulfúrico, clorídrico, nítrico e fluorídrico, utilizados em processos de decapagem e outros, podem causar queimaduras e irritações.
- **Bases:** como hidróxido de sódio (soda cáustica), utilizadas em desengraxe alcalino e outros processos, também podem causar queimaduras e irritações.
- **Solventes orgânicos:** como percloroetileno, tíner e querosene, utilizados em desengraxe e limpeza de peças, podem causar problemas respiratórios e outros.

É importante ressaltar que a gravidade dos efeitos na saúde humana varia de acordo com a concentração da substância, o tempo de exposição e a via de contato. Para minimizar os riscos, as empresas devem adotar medidas de segurança, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), ventilação adequada e armazenamento seguro dos produtos químicos. Além disso, o monitoramento da saúde dos trabalhadores e a realização de exames médicos periódicos

são fundamentais para identificar e prevenir problemas de saúde relacionados à exposição a esses riscos químicos.

Os riscos químicos nas indústrias galvânicas estão relacionados à exposição a produtos químicos, como ácidos, bases, solventes orgânicos, sais metálicos e cianetos. Essa exposição pode ocorrer por meio de inalação de vapores, névoas ou poeiras, pelo contato com a pele e por ingestão acidental. As consequências para a saúde dos trabalhadores podem ser graves (SESI, 2007).

Os anexos da Norma Regulamentadora 15 (NR-15) listam diversos agentes químicos presentes na indústria com atividade galvânica e classificam o grau de insalubridade da exposição a eles. Já o Anexo nº 11 da NR-15 lista agentes químicos cuja insalubridade é avaliada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. A Tabela 1 apresenta alguns exemplos de agentes químicos presentes na indústria com atividade galvânica e seus limites de tolerância em partes por milhão (ppm) e miligramas por metro cúbico (mg/m³).

Tabela 1 – Agentes químicos presentes na indústria com atividade galvânica e seus limites de tolerância.

Agente químico	**Valor teto**	**Absorção pela pele**	**Até 48 horas/semana (ppm/mg/m³)**	**Grau de insalubridade**
Acetaldeído	✓	-	78/140	Máximo
Ácido acético	-	-	8/20	Médio
Ácido cianídrico	✓	✓	8/9	Máximo
Ácido clorídrico	✓	✓	4/5,5	Máximo
Ácido crômico (névoa)	-	-	0,04	Máximo
Ácido fluorídrico	-	-	2,5/1,5	Máximo
Cloreto de metileno	-	-	156/560	Máximo
Cloro	✓	-	0,8/2,3	Máximo
Cromo	-	-	-	-
Dióxido de enxofre	-	-	4/10	Máximo
Formaldeído (formol)	✓	✓	1,6/2,3	Máximo
Mercúrio (todas as formas)	-	-	0,04	Máximo
Níquel carbonila	✓	-	0,04/0,28	Máximo

Fonte: NR-15 - Anexo n° 11 (Brasil, 2022).

Diante disso, é fundamental que as indústrias galvânicas adotem medidas rigorosas de controle para minimizar a exposição dos trabalhadores a esses riscos químicos, incluindo o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), sistemas de ventilação adequados, monitoramento ambiental e biológico, além de treinamento e informação sobre os perigos e medidas de prevenção.

A *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH, 2021) estabelece limites de tolerância (TLVs) para diversos produtos químicos utilizados na indústria com atividade galvânica. Alguns exemplos incluem:

- Cromo (VI): 0.00005 mg/m³ (como TWA);
- Níquel: 0.015 mg/m³ (como TWA);
- Cianeto de hidrogênio: 4.7 ppm (como TWA);
- Ácido sulfúrico: 0.2 mg/m³ (como TWA);
- Ácido clorídrico: 2 ppm (como TWA).

Além dos agentes químicos já mencionados, a indústria com atividade galvânica utiliza diversos outros com potencial de risco à saúde dos trabalhadores. Entre esses agentes, destacam-se:

- **Metais**: Cádmio, chumbo, cobre, zinco, estanho, prata, ouro, platina, ródio;
- **Solventes**: Tricloroetileno, percloroetileno, metiletilcetona (MEK), tolueno, xileno;
- **Ácidos**: Ácido crômico, ácido fluorídrico, ácido nítrico, ácido fosfórico;
- **Bases**: Hidróxido de sódio, hidróxido de potássio, amônia;
- **Sais**: Cianetos, cromatos, nitratos, sulfatos.

É importante ressaltar que a presença e a concentração desses agentes químicos podem variar, dependendo do tipo de processo galvânico utilizado. Além dos TLVs da ACGIH, outras organizações, como a OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) e a NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), também estabelecem limites de exposição ocupacional para esses produtos químicos.

Ante o exposto, recomenda-se que as empresas da indústria galvânica adotem as seguintes medidas para garantir a segurança dos trabalhadores (SESI, 2007):

- **Monitoramento regular**: Realizar medições periódicas da concentração dos produtos químicos no ambiente de trabalho.
- **Equipamentos de proteção individual (EPIs)**: Fornecer e garantir o uso adequado de EPIs, como máscaras, luvas e óculos de proteção.

- **Ventilação adequada**: Assegurar a ventilação adequada dos locais de trabalho para minimizar a exposição aos produtos químicos.
- **Treinamento:** Capacitar os trabalhadores sobre os riscos dos produtos químicos e as medidas de segurança a serem adotadas.

Ao implementar essas medidas, as empresas da indústria com atividade galvânica podem proteger a saúde dos trabalhadores e promover um ambiente de trabalho seguro e saudável.

3.2.3.2 Riscos físicos

Os riscos físicos nas indústrias galvânicas são principalmente o ruído e o calor. O ruído está presente em diversas atividades, devido ao uso de centrífugas, máquinas de tamboreamento e polimento. Com a exposição prolongada, altos níveis de ruído podem causar perda auditiva, zumbidos e outros problemas de saúde. Já o calor está associado à umidade elevada, especialmente em áreas com fornos, estufas e aquecedores de banho. O calor excessivo pode provocar desidratação, cansaço, tontura e, em casos extremos, ocasionar golpe de calor.

A Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15) estabelece limites de tolerância para a exposição ocupacional a ruído (contínuo ou intermitente e de impacto) e calor, adiante sumarizados:

- **Ruído contínuo ou intermitente**: o limite de tolerância varia de acordo com o nível de ruído e o tempo de exposição. Por exemplo, para um nível de ruído de 85 dB(A), a máxima exposição diária permitida é de 8 horas, enquanto que, para um nível de 90 dB(A), a máxima exposição é de 4 horas. Acima de 115 dB(A), não é permitida a exposição sem proteção adequada.
- **Ruído de impacto:** o limite de tolerância é de 130 dB (linear), quando medido no circuito de resposta para impacto, ou 120 dB(C), quando medido no circuito de resposta rápida (FAST).
- **Calor:** a avaliação da insalubridade por exposição ao calor é realizada com base no Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo (IBUTG), que leva em consideração a temperatura, a umidade, a velocidade do ar e a radiação térmica. Os limites de exposição ocupacional ao calor variam de acordo com a taxa metabólica da atividade realizada pelo trabalhador.

A NR-15 também menciona outros agentes físicos, como radiações não ionizantes (micro-ondas, ultravioleta e laser) e vibrações, mas não estabelece limites de tolerância específicos para eles. A insalubridade nesses casos é caracterizada por laudo de inspeção no local de trabalho. No caso das vibrações, a insalubridade é caracterizada caso seja superado o limite de exposição ocupacional diária.

Em relação a frio e umidade, a NR-15 não estabelece limites quantitativos, mas considera insalubres as atividades ou operações que exponham os trabalhadores a essas condições sem proteção adequada, com base em laudo de inspeção no local de trabalho. A exposição a esses agentes físicos acima dos limites de tolerância pode causar problemas de saúde, como perda auditiva, problemas circulatórios, desidratação e outros.

Para garantir a saúde e segurança dos trabalhadores, é indispensável que as indústrias galvânicas adotem medidas de prevenção e controle dos riscos. O uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), como luvas, máscaras, óculos de proteção e protetores auriculares, é indispensável para minimizar a exposição aos agentes nocivos (SESI, 2007). Caso as indústrias não cumpram as determinações da NR-15, podem sofrer sanções, como multas e outras penalidades.

3.2.3.3 Riscos ergonômicos

Além dos riscos químicos e físicos, a indústria galvânica também pode expor os trabalhadores a riscos ergonômicos, com potencial de provocar lesões musculoesqueléticas e outros problemas de saúde, como posturas inadequadas, movimentos repetitivos e levantamento de peso (Iida, 2005). A organização do trabalho, a adaptação dos postos de trabalho e a implementação de programas de ginástica laboral são medidas importantes para prevenir esses riscos.

Conforme SESI (2007), os riscos ergonômicos nas indústrias galvânicas são relacionados a:

- **Posturas inadequadas**: Observadas em diversas atividades, como a colocação de peças em gancheiras e a inspeção de qualidade, que exigem flexão do tronco e pescoço.
- **Levantamento e transporte manual de cargas**: Frequente em atividades como o manuseio de cestos e gancheiras nos banhos, podendo causar lesões na coluna e membros superiores.
- **Movimentos repetitivos**: Presentes em tarefas como a colocação de peças em gancheiras e a imersão em banhos, podendo causar LER/DORT.

- **Ritmo intenso de trabalho**: Observado principalmente nas indústrias de folheados, contribuindo para a fadiga e o surgimento de lesões osteomusculares.
- **Iluminação deficiente**: Identificada em alguns setores, como controle de qualidade, causando fadiga visual e dificultando a realização das tarefas.

3.2.3.4 Riscos de acidentes

A segurança do trabalho na indústria com atividade galvânica também envolve a prevenção de acidentes, como quedas, choques elétricos e incêndios. Sinalizar adequadamente os riscos, fazer manutenção preventiva dos equipamentos e treinar os trabalhadores em procedimentos de emergência são práticas essenciais para evitar acidentes (SESI, 2007).

É importante ressaltar que a responsabilidade pela saúde e segurança dos trabalhadores é compartilhada entre empregadores e empregados. Os empregadores devem garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável, fornecendo os equipamentos de proteção individual necessários, implementando medidas de controle dos riscos e promovendo a conscientização dos trabalhadores sobre os perigos e medidas de segurança. Os trabalhadores, por sua vez, devem utilizar os EPIs corretamente, seguir as normas de segurança e participar dos treinamentos oferecidos pela empresa (Brasil, 2023).

Por todo o exposto, constata-se que a saúde e segurança do trabalhador na indústria com atividade galvânica é um tema abrangente e desafiador, que exige atenção constante e a adoção de medidas preventivas e corretivas. A promoção de um ambiente de trabalho seguro e saudável não apenas protege a saúde dos trabalhadores, mas também contribui para a produtividade e a sustentabilidade.

3.3 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável (DS) é um conceito complexo e multifacetado que emergiu como um dos principais temas da agenda global na segunda metade do século XX e início do século XXI. A busca por um modelo de desenvolvimento que harmonize o progresso econômico com a proteção ambiental e o bem-estar social tornou-se ponto central de debates globais e agendas políticas. No entanto, o conceito de DS é marcado por diferentes interpretações e disputas ideológicas, refletindo a complexidade de conciliar interesses econômicos, sociais e ambientais.

Apresentada no Relatório Brundtland (WCED, 1987), a definição mais conhecida é a que descreve DS como sendo "aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades". Essa definição, embora amplamente difundida, é alvo de críticas por sua ambiguidade e por não abordar de forma clara as complexas relações entre crescimento econômico, consumo de recursos e bem-estar social (Barbieri; Silva, 2011).

Um dos principais debates em torno do DS condiz à relação entre o capital natural e outras formas de capital, como o capital produzido e o capital humano. A Teoria da Sustentabilidade Forte defende que o capital natural, que provê serviços ecossistêmicos essenciais à vida, deve ser mantido constante e não pode ser substituído por outras formas de capital (Dietz; Neumayer, 2007). Noutro ponto, a Teoria da Sustentabilidade Fraca decompõe a sustentabilidade em vários elementos intercambiáveis, como meio ambiente, economia e sociedade, sacrificando o capital ambiental em prol do capital econômico (Nasrollahi *et al.*, 2020).

Essa divergência de visões tem implicações significativas para as políticas públicas e práticas empresariais. A visão da Sustentabilidade Fraca tem sido predominante, impulsionada por interesses econômicos e pela crença no progresso tecnológico como solução para os problemas ambientais. No entanto, a crescente conscientização sobre os limites do planeta e os impactos socioambientais do modelo econômico vigente têm levado a um questionamento dessa visão e a uma busca por alternativas mais sustentáveis (Sugahara; Rodrigues, 2019).

No contexto brasileiro, a Constituição Federal de 1988, conhecida como "Constituição Verde", reflete em seu conteúdo a importância do desenvolvimento sustentável. O artigo 225 estabelece o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Brasil, 1988).

A legislação ambiental brasileira incorpora princípios de sustentabilidade, buscando equilibrar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental. No entanto, a efetividade dessas normas depende da criação e aplicação de instrumentos de proteção ambiental que acompanhem a evolução e o desenvolvimento da sociedade, garantindo a sustentabilidade a longo prazo (Wantoil; Oliveira, 2022).

Nesse norte, a implementação do desenvolvimento sustentável exige uma governança global eficaz e a cooperação entre nações, setores econômicos e sociedade civil. A Agenda 21, resultado da Rio-92, e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos em

2015, representam esforços nesse sentido, buscando integrar as dimensões social, econômica e ambiental do desenvolvimento (Barbieri; Silva, 2011; Munck; Borim-de-Souza, 2010, 2012).

Por fim, considera-se que o desenvolvimento sustentável é um discurso em constante disputa, com diferentes atores buscando influenciar sua definição e implementação. A procura por um modelo de desenvolvimento que seja socialmente justo, economicamente viável e ambientalmente responsável é um desafio global que exige a participação ativa de governos, empresas, sociedade civil e indivíduos. É essencial que as discussões sobre o tema considerem as diferentes perspectivas e interesses em jogo, buscando soluções que promovam um futuro mais equitativo e sustentável para todos.

3.3.1 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) direcionados à indústria com atividade galvânica

Na indústria com atividade galvânica, a busca pela sustentabilidade implica minimizar os impactos ambientais e sociais, ao mesmo tempo em que se garante a viabilidade econômica do setor. Isso inclui a redução do consumo de água e energia, o tratamento adequado dos efluentes e resíduos sólidos, a promoção da saúde e da segurança dos trabalhadores (Brasil, 2023; SESI, 2007) e o engajamento com as comunidades locais.

A gestão eficiente da água, com o reúso de água residual dos processos de galvanoplastia, bem como a recuperação de metais pesados, permite a conservação dos recursos hídricos e a reciclagem desses metais, fazendo com que as indústrias galvânicas se tornem mais competitivas e comprometidas com sua responsabilidade social corporativa (Zhou *et al.*, 2014).

A recuperação de metais presentes no lodo galvânico, como níquel, cobre e zinco, através de técnicas como a lixiviação e a eletrólise, não apenas reduz a toxicidade do resíduo, mas também permite sua reutilização na indústria, contribuindo para a economia circular e a sustentabilidade do setor (Ozbas *et al.*, 2013).

Com vistas à promoção de um ambiente de trabalho seguro e saudável, é essencial realizar exames periódicos nos trabalhadores, utilizar equipamentos de proteção individual, bem como implementar sistemas adequados de ventilação e exaustão (SESI, 2007).

Em acréscimo, tem-se que a busca pela sustentabilidade na indústria com atividade galvânica exige uma abordagem integrada, que considere os aspectos ambientais, sociais e econômicos. A adoção de práticas sustentáveis, como a gestão eficiente da água e energia, o tratamento adequado dos resíduos, a recuperação de metais e a promoção da saúde e segurança dos trabalhadores, é fundamental para garantir a viabilidade e a responsabilidade socioambiental do setor.

Amplamente discutida por autores e organizações, a integração dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nas indústrias evidencia a crescente importância da sustentabilidade no setor. Sachs (2017), renomado economista, enfatiza o papel crucial das indústrias na promoção do desenvolvimento sustentável e defende a necessidade de inovação e colaboração para alcançar os objetivos globais.

Os estudos de Barbieri e Silva (2011), Munck (2013) e Munck e Borim-de-Souza (2010, 2012) abordam os ODS como sendo um marco importante na busca por um futuro mais sustentável. Eles destacam a necessidade de uma abordagem integrada e abrangente para alcançar os ODS, que envolve a cooperação entre diferentes atores sociais e a consideração das particularidades de cada contexto.

Como qualquer outro setor industrial, a indústria com atividade galvânica tem um papel fundamental a desempenhar na busca pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Analisando os ODS 6, 7, 8, 9, 12 e 13, representados na Figura 7, identificam-se ações e metas específicas que a indústria com atividade galvânica pode adotar para contribuir com um futuro mais sustentável:

Figura 7 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para a indústria com atividade galvânica.



Fonte: Adaptado de ONU (2015).

A seguir, são fornecidas descrições sucintas das ações correspondentes aos ODS vinculados às indústrias galvânicas, referidos na Figura 6:

- **ODS 6: Água potável e saneamento**
    - Tratamento de efluentes: Implementar sistemas avançados de tratamento de efluentes para remover metais pesados e outras substâncias tóxicas antes de devolver a água ao meio ambiente.
    - Reúso da água: Investir em tecnologias para reúso da água em seus processos, reduzindo o consumo de água potável.
    - Monitoramento: Monitorar continuamente a qualidade da água utilizada e dos efluentes gerados, garantindo a conformidade com os padrões ambientais.

- **ODS 7: Energia limpa e acessível**
    - Eficiência energética: Buscar soluções para reduzir o consumo de energia, como a otimização de processos, o uso de equipamentos mais eficientes e a adoção de fontes de energia renováveis (solar, eólica).
    - Geração de energia: Avaliar a possibilidade de gerar energia limpa para consumo próprio, contribuindo para a matriz energética renovável.

- **ODS 8: Trabalho decente e crescimento econômico**
    - Segurança no trabalho: Garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável para os colaboradores, com equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados e treinamentos regulares.
    - Qualificação profissional: Investir na qualificação e capacitação dos funcionários, promovendo o desenvolvimento de novas habilidades e o crescimento profissional.

- **ODS 9: Indústria, inovação e infraestrutura**
    - Inovação tecnológica: Investir em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e processos mais eficientes e menos poluentes.
    - Modernização da infraestrutura: Manter as instalações e equipamentos atualizados, garantindo a segurança dos trabalhadores e a eficiência dos processos.

- **ODS 12: Consumo e produção responsáveis**
    - Economia circular: Buscar formas de reutilizar e reciclar materiais e resíduos gerados, reduzindo a quantidade de resíduos destinados a aterros.
    - Gestão de produtos químicos: Adotar práticas seguras e responsáveis no armazenamento e descarte de produtos químicos.
    - Cadeia de suprimentos sustentável: Priorizar fornecedores que adotam práticas sustentáveis em seus processos e produtos.

- **ODS 13: Ação contra a mudança global do clima**
    - Redução de emissões: Implementar medidas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE), como a otimização do consumo de energia e a adoção de fontes de energia renováveis.
    - Neutralização de carbono: Avaliar a possibilidade de neutralizar as emissões de carbono restantes via projetos de compensação ambiental.

Ao adotar esses ODS, a indústria galvânica não apenas contribui para um futuro mais sustentável, mas também fortalece sua imagem, reduz custos operacionais e garante sua competitividade a longo prazo.

A Organização das Nações Unidas (ONU) cumpre importante papel nesse debate, uma vez que fornece diretrizes e exemplos de como as empresas podem incorporar os ODS em suas estratégias e operações. A *Global Reporting Initiative* (GRI), organização internacional independente e sem fins lucrativos que lidera o desenvolvimento de padrões globais para relatórios de sustentabilidade, também contribui para fortalecer o debate, fornecendo padrões para relatórios de sustentabilidade corporativa, incluindo indicadores específicos relacionados aos ODS (GRI, 2024).

Essas organizações, juntamente a diversos acadêmicos, bem como especialistas em sustentabilidade, formam um corpo de conhecimento que demonstra a importância da integração dos ODS nas indústrias. Seus estudos e publicações oferecem *insights* valiosos sobre os desafios e oportunidades da sustentabilidade no setor, apresentando diretrizes e exemplos práticos para empresas que buscam contribuir para um futuro mais sustentável.

A literatura sobre ODS e indústria é vasta e dinâmica, refletindo a crescente importância da sustentabilidade no setor. Ao analisar os estudos e publicações desses autores e organizações, pode-se concluir que a integração dos ODS nas indústrias não é apenas uma tendência, mas uma necessidade premente para garantir um futuro próspero e sustentável para todos.

Sob essa perspectiva, deve-se compreender que o esforço pelo desenvolvimento sustentável, mediante ações que tragam efeitos benéficos a longo prazo à economia, ao meio ambiente e à sociedade, consiste numa espécie de pressão, que transforma dificuldades em oportunidades. A incorporação de uma postura ambiental mais responsável aumenta a atratividade das organizações, podendo levar a uma maior aceitação de seus produtos e serviços, além de maior apoio da sociedade e do governo.

3.4 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Concomitantemente à discussão sobre os impactos causados pelas atividades produtivas no ambiente e na sociedade e o desenvolvimento sustentável, surge a necessidade de buscar por metodologias capazes de mensurar o quanto as organizações, estados e países são capazes de serem desenvolvidos, apresentar crescimento econômico e manter a sustentabilidade de seus sistemas.

A crescente demanda por ferramentas que avaliem os impactos ambientais impulsionou a criação de diversos indicadores de sustentabilidade, visando mensurar, monitorar e avaliar a sustentabilidade. Van Bellen (2004, p. 06) destaca que "o objetivo dos indicadores é agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente".

A busca por indicadores de sustentabilidade se intensificou a partir da década de 1970, impulsionada pela crescente preocupação com os impactos ambientais e sociais do desenvolvimento econômico. Diferentes abordagens surgiram para mensurar a sustentabilidade, refletindo a complexidade e a multidimensionalidade do conceito (Guimarães; Feichas, 2009; Rabelo; Lima, 2007).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), criado pelo PNUD em 1990, foi um marco ao incorporar variáveis sociais na mensuração do desenvolvimento, indo além da dimensão econômica. Entretanto, o IDH não abrange desigualdades sociais e aspectos qualitativos da educação e da longevidade (Guimarães; Feichas, 2009).

Em 1989, Daly e Cobb Jr. propuseram o Índice de Bem-Estar Econômico Sustentável (IBES), posteriormente revisado e renomeado para Índice de Progresso Genuíno (IPG). O IBES/IPG avançou ao incluir variáveis como distribuição de renda, serviços não mercantis e capital natural, oferecendo uma visão mais abrangente do bem-estar. Contudo, a precificação de alguns elementos, como danos ambientais e trabalho doméstico, permanece um desafio metodológico.

No Brasil, o IBGE publica desde 2002 os Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (IDS), baseados na proposta da Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Os IDS

abrangem múltiplas dimensões da sustentabilidade, mas carecem de maior participação da sociedade em sua definição e aprimoramento da integração entre os indicadores.

Guimarães (1998) propôs a Matriz Territorial de Sustentabilidade, que busca integrar o desenvolvimento territorial e a sustentabilidade. A Matriz considera cinco tipos de capital (natural, construído, humano, social e institucional) e permite a participação da comunidade na definição dos indicadores, tornando-a uma ferramenta mais democrática e contextualizada.

Em 2009, a Comissão Stiglitz-Sen-Fitoussi recomendou o uso de uma trinca de indicadores para avaliar a sustentabilidade: um indicador de renda domiciliar disponível para medir o desempenho econômico, um índice composto de qualidade de vida e um conjunto de indicadores físicos para monitorar a pressão sobre os recursos naturais (Veiga, 2010).

Furtado (2009) aborda a importância da governança na sustentabilidade, destacando a necessidade de indicadores que reflitam a capacidade de gestão e o cumprimento de responsabilidades.

Os referidos estudos demonstram que a busca por indicadores de sustentabilidade é um processo contínuo e desafiador. A complexidade do conceito exige a utilização de múltiplas ferramentas e abordagens, que considerem as particularidades de cada contexto e a participação dos atores sociais na definição e uso desses indicadores.

Importa destacar que os indicadores de sustentabilidade desempenham um papel fundamental na comunicação do progresso em direção às metas de desenvolvimento sustentável, pois tornam as informações complexas mais acessíveis e compreensíveis (Van Bellen, 2004). Dessa forma, a elaboração de indicadores de sustentabilidade deve seguir uma abordagem científica rigorosa, incluindo a validação para garantir que retratem a realidade de forma precisa e forneçam base sólida para a formulação de políticas (Van Bellen, 2004).

No contexto institucional, organizações que mantêm sistemas de indicadores atualizados podem obter informações sobre o desempenho de seus processos de forma rápida e eficiente, permitindo a tomada de decisões ágeis e a prevenção de problemas maiores (Bertolino; Couto, 2018). A análise e avaliação de dados deve se concentrar nos aspectos que realmente impactam o sistema de gestão e o desempenho dos processos da organização.

3.5 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI)

A necessidade de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) surgiu da decisão de organizações em implementar sistemas de gestão ambiental, de saúde e segurança ocupacional e da qualidade, formando os três pilares de uma organização, associados à contabilidade

financeira. Segundo Zutshi e Sohal (2005), a crescente pressão das partes interessadas e suas exigências impulsionaram a adoção desses sistemas.

A partir dos anos 1990, empresas passaram a adotar diferentes sistemas de gestão para atender às exigências das partes interessadas, o que gerou a necessidade de gerenciar esses sistemas de forma integrada, visando maior eficiência e eficácia nos processos (Mançú, Gouveia; Cordeiro, 2020). Tem-se, então, que a mensuração da sustentabilidade e a normalização de sistemas de gestão se complementam, uma vez que abrangem aspectos sociais, ambientais e econômicos da corporação (Feil; Strasburg; Naime, 2013).

Bertolino e Couto (2018) definem sistemas de gestão como um conjunto de elementos inter-relacionados que funcionam para dirigir e controlar um propósito na organização, atendendo às normas ISO 9001 (Qualidade), ISO 14001 (Meio Ambiente) e ISO 45001 (Saúde e Segurança). A integração desses sistemas resulta em um SGI, que busca a sinergia entre os elementos comuns ou equivalentes. Essa integração de normas melhora o desempenho dos negócios de forma holística, facilitando a tomada de decisões, reduzindo atividades redundantes e otimizando recursos (Poltronieri; Gerolamo; Carpinetti, 2017; Seiffert, 2011).

Apesar dos benefícios, a implantação de um SGI traz consigo desafios, pois exige mudanças na cultura organizacional, o que pode gerar resistência por parte dos colaboradores e da gestão (Fernandes *et al.*, 2015). A integração de diferentes sistemas de gestão pode ser complexa, demandando um planejamento cuidadoso e uma abordagem sistêmica (Nogueira; Giachetti, 2015). Ademais, o SGI deve ser revisto e atualizado periodicamente para garantir sua eficácia e conformidade com as normas e legislações vigentes (Mançú; Gouveia; Cordeiro (2020).

Diversos estudos de caso e modelos de integração foram desenvolvidos para auxiliar as empresas na implementação e manutenção do SGI. As pesquisas de Fernandes *et al.* (2015) e Silva (2013) identificaram as etapas necessárias para a implantação de um SGI, enquanto Nogueira e Giacchetti (2015) exploraram a relação entre a gestão por competências e o SGI. Mançú, Gouveia e Cordeiro (2020) propuseram um modelo de matriz de diagnóstico e avaliação de desempenho do SGI e Poltronieri (2014) desenvolveu um modelo para avaliar a maturidade da integração dos sistemas de gestão. Essa variedade de estudos demonstra a crescente importância do SGI no contexto empresarial, oferecendo às empresas diferentes abordagens e ferramentas para a implementação e gestão eficazes desses sistemas.

A integração dos sistemas de gestão é um processo contínuo, que exige o comprometimento de todos os níveis da organização e a busca constante pela melhoria. Bertolino e Couto (2018) enfatizam que um SGI deve ser útil e atender às necessidades da

empresa, e não se destinam apenas para cumprir normas ou requisitos de auditoria. As normas fornecem diretrizes, mas a implementação deve ser flexível e considerar as diversas partes interessadas, evitando a criação de um sistema burocrático e rígido.

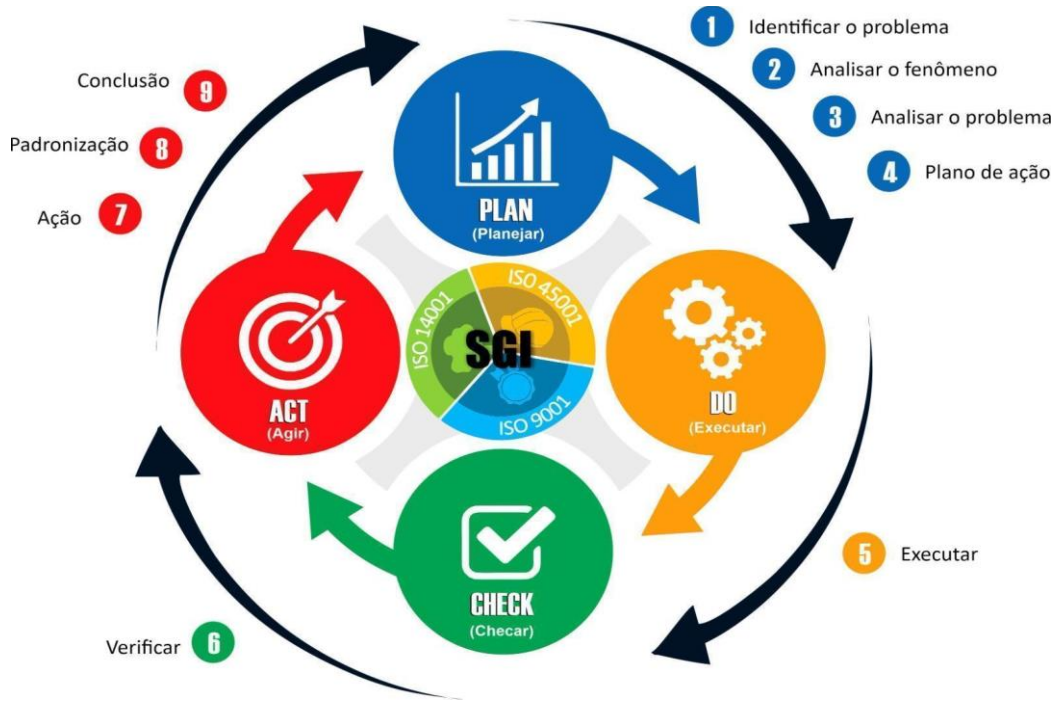
A implementação de um SGI traz inúmeros benefícios para as organizações, pois a integração entre seus elementos permite otimizar processos, eliminar redundâncias e reduzir a burocracia, resultando em maior eficiência e melhor desempenho da organização (Poltronieri, 2014).

O PDCA é uma ferramenta de gestão de processos que pode trazer diversos benefícios para o Sistema de Gestão Integrado (SGI). Alguns dos principais benefícios do uso do PDCA (Mariani, 2005) no SGI são:

- **Melhoria contínua dos processos:** O PDCA é um ciclo que visa a melhoria contínua dos processos. Ao aplicar o PDCA, a organização pode identificar e solucionar problemas de forma sistemática, o que leva à melhoria contínua dos processos do SGI.
- **Redução de custos:** A melhoria dos processos pode levar à redução de custos, pois elimina desperdícios, retrabalhos e outros problemas que geram custos para a organização.
- **Aumento da eficiência:** A aplicação do PDCA pode levar ao aumento da eficiência dos processos, pois otimiza as atividades e elimina gargalos.
- **Melhoria da qualidade dos produtos e serviços:** O PDCA pode ajudar a melhorar a qualidade dos produtos e serviços, pois permite identificar e solucionar problemas que afetam a qualidade.
- **Aumento da satisfação dos clientes:** A melhoria da qualidade dos produtos e serviços pode levar ao aumento da satisfação dos clientes.
- **Melhoria da comunicação interna:** Com a participação dos colaboradores no ciclo, pode haver melhoria da comunicação interna.
- **Aumento da motivação dos colaboradores:** A participação dos colaboradores no ciclo pode levar ao aumento da motivação, pois se sentem parte importante da equipe.
- **Redução do número de acidentes de trabalho:** O PDCA pode ajudar a reduzir o número de acidentes de trabalho, pois permite identificar e solucionar os riscos.
- **Melhoria do desempenho ambiental:** O PDCA pode ajudar a melhorar o desempenho ambiental da organização, pois permite identificar e solucionar os impactos ambientais das atividades.

Representado na Figura 8, o Ciclo PDCA, desenvolvido por Walter A. Shewhart e popularizado por W. Edwards Deming, oferece uma abordagem sistemática e estruturada para o gerenciamento de processos.

Figura 8 – Ciclo PDCA para o SGI.



Fonte: Adaptado de Deming (2018).

A fase inicial do ciclo, ***Plan*** (Planejar), envolve a definição de objetivos claros e a elaboração de um plano de ação detalhado para a implementação do SGI, considerando os requisitos das normas ISO e as necessidades específicas da organização (Deming, 2018).

- **Definição de objetivos**: Estabelecer metas claras e mensuráveis para o SGI, alinhadas com a política e os requisitos das normas (ISO 9001, 14001 e 45001).
- **Planejamento de ações**: Desenvolver planos detalhados para alcançar os objetivos, incluindo recursos, responsabilidades, cronogramas e indicadores de desempenho.
- **Identificação de riscos e oportunidades**: Analisar os riscos e as oportunidades que podem afetar o SGI e implementar medidas para mitigá-los ou aproveitá-los.

Na etapa ***Do*** (Executar), os planos são colocados em prática. Essa etapa envolve a implementação de novos procedimentos e ações corretivas necessárias para atingir os objetivos estabelecidos. É essencial engajar e treinar adequadamente dos colaboradores para assegurar a efetiva execução das atividades planejadas.

- **Implementação dos planos**: Executar as ações planejadas, garantindo que os recursos sejam alocados e as responsabilidades sejam cumpridas.
- **Treinamento e conscientização**: Capacitar os colaboradores sobre o SGI, suas normas e procedimentos e promover a conscientização sobre a importância de sua participação.
- **Comunicação**: Manter uma comunicação eficaz sobre o SGI, seus objetivos, progressos e resultados, tanto interna quanto externamente.

A fase ***Check*** (Verificar) concentra-se na avaliação do desempenho do SGI por meio de monitoramento e medição de indicadores-chave. Auditorias internas e análise de dados são realizadas para verificar a conformidade com os requisitos das normas ISO e identificar áreas de melhoria.

- **Monitoramento e medição**: Acompanhar o desempenho do SGI por meio de indicadores, auditorias internas, análise de dados e *feedback* dos colaboradores e partes interessadas.
- **Análise crítica**: Avaliar os resultados do monitoramento e identificar desvios, não conformidades, oportunidades de melhoria e lições aprendidas.

Por fim, na etapa ***Act*** (Agir), são implementadas ações corretivas e preventivas com base nos resultados da fase de verificação. Revisões pela alta direção são conduzidas para avaliar o progresso do SGI, tomar decisões estratégicas e promover a melhoria contínua do sistema.

- **Ações corretivas e preventivas**: Implementar ações para corrigir não conformidades, prevenir sua recorrência e eliminar as causas-raiz dos problemas.
- **Melhoria contínua**: Buscar recorrentemente o aprimoramento do SGI e de seus processos, produtos e serviços, com base nas lições aprendidas e nas novas oportunidades.

Diante disso, observa-se que o ciclo PDCA é uma ferramenta poderosa e versátil, com viabilidade de ser aplicada a qualquer sistema de gestão, incluindo o SGI. Ao seguir seus princípios, as organizações podem alcançar resultados significativos em termos de melhoria contínua, eficácia, eficiência e conformidade com as normas.

A adoção de um SGI certificado pode ser um diferencial competitivo no mercado, atraindo clientes e parceiros que valorizam empresas com práticas de gestão responsáveis e sustentáveis (Fernandes *et al.*, 2015). A certificação do SGI demonstra compromisso da

organização com a qualidade, o meio ambiente e a segurança e saúde ocupacional, e isso fortalece sua imagem no mercado.

3.5.1 ISO 9001 – Gestão da qualidade

Amplamente discutida e estudada por diversos autores ao longo dos anos, a gestão da qualidade desempenha um papel fundamental para o sucesso das organizações. Juran (1988), por exemplo, enfatizava a importância da melhoria contínua para alcançar a qualidade total, alinhando-se com os princípios da norma ISO 9001. Da mesma forma, Deming (2018) defendia que a liderança, a gestão por dados e a participação dos funcionários são elementos essenciais para alcançar a qualidade, princípios também presentes na ISO 9001.

Crosby (1980), por sua vez, propunha a ideia de que a qualidade é gratuita se feita corretamente desde o início, destacando a importância da prevenção de defeitos, conceito que se assemelha aos objetivos da ISO 9001, que se propõe a evitar defeitos por meio de controles de processo e melhoria contínua.

Feigenbaum (1991) enfatizava a integração da qualidade em todos os aspectos da gestão empresarial, alinhando-se com a abordagem holística da ISO 9001, que abrange não apenas a produção, mas também áreas como compras, *design* e serviço ao cliente.

A ISO 9001 (ISO 9001, 2015) define os requisitos para um sistema de gestão da qualidade (SGQ) em organizações de todos os tipos e tamanhos. A norma é projetada para ajudar as organizações a garantir consistência na entrega de produtos e serviços que atendam às necessidades e expectativas dos clientes, além de promover a melhoria contínua em todos os aspectos das operações da empresa. A certificação ISO 9001 é de grande importância para indústrias galvânicas por proporcionar:

- **Melhoria da qualidade do produto**: A ISO 9001 estabelece padrões rigorosos de gestão da qualidade, garantindo que as empresas galvânicas implementem processos consistentes e controlados para produzir produtos de alta qualidade, livres de defeitos e atendendo às especificações do cliente.
- **Aumento da confiança do cliente**: A certificação ISO 9001 é amplamente reconhecida, em nível internacional, como um selo de qualidade. Para muitos clientes, especialmente em setores como a construção e a indústria automotiva, a certificação ISO 9001 é um requisito para fazer negócios. A obtenção da certificação pode ajudar as indústrias galvânicas a ganhar a confiança de clientes existentes e potenciais.

- **Redução de custos e desperdícios**: A implementação de um sistema de gestão da qualidade de acordo com os requisitos da ISO 9001 pode ajudar as indústrias galvânicas a identificar e eliminar ineficiências, reduzindo custos operacionais e minimizando desperdícios de materiais e recursos.
- **Melhoria da eficiência operacional**: A ISO 9001 enfatiza a importância da melhoria contínua. Ao adotar uma abordagem baseada em processos, as indústrias galvânicas podem otimizar suas operações, aumentando a eficiência e a produtividade.
- **Conformidade legal e regulatória**: As indústrias galvânicas estão sujeitas a uma série de regulamentações e padrões de segurança e qualidade. A certificação ISO 9001 ajuda a garantir que essas empresas estejam em conformidade com os requisitos legais e regulatórios relevantes, minimizando o risco de multas e penalidades.
- **Competitividade no mercado**: A certificação ISO 9001 pode ser um diferencial competitivo para as indústrias galvânicas, demonstrando seu compromisso com a qualidade, a satisfação do cliente e a melhoria contínua. Isso pode ajudar as empresas a se destacarem em um mercado cada vez mais competitivo.

Em resumo, a certificação ISO 9001 desempenha um papel importante na melhoria da qualidade, na satisfação do cliente e na competitividade das indústrias galvânicas, ajudando-as a alcançar padrões mais elevados de desempenho e excelência operacional.

3.5.2 ISO 14001 – Gestão do meio ambiente

A gestão ambiental é uma prática essencial para organizações que buscam alinhar suas operações com princípios de sustentabilidade e responsabilidade ambiental. Diversos autores abordam a implementação e manutenção de sistemas de gestão ambiental conforme a norma ISO 14001, cada um trazendo contribuições importantes para a compreensão e aplicação desses sistemas.

A literatura sobre a implementação da ISO 14001 destaca a necessidade de uma abordagem integrada e comprometida, em que o suporte da alta direção e o envolvimento de todos os colaboradores são fatores primordiais para o sucesso. Além disso, uma postura proativa e a busca contínua por melhorias são cruciais para a eficácia e sustentabilidade do sistema de gestão ambiental.

Devido aos significativos impactos ambientais associados às indústrias galvânicas, a certificação ISO 14001:2015 desempenha um papel essencial para a sua gestão ambiental. A

seguir, são discutidas algumas razões pelas quais a certificação ISO 14001 é tão importante para essas indústrias.

Primeiramente, a ISO 14001 favorece as indústrias galvânicas que estabeleçam um sistema de gestão ambiental eficiente. Este sistema facilita a identificação, o monitoramento e o controle dos impactos ambientais decorrentes de suas operações, como o consumo de água e energia, a emissão de poluentes atmosféricos e a geração de resíduos.

A certificação pode levar a ganhos de eficiência operacional, pois a implementação de um sistema de gestão ambiental conforme a ISO 14001 tende a resultar na redução do consumo de recursos naturais, na otimização de processos e na minimização de desperdícios. Estes ganhos não só melhoram o desempenho ambiental, mas também geram economias de custo a longo prazo. Whitelaw (2004) argumenta que a melhoria contínua e o monitoramento do desempenho ambiental são essenciais para garantir a eficácia do sistema a longo prazo.

Por fim, a certificação ISO 14001 confere reconhecimento e credibilidade às indústrias galvânicas. Reconhecida internacionalmente como um selo de excelência em gestão ambiental, a ISO 14001 sinaliza aos clientes e partes interessadas um compromisso com a proteção ambiental e com as práticas empresariais responsáveis.

3.5.3 ISO 45001 – Gestão da saúde e segurança operacional

A gestão da saúde e segurança ocupacional (SSO) essencial em todos os setores industriais para a garantia de um ambiente de trabalho seguro e saudável para os funcionários. Nesse contexto, a norma ISO 45001 surge como ferramenta crucial para orientar as organizações na implementação de sistemas de gestão eficazes nessa área. Vários autores têm contribuído significativamente para a compreensão e aplicação dos princípios da ISO 45001.

A certificação ISO 45001 estabelece requisitos para a gestão da saúde e segurança ocupacional (SSO) em indústrias galvânicas, locais onde os processos de revestimento metálico podem apresentar riscos significativos para os trabalhadores.

Aqui estão algumas das razões pelas quais a certificação ISO 45001 é importante para as indústrias galvânicas:

- **Proteção dos Trabalhadores:** A certificação ISO 45001 ajuda a implementar medidas eficazes de segurança e saúde para proteger os trabalhadores contra os perigos relativos ao manuseio de substâncias químicas perigosas e equipamentos complexos.
- **Conformidade Legal**: As empresas estão sujeitas a regulamentações rigorosas de saúde e segurança ocupacional. A certificação ISO 45001 ajuda as empresas a garantir a

conformidade com essas regulamentações, minimizando o risco de multas e penalidades por não conformidade.

- **Redução de Acidentes e Lesões**: A implementação de um sistema de gestão de SSO conforme a ISO 45001 ajuda as referidas indústrias a identificar e controlar os riscos de segurança e saúde associados às suas operações. Isso pode levar a uma redução significativa no número de acidentes e lesões no local de trabalho.
- **Melhoria Contínua**: A ISO 45001 promove uma abordagem de melhoria contínua da segurança e saúde ocupacional. Ao estabelecer processos para a identificação de perigos, avaliação de riscos e implementação de controles preventivos, as indústrias galvânicas podem melhorar continuamente suas práticas de segurança e saúde.
- **Reputação e Credibilidade**: A certificação ISO 45001 é reconhecida internacionalmente como um indicador de compromisso com a segurança e saúde ocupacional. Para clientes, parceiros comerciais e partes interessadas, essa certificação demonstra que a empresa está comprometida em proteger seus trabalhadores e criar um ambiente de trabalho seguro e saudável.

A certificação ISO 45001, portanto, contribui de forma decisiva na promoção de segurança e saúde ocupacional nas indústrias galvânicas. Ao implementar e manter um sistema de gestão de SSO eficaz de acordo com os requisitos da ISO 45001, essas empresas podem proteger seus trabalhadores, garantir conformidade legal, reduzir acidentes e lesões, promover a melhoria contínua e fortalecer sua reputação no mercado.

3.5.3.1 Gestão de riscos ocupacionais na indústria com atividade galvânica

A hierarquia de prevenção de riscos ocupacionais é uma abordagem sistemática e prioritária para eliminar ou reduzir os riscos no ambiente de trabalho (Brasil, 2021; Fundacentro, 2012). Ela estabelece uma ordem de preferência para a implementação de medidas de controle, com o objetivo de proteger a saúde e segurança dos trabalhadores.

Embora não explicitamente mencionada na NR-9, a hierarquia de prevenção de riscos ocupacionais está implícita em seus objetivos e diretrizes. A norma enfatiza a importância da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle dos riscos ambientais, buscando a eliminação ou redução da exposição dos trabalhadores a agentes nocivos. Essa abordagem prioriza as medidas de controle mais eficazes, como a eliminação e a substituição, antes de recorrer a medidas menos eficazes, como o uso de EPIs.

Os Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) são de extrema importância para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores e a proteção do meio ambiente. Isso se deve à natureza dos processos galvânicos, que envolve o uso de produtos químicos perigosos e a geração de resíduos que podem ser prejudiciais.

Principais benefícios dos EPCs na indústria com atividade galvânica (SESI, 2007):

- **Prevenção de acidentes e doenças ocupacionais**: Os EPCs, como sistemas de exaustão e ventilação, atuam na eliminação ou redução da exposição dos trabalhadores a substâncias químicas tóxicas, vapores nocivos e outros riscos presentes no ambiente de trabalho. Isso contribui para a prevenção de doenças respiratórias, dermatites, intoxicações e outros problemas de saúde relacionados à atividade.
- **Proteção do meio ambiente**: Os EPCs, como sistemas de tratamento de efluentes e contenção de derramamentos, evitam que produtos químicos e resíduos contaminem o solo, a água e o ar. Tais sistemas são importantes para a conservação do meio ambiente e para o cumprimento da legislação ambiental.
- **Melhoria da produtividade e qualidade**: Um ambiente de trabalho seguro e saudável, garantido pelo uso dos EPCs, contribui para a redução do absenteísmo, o aumento da motivação dos trabalhadores e a melhoria da qualidade dos produtos e serviços.
- **Cumprimento da legislação**: A legislação brasileira exige a adoção de medidas de proteção coletiva em indústrias galvânicas. O uso adequado dos EPCs garante o cumprimento dessas normas, evitando multas e outras penalidades.

3.5.4 Benefícios da integração das normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001

A literatura tem abordado a integração das normas ISO 9001 (gestão da qualidade), ISO 14001 (gestão ambiental) e ISO 45001 (gestão da saúde e segurança ocupacional) como uma abordagem estratégica para promover a eficiência e a eficácia dos sistemas de gestão nas organizações, sobretudo na gestão da qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional. De acordo com Bernardo *et al.* (2015), a abordagem integrada dessas normas proporciona diversas vantagens para as organizações, como as descritas a seguir:

- **Melhoria da eficiência**: Organizações que mantém sistemas de gestão integrados atingem maior eficiência, pois reduzem esforços duplicados e economizam com os custos, além de melhoram a organização interna.

- **Melhoria de imagem organizacional**: A integração de normas contribui para a construção mais positiva da organização perante a sociedade e seus usuários.
- **Gestão mais eficiente dos sistemas**: A gestão se torna mais significativa e simplificada quando feita de forma integrada, através das auditorias internas e externas.
- **Mais benefícios em comparação com a gestão separada**: Esses sistemas, quando atuam de forma integrada, permitem que a organização obtenha mais benefícios do que se fossem geridos de forma separada.

Dessa forma, a literatura destaca os benefícios significativos da integração das normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 para as organizações, consistindo em redução de redundâncias, melhoria da organização interna e da coordenação, simplificação de auditorias e avaliações e alinhamento com objetivos estratégicos. Essa abordagem integrada pode auxiliar as organizações a promover a eficiência e a sustentabilidade em suas operações, criando valor para todas as partes interessadas envolvidas.

As normas ISO 9001 (Gestão da Qualidade), ISO 14001 (Gestão Ambiental) e ISO 45001 (Gestão da Saúde e Segurança Ocupacional) compartilham uma "Estrutura de Alto Nível" (HLS - *High Level Structure*)[2] e diversos requisitos em comum, facilitando a integração dos sistemas de gestão em um Sistema de Gestão Integrado (SGI). O Quadro 5 apresenta os principais requisitos que as normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 possuem em comum:

Quadro 5 – Requisitos em comum das normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

Estrutura de Alto Nível (HLS - *High Level Structure*)	
Contexto da organização	Compreender as questões internas e externas que podem afetar o sistema de gestão, incluindo as necessidades e expectativas das partes interessadas**.**
Liderança	Comprometimento da alta direção com o sistema de gestão, estabelecendo políticas, objetivos e responsabilidades.
Planejamento	Estabelecer objetivos e processos para alcançar os resultados desejados, considerando riscos e oportunidades.
Apoio	Prover os recursos necessários para o funcionamento do sistema de gestão, incluindo pessoas, infraestrutura, ambiente de trabalho e recursos de monitoramento e medição.
Operação	Implementar os processos planejados, controlar os riscos e oportunidades e garantir a conformidade com os requisitos.
Avaliação de desempenho	Monitorar, medir, analisar e avaliar o desempenho do sistema de gestão, incluindo auditorias internas e revisão pela gestão.
Melhoria	Tomar ações para corrigir não conformidades e buscar a melhoria contínua do sistema de gestão.

[2] A Estrutura de Alto Nível (HLS) foi introduzida pela ISO para fornecer uma estrutura uniforme e um conteúdo central semelhante às normas do sistema de gestão (ISO, 2015).

Estrutura de Alto Nível (HLS - *High Level Structure*)	
Requisitos comuns específicos	
Política	Estabelecer, implementar e manter uma política apropriada ao propósito da organização e que forneça uma estrutura para estabelecer objetivos.
Planejamento de mudanças	Planejar e controlar as mudanças no sistema de gestão para garantir que ele permaneça adequado e eficaz.
Competência	Garantir que as pessoas que realizam trabalhos sob o controle da organização sejam competentes para suas atividades.
Conscientização	Garantir que as pessoas estejam cientes da política, dos objetivos e da importância de suas atividades para o sistema de gestão.
Comunicação	Estabelecer processos de comunicação interna e externa sobre o sistema de gestão.
Documentação	Manter informações documentadas sobre o sistema de gestão, incluindo o escopo, os processos, os procedimentos e os registros.
Controle operacional	Planejar, implementar e controlar os processos necessários para atender aos requisitos do produto ou serviço.
Preparação e resposta a emergências	Estabelecer, implementar e manter os processos necessários para responder a situações de emergência.

Fonte: Adaptado de ISO (2015).

Apesar dos requisitos comuns, cada norma possui requisitos específicos para sua área de atuação:

- ISO 9001: Foco na satisfação do cliente e na melhoria contínua da qualidade.
- ISO 14001: Foco na proteção do meio ambiente e na prevenção da poluição.
- ISO 45001: Foco na prevenção de lesões e doenças ocupacionais e na melhoria do desempenho de segurança e saúde.

Ao implementar um SGI, a organização deve considerar todos os requisitos das normas aplicáveis e adaptá-los às suas necessidades e características específicas. A integração das normas ISO em um SGI permite que a organização gerencie seus processos de forma mais eficiente, reduzindo a duplicação de esforços e otimizando o uso de recursos. Além disso, o SGI facilita o atendimento aos requisitos legais e regulamentares, melhora a imagem da empresa e promove um ambiente de trabalho mais seguro e saudável.

3.6 TÉCNICA DELPHI

A técnica Delphi, originada na pesquisa militar da Rand Corporation na década de 1950 (Dalkey; Helmer, 1963), buscava alcançar consenso entre especialistas (Linstone; Turoff; Helmer, 2002). Inicialmente aplicada a questões militares, expandiu-se para prever tendências e impactos sociais em ciência e tecnologia (Gordon; Helmer, 1964). Sua popularidade cresceu em diversos setores devido à necessidade de previsões em um cenário de rápido avanço

tecnológico (Martino, 1992). A capacidade de incorporar informações subjetivas em modelos complexos atraiu áreas como saúde e transporte (Delbecq; Van de Vem; Gustafson, 1975). Originária dos EUA, a técnica se espalhou globalmente (Turoff, 1970) e hoje é utilizada em diversos contextos, de organizações sem fins lucrativos a governos e indústrias (Skulmoski; Hartman; Krahn, 2007).

O nome Delphi teve como base um lugar sagrado onde se anunciavam previsões sobre o futuro na Grécia antiga, conhecido como Oráculo de Delfos. A técnica recebeu esse nome em razão de sua finalidade, consistente em antecipar a probabilidade de eventos futuros, por meio de uma coleta sistemática da opinião de especialistas sobre determinado assunto (Oliveira; Costa; Wille, 2008). Embora a sua principal área de aplicação tenha permanecido a da previsão técnica, também tem sido usada em muitos outros contextos, nos quais informações de julgamento são indispensáveis (Linstone; Turoff; Helmer, 2002).

A técnica Delphi é amplamente utilizada na elaboração de indicadores de sustentabilidade, devido à sua capacidade de agregar o conhecimento de especialistas em diversas áreas e promover a construção de um consenso em torno de temas complexos. Essa metodologia, caracterizada por rodadas interativas de questionários e *feedback*, permite refinar e validar os indicadores propostos, assegurando sua relevância e aplicabilidade.

Na indústria têxtil, Padilha (2009) utilizou a técnica Delphi para desenvolver um sistema de indicadores de sustentabilidade que abrangesse as dimensões ambiental, social e econômica. A autora ressalta a importância da técnica para a identificação de indicadores relevantes e a definição de seus pesos, considerando a perspectiva das diferentes partes interessadas. A participação de especialistas de diversas áreas, a interatividade do processo e a busca por consenso contribuem para a construção de indicadores robustos, relevantes e aplicáveis, capazes de orientar a tomada de decisões e promover a sustentabilidade.

> O método Delphi, de um modo geral, é definido como uma atividade interativa desenhada para combinar opiniões de um grupo de especialistas para obtenção de consenso. Baseia-se em um processo de comunicação grupal de maneira a permitir que indivíduos, como um todo, possam lidar e explorar um problema complexo. Além de buscar o consenso, os estudos Delphi também pretendem alcançar uma previsão de futuro, com base em um método qualitativo/quantitativo de coleta de opiniões/dados fundamentados no conhecimento de um grupo específico de pessoas especializadas no tema estudado (Oliveira; Costa; Wille, 2008, p. 5).

Quando aplicado de forma sistemática e rigorosa, o método Delphi permite a coleta anônima de opiniões, contribuindo significativamente para a abordagem de tópicos emergentes e desconhecidos em diversas áreas (Linstone; Turoff; Helmer, 2002). O anonimato é

especialmente valioso em ambientes estruturados, onde os participantes podem sentir-se inibidos em expressar suas opiniões livremente.

O Quadro 6 apresenta características e vantagens do método Delphi, o que torna a técnica uma ferramenta poderosa para a construção de conhecimento e para a tomada de decisões em diversas áreas, especialmente em contextos complexos e multidisciplinares.

Quadro 6 – Características e vantagens do método Delphi.

Características	**Vantagens**
Anonimato	○ Igualdade de expressão de ideias ○ O anonimato faz com que a interatividade aconteça com maior espontaneidade.
Feedback	○ Redução de ruídos ○ Evita desvios no objetivo do estudo. ○ Fixação do grupo nas metas propostas ◦ Possibilidade de revisão de opiniões pelos participantes
Flexibilidade	○ A flexibilidade permite que os indivíduos não tenham que se restringir a datas, horários ou localização geográfica. ◦ Os questionários podem ser respondidos em qualquer lugar, pois encontram-se à disposição em um local definido no momento da pesquisa.
Uso de especialistas	○ A heterogeneidade dos especialistas é um fator considerado vantajoso quando o processo de escolhas dos participantes ocorre adequadamente. ○ São formados conceitos, julgamentos, apreciações e opiniões confiáveis a respeito do assunto. ◦ Novamente, a preservação da identidade dos respondentes faz com que a interatividade aconteça com maior espontaneidade.
Consenso	○ Sinergia de opiniões entre especialistas ◦ Identificação do motivo de divergência de opiniões
Interatividade	○ A interatividade foge de uma conjuntura hierárquica, pois formata as respostas e em seguida faz com que elas sejam partilhadas. ○ Adequação das respostas, pois tende a excluir excentricidades que estejam fora do contexto solicitado ○ Aprendizado com reciprocidade entre os respondentes

Fonte: Adaptado de Oliveira, Costa e Wille (2008).

O método Delphi é também um método de obter uma visão coletiva dos indivíduos sobre questões onde há pouca ou nenhuma evidência definitiva e onde a opinião é importante. Versátil, tem aplicabilidade em diversas áreas do conhecimento, como nas ciências exatas, da sáude, da engenharia, até mesmo nas ciências humanas e sociais aplicadas (Oliveira; Costa; Wille, 2008).

Além disso, o método oferece contribuições eficientes no levantamento de dados para uma pesquisa de natureza exploratória (Munaretto; Corrêa; Cunha; 2013). Diversos estudos utilizaram a técnica Delphi para elaborar indicadores de sustentabilidade em diferentes áreas. No contexto da sustentabilidade, ela tem sido utilizada para definir e validar indicadores que medem o desempenho ambiental, social e econômico de organizações, projetos e políticas. O Quadro 7 apresenta mapeamento das produções acadêmicas já existentes sobre a técnica Delphi, reunindo as principais conclusões.

Quadro 7 – Produções acadêmicas com aplicações da técnica Delphi.

Título da pesquisa	Autor(es)	Revista	Ano	Conclusão
Técnica Delphi na validação das intervenções de enfermagem	MANCUSSI E FARO, A. C.	Revista da Escola de Enfermagem da USP	1997	Resultados fidedignos foram possíveis de ser obtidos, por meio de uma técnica de caráter flexível e, sobretudo, por valorizar a opinião ou o conhecimento de cada um dos enfermeiros que atuam junto aos lesados medulares.
Técnica Delphi: identificando as competências gerais do médico e do enfermeiro que atuam em atenção primária de saúde	SILVA, R. F.; TANAKA, O. Y.	Revista da Escola de Enfermagem da USP	1999	A competência referente à gerência foi a única a não apresentar consenso entre os médicos que não a consideram necessária para atuar em medicina.
Técnica Delphi: validação de um instrumento para uso do terapeuta ocupacional em gerontologia	ALMEIDA, M. H. M.; SPÍNOLA, A. W. P.; LANCMAN, S.	Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo	2009	A "Versão grupal do Instrumento", após os ajustes sofridos, possibilita conhecimento pelo terapeuta ocupacional de componentes relevantes do desempenho funcional do idoso, apoiando a atenção profissional. O produto validado em seu conteúdo foi submetido posteriormente a outros testes de validação.
Utilização da técnica delphi *on-line* para investigação de competências: relato de experiência	SILVA, A. M. *et al.*	Revista Gaúcha de Enfermagem	2009	Embora seja preconizado que esta forma reduz o tempo de envio e recebimento dos questionários, constatou-se dificuldade de obter o contato com os *experts*, falta de retorno dos participantes e demora em responder ao instrumento. Os profissionais de saúde necessitam compreender a importância da sua participação em pesquisas com a utilização desta técnica.
Reflexões sobre o uso da técnica Delphi em pesquisas na enfermagem	SCARPARO, A. F. *et al.*	Rev Rene	2012	O estudo aprofundado da técnica permite compreensão precisa sobre os aspectos positivos de sua utilização, constituindo-se alternativa metodológica inovadora. Evidencia-se que a técnica apresenta potencial para subsidiar pesquisas que tenham como foco o cenário contemporâneo, marcado por novas formas de atuação, incorporação de ideias e previsão de tendências que caracterizem a atual prática de enfermagem.
Validação de constructo de tecnologia educativa para pacientes mediante aplicação da técnica Delphi	SOUSA, C. S.; TURRINI, R. N. T.	Acta Paulista de Enfermagem	2012	A técnica Delphi pode ser uma importante ferramenta na construção e validação de tecnologias educativas.
Utilização da Técnica Delphi na validação de diagnósticos de Enfermagem	SILVA, M. B. *et al.*	Revista de Enfermagem UFPE On Line	2013	Os estudos permitiram caracterizar a utilização da Técnica Delphi na validação de diagnósticos de enfermagem. Revelaram ainda lacuna na produção brasileira sobre este tema, sendo incipiente a prática dessa técnica no processo de validação.

Título da pesquisa	Autor(es)	Revista	Ano	Conclusão
Uma aplicação da técnica delphi no mapeamento das dimensões das qualificações docentes na área contábil	MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. C; CORNACCHIONE JUNIOR, E. B.	Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade	2014	Os resultados indicaram que a qualificação acadêmica ficou composta por fatores relativos à titulação, pesquisa e publicação; a qualificação profissional, por fatores relativos à experiência profissional e credenciais; e a qualificação pedagógica, por fatores relacionados ao apoio institucional, experiência no ensino e formação continuada. Também pode ser verificado que a formação acadêmica é a formação mais valorizada pela comissão completa, alcançando 46,7% dos especialistas pesquisados.
Framework para avaliação do conteúdo informacional do Relato Integrado: uma proposta baseada na Técnica Delphi	SANTOS, C. K. S.; MIRANDA, G. J.	21º USP *International Conference in Accounting*	2021	Como resultado, foi formulado um instrumento de conformidade, validado teoricamente, composto por 62 termos de busca, distribuídos em 20 elementos teóricos, que representam os seis tipos de capitais propostos pelo RI. Espera-se que o produto desta pesquisa possa facilitar outros estudos que avaliem se as formas de divulgação das informações financeiras e não financeiras das empresas seguem a estrutura proposta pelas entidades normativas, quanto ao relato integrado.
Técnica Delphi no processo de validação do Questionário de Avaliação da Atenção Básica (QualiAB) para aplicação nacional	ZARILI, T. F. T. *et al.*	Saúde e Sociedade	2021	A Técnica Delphi modificada contribuiu para o aprimoramento do instrumento QualiAB enquanto etapa intermediária de um processo de validação iterativa. Contudo, a realização em duas rodadas demonstrou ser insuficiente para a validação dos indicadores de qualidade organizacional, diante da abrangência e diversidade das ações realizadas pelos serviços de APS.
Proposta formativa para profissionais da educação infantil: contribuições da terapia ocupacional validadas pela técnica Delphi	SILVA E SILVA, R.; CORDEIRO, L.; ALMEIDA, D. E. R. G.	Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional	2023	O consenso denota consistência teórico-metodológica multidisciplinar, o que aumenta a complexidade da abordagem e as chances de generalização para além dos interesses locais da instituição que sediou esta experiência. O quadro contém temas-chave, focados nas problemáticas atuais da educação infantil, o que o torna passível de utilização por terapeutas ocupacionais em outros contextos.

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Com base no Quadro 7, percebe-se que a técnica Delphi é muito utilizada em pesquisas na área da saúde. As pesquisas citadas conceituam a técnica como: de caráter flexível, com valorização da opinião dos sujeitos (Mancussi e Faro, 1997); uma alternativa metodológica inovadora (Scarparo *et al.*, 2012); uma importante ferramenta na construção e validação de tecnologias (Sousa; Turrini, 2012).

Ana Mancussi e Faro (1997) utilizou a técnica Delphi para validar intervenções de enfermagem em pacientes com lesão medular, demonstrando a flexibilidade da técnica e a valorização do conhecimento dos enfermeiros. Scarparo *et al.* (2012), por sua vez, refletiram sobre o uso da técnica Delphi em pesquisas de enfermagem, corroborando a aplicabilidade da técnica em diferentes contextos da área, como visto em Mancussi e Faro (1997). Sousa e Turrini (2012) exploraram a técnica Delphi na validação de tecnologias educativas para pacientes, enfatizando sua utilidade na construção e validação dessas ferramentas, o que demonstra a versatilidade da técnica em diferentes instrumentos de pesquisa.

Almeida, Spínola e Lancman (2009) utilizaram a técnica para validar um instrumento para terapeutas ocupacionais em gerontologia, expandindo o uso da técnica para além da enfermagem, como visto nos estudos anteriores, e demonstrando sua aplicabilidade em diferentes áreas da saúde. Silva e Tanaka (1999) investigaram as competências de médicos e enfermeiros em atenção primária à saúde, utilizando a técnica Delphi para identificar áreas de consenso e divergência entre os profissionais, como no estudo de Mancussi e Faro (1997), que também utilizou a técnica para validar intervenções de enfermagem. Silva *et al.* (2009) relataram sua experiência com a técnica Delphi *online*, destacando desafios como a dificuldade de contato com especialistas e a importância da participação dos profissionais em pesquisas, fornecendo informações valiosas sobre a implementação da técnica em ambientes virtuais.

Zarili *et al.* (2021) utilizaram a técnica Delphi modificada para aprimorar um questionário de avaliação da atenção básica, demonstrando sua utilidade em processos de validação iterativa, o que complementa o estudo de Sousa e Turrini (2012), que também utilizaram a técnica para a validação de instrumentos.

Miranda, Casa Nova e Cornacchione Junior (2014) aplicaram a técnica para mapear as dimensões das qualificações docentes na área contábil, revelando a importância da formação acadêmica nesse contexto, expandindo o uso da técnica para além da área da saúde.

Silva *et al.* (2013) investigaram a utilização da técnica Delphi na validação de diagnósticos de enfermagem, identificando uma lacuna na produção brasileira sobre o tema, similarmente ao estudo de Scarparo *et al.* (2012), que refletiu sobre o uso da técnica em pesquisas de enfermagem.

Santos e Miranda (2021) propuseram um *framework* para avaliação do conteúdo informacional do relato integrado, utilizando a técnica Delphi para validar o instrumento, o que reforça a utilidade da técnica em diferentes áreas e instrumentos, como visto em Almeida, Spínola e Lancman (2009) e Sousa e Turrini (2012).

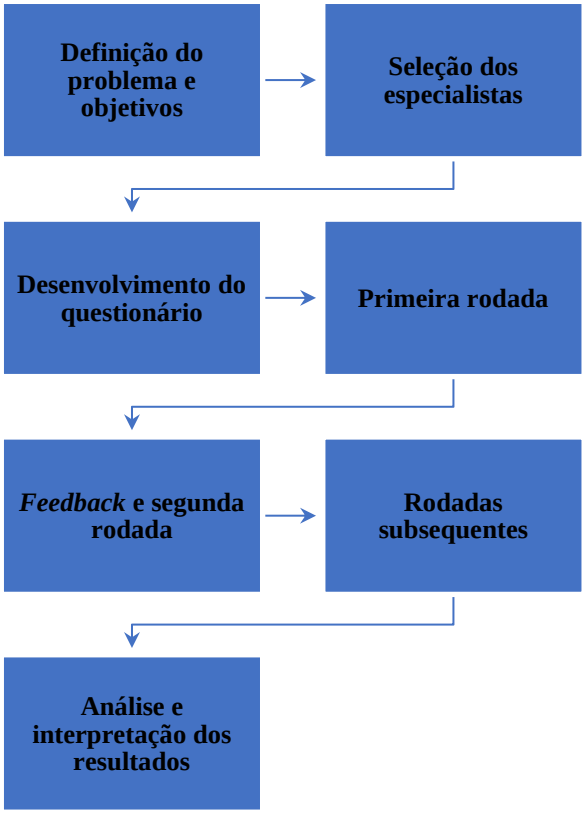
Silva e Silva, Cordeiro e Almeida (2023) desenvolveram uma proposta formativa para profissionais da educação infantil, validada pela técnica Delphi, demonstrando sua aplicabilidade em diferentes áreas e contextos, corroborando a versatilidade da técnica demonstrada nos estudos anteriores.

A utilidade da técnica Delphi se dá tanto na estruturação da comunicação em grupo, para a discussão de questões específicas, quanto no auxílio na formulação de políticas. Os painéis Delphi, em sua essência, são construídos para buscar uma estruturação de conceitos e para projetar futuros. A lógica da técnica é reunir a experiência e o conhecimento de especialistas em determinada área do saber, com vistas a uma maior compreensão e aproximação do objeto de estudo dessa investigação (Oliveira; Costa; Wille, 2008).

A escolha para utilização da técnica Delphi nesta pesquisa justificou-se pela necessidade de inserir essa temática no meio científico, com a participação de especialistas de diversas áreas relacionadas à questão abordada.

Além disso, a metodologia de aplicação da técnica Delphi geralmente envolve as etapas indicadas na Figura 8:

Figura 8 – Fluxograma de aplicação da Técnica Delphi.



Fonte: Linstone; Turoff; Helmer (2002).

- **Definição do problema e objetivos**: O primeiro passo é definir claramente o problema de pesquisa e os objetivos do estudo. Isso inclui identificar as questões-chave que precisam ser respondidas e os resultados desejados.
- **Seleção dos especialistas**: O próximo passo é selecionar um grupo de especialistas que possuam conhecimento e experiência relevantes para o tema em questão. A escolha dos especialistas é crucial para garantir a qualidade e a validade dos resultados.
- **Desenvolvimento do questionário**: Um questionário estruturado é desenvolvido para coletar as opiniões dos especialistas sobre o problema a ser solucionado. O questionário pode incluir perguntas abertas, fechadas ou a combinação de ambas.
- **Primeira rodada**: O questionário é enviado aos especialistas, que respondem de forma anônima. As respostas são coletadas e analisadas pelo pesquisador.
- ***Feedback* e segunda rodada**: Os resultados da primeira rodada são compilados e enviados de volta aos especialistas, juntamente a um segundo questionário. O segundo questionário pode incluir perguntas adicionais ou solicitar que os especialistas revisem suas respostas anteriores com base no *feedback* recebido.
- **Rodadas subsequentes**: O processo de *feedback* e novas rodadas de questionários podem ser repetidos até que um consenso seja alcançado ou até que as respostas se estabilizem.
- **Análise e interpretação dos resultados**: As respostas finais dos especialistas são analisadas e interpretadas para identificar áreas de consenso e divergência. Os resultados podem ser apresentados de forma quantitativa (por exemplo, médias, medianas, desvios padrão) ou qualitativa (por exemplo, análise de conteúdo).

Por fim, é importante frisar que a técnica Delphi pode ser adaptada às necessidades específicas de cada estudo, ou seja, o número de rodadas pode variar, assim como o formato do questionário e o método de análise dos resultados.

REFERÊNCIAS

ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Mapeamento da cadeia produtiva de gemas, joias e bijuterias no Brasil**. Brasília: ABDI, 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABTS – Associação Brasileira de Tratamentos de Superfície. **Tratamento de superfície**. 210. ed. São Paulo: ABTS, 2018. Disponível em: https://www.portalts.com.br/revista/tratamento-de-superficie/ed210. Acesso em: 6 out. 2024.

AHMAD, S.; WONG, K.Y. Development of weighted triple-bottom line sustainability indicators for the Malaysian food manufacturing industry using the Delphi method. **J. Clean. Prod.**, v. 229, p. 1167–1182, 2019. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.399. Acesso em: 27 jun. 2024.

ALMEIDA, M. H. M.; SPÍNOLA, A. W. P.; LANCMAN, S. Técnica Delphi: validação de um instrumento para uso do terapeuta ocupacional em gerontologia. **Rev. Ter. Ocup. Univ. São Paulo**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 49-58, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.11606/issn.2238-6149.v20i1p49-58. Acesso em: 13 set. 2023.

AMAJU – Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte. **Levantamento sobre fabricantes licenciados de semijoias folheadas no município de Juazeiro do Norte**. Destinatária: Sheilla da Silva Melo Figueirêdo. Juazeiro do Norte, 9 set 2022. E-mail. Disponível em: sheillamel@hotmail.com. Acesso em: 14 ago. 2023.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**: 2012. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/5955. Acesso em: 15 mai. 2023.

ARIVUMANI, A.; VIJAYALAXMI, I. Sustainable Development. **Adv Nat Appl Sci**, Amã, v. 11, n. 7, p. 296-300, 2017. DOI 10.3233/red-191203. Disponível em: http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/anas/anas/2017/May/296-300.pdf. Acesso em: 18 mai. 2023.

ATSDR – Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Lead toxicity**: What are the physiologic effects of lead exposure? Atlanta: ATSDR, 2023a. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/csem/leadtoxicity/physiological_effects.html#:~:text=Lead%20exposure%20can%20lead%20to,from%20past%20chronic%20lead%20exposure. Acesso em: 17 out. 2023.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta: ATSDR, 2012a. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp5.pdf. Acesso em: 17 out. 2023.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for chromium**. Atlanta: ATSDR, 2012b. Disponível: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.pdf. Acesso em: 17 out. 2023.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for copper**. Atlanta: ATSDR, 2022. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp132.pdf. Acesso em: 16 out. 2023.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for nickel**. Atlanta: ATSDR, 2023b. Disponível em: https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp15.pdf. Acesso em: 19 out. 2023.

BARBIERI, J. C.; SILVA, D. Desenvolvimento sustentável e educação ambiental: uma trajetória comum com muitos desafios. **RAM**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 51-82, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1678-69712011000300004. Acesso em: 22 abr. 2024.

BARBOSA, A. S.; SILVA, L. B.; SOUZA, V. F.; MORIOKA, S. N. Integrated Management Systems: their organizational impacts. **Total Qual. Manag. Bus. Excell**, v. 33, n. 7–8, p. 1-24, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1893685. Acesso em: 14 ago. 2023.

BARBOSA, F. **Mapa de Localização das Indústrias de Galvanoplastia** - Juazeiro do Norte - CE. Juazeiro do Norte: 2024. 2 mapas, color., 10,35cm x 14,71cm. Escalas 1:100.000 e 1:2000.

BERNARDO, M.; SIMON, A.; TARÍ, J. J.; MOLINA-AZORÍN, J. F. Benefits of management systems integration: a literature review. **J. Clean. Prod.**, v. 94, p. 260-267, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.075. Acesso em: 10 set. 2024.

BERTOLINO, M. T.; COUTO, M. **Sistemas de Gestão Integrados**: ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Editora, 2018.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 27 ago. 2023.

BRASIL. Consolidação das Leis do Trabalho (CLT). **Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943**. Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452compilado.htm?=undefined. Acesso em: 22 out. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, [2023]. Disponível em: https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627. Acesso em: 4 nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria MTP n.º 426, de 7 de outubro de 2021. Norma Regulamentadora nº 9 (NR-9) - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 out. 2021. Seção 1, p. 115. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-426-de-7-de-outubro-de-2021-351615758. Acesso em: 17 nov. 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria MTP n.º 806, de 13 de abril de 2022.** Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15) - Atividades e operações insalubres. Brasília, DF: Ministério do Trabalho e Emprego, [2023]. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-portarias/2022/portaria-mtp-n-o-806-ajuste-em-nrs-com-o-pgr.pdf/view. Acesso em: 22 out. 2023.

CEARÁ. Conselho Estadual de Meio Ambiente. **Resolução COEMA nº 02, de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº111, de 05 de abril de 2011, e altera a portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Fortaleza, CE: Conselho Estadual do Meio Ambiente. Disponível em: https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2019/09/COEMA-02-2017.pdf. Acesso em: 17 nov. 2023.

CEARÁ. **Lei Complementar nº 78, de 26 de junho de 2009**. Dispõe sobre a criação da Região Metropolitana do Cariri, cria o Conselho de Desenvolvimento e Integração e o Fundo De Desenvolvimento e Integração da Região Metropolitana do Cariri – FDMC, altera a composição de microrregiões do Estado do Ceará e dá outras providências. Fortaleza, CE: Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, [2017]. Disponível em: https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/viacao-transportes-desenvolvimento-urbano/item/5488-lei-complementar-n-78-26-de-junho-de-2009#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20cria%C3%A7%C3%A3o%20da,Cear%C3%A1%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAncias. Acesso em: 12 dez. 2024.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Roteiro de Caracterização do Setor**: Galvanoplastia. São Paulo: CETESB, 2005.

CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**: Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos, 2009. **Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe** – Relatório Final 2009. Fortaleza: COGERH, 2009. Disponível em: https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/pdf/coletanea2010/Plano-Monitoramento-Gestao-Aquiferos-Bacia-Araripe.pdf. Acesso em: 2 nov. 2023.

COSTA, C. T.; SANTOS, E. F.; TAVARES, P. R. L. Potencialidade da contaminação por metais pesados procedente da indústria com atividade galvânica no município de Juazeiro do Norte/CE. **Águas Subterr.**, São Paulo, *In:* XV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2008, Natal – RN. Disponível em: https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23808. Acesso em: 16 nov. 2023.

CROSBY, P. B. **Quality Is Free**: The Art of Making Quality Certain. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1980.

DALKEY, N.; HELMER, O. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. **Manag. Sci.,** v. 9, n. 3, p. 458-467, 1963. Disponível em: https://doi.org/10.1287/mnsc.9.3.458. Acesso em: 27 ago. 2024.

DELBECQ, A. L.; VAN DE VEN, A. H.; GUSTAFSON, D. H. **Group techniques for program planning**: A guide to nominal group and Delphi processes. Scott Foresman, 1975.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis**. Reed. Cambridge: MIT press, 2018.

DIETZ, S.; NEUMAYER, E. Weak and strong sustainability in the SEEA: Concepts and measurement. **Ecol. Econ.**, v. 61, n. 4, p. 617-626, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.09.007. Acesso em: 6 dez. 2023.

ECCLES, R. G.; IOANNOU, I.; SERAFEIM, G. The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance. **Manag. Sci.,** v. 60, n. 11, p. 2835-2857, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3386/w17950. Acesso em 17 out. 2023.

ECHA - European Chemicals Agency. **Rhodium**. Helsinque: ECHA, 2017.

FEIGENBAUM, A. V. **Total Quality Control**. 3. ed. rev. New York: MC Graw-Hill, 1991.

FEIL, A. A.; STRASBURG, V. J.; NAIME, R. H. Análise sobre as normas e dos indicadores de sustentabilidade e a sua integração para gestão corporativa. **PG&C**, v. 3, n. 2, p. 21-36, 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/index.php/pgc/article/view/16349. Acesso em: 11 fev. 2024.

FERNANDES, J. L. S.; BUSANELLO, F.; POLACINSKI, E.; GODOY, L. P.; LOSEKANN, A. G.; LORENZETT, D. B. Etapas necessárias para a implantação de um sistema de gestão integrado. **ReA/UFSM**, v. 8, n. 1, p. 60-72, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5902/198346596286. Acesso em: 8 dez. 2023.

FERNANDES, L. S. C. **Arranjo produtivo de joias e folheados de Juazeiro do Norte**: uma aposta que vale ouro. Monografia (Bacharelado em Ciências Econômicas) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005. Disponível em: http://www.ric.ufc.br/observatorio/mon_liviafernandes.PDF. Acesso em: 8 ago. 2023.

FERREIRA NETO, F. L. **A joia e a arte**: um estudo sobre a ourivesaria de Juazeiro do Norte. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós-Graduação em Design, Centro de Artes e Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/50629. Acesso em: 11 dez. 2024.

FIGUEIRÊDO, S. S. M.; PINTO, L. A.; OLIVEIRA, L. S.; MENEZES, J. M. C.; PAULA FILHO, F. J. Panorama das indústrias galvânicas de Juazeiro do Norte, Ceará: com ênfase nos teores de metais-traço nos efluentes e resíduos sólidos. **Eng. Sanit. Ambient.**, Juazeiro do Norte, v. 26, n. 6, p. 1111–1121, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-415220190063. Acesso em: 7 jul. 2023.

FRANCA, R. M.; FRISCHKORN, H.; SANTOS, M. R. P.; MENDONÇA, L. A. R.; BESERRA, M. C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE. **Eng. Sanit. Ambient.**, Juazeiro do Norte, v. 11, n. 1, p. 92–102, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1413-41522006000100012. Acesso em: 10 out. 2024.

FREITAS, C. A. S.; MOREIRA, L. C. J.; CALOU, V. B. C.; FIGUEIREDO, J. V.; SOUSA, R. R.; SAMPAIO, G. G. C.; SARAIVA, K. R.; CARVALHO, C. M.; SILVA, M. R. Sensoriamento Remoto aplicado à análise do fenômeno de Ilhas de Calor na Cidade de

Juazeiro do Norte - CE. **Res., Soc. Dev.**, Vargem Grande Paulista, v. 11, n. 12, p. 1-12, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i12.34265. Acesso em: 11 out. 2024.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Riscos químicos na indústria galvânica**: estudo de caso. São Paulo: FUNDACENTRO, 2012.

FURTADO, J. S. Indicadores de sustentabilidade e governança. **RevInter**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 121-186, 2009. Disponível em: http://autores.revistarevinter.com.br/index.php?journal=toxicologia&page=article&op=view&path%5B%5D=22&path%5B%5D=233. Acesso em: 14 jan. 2024.

GEMMA, S. F. B.; LIMA, F. T.; VIGANÔ, M. M. S. **Produção de Semijoias em Limeira-SP**: Conexões entre vida, trabalho e família. Campinas: BCCL/Unicamp, 2021.

GORDON, T. J.; HELMER, O. **Report on a long-range forecasting study**. RAND Corporation. Santa Monica: Rand Corporation, 1964. Disponível em: https://www.rand.org/pubs/papers/P2982.html. Acesso em: 14 out. 2024.

GRI - Global Reporting Initiative. **Normas GRI**: Tradução para o português. GRI, 2024. Disponível em: https://www.globalreporting.org/how-to-use-the-gri-standards/gri-standards-portuguese-translations/. Acesso em: 25 ago. 2024.

GUIMARÃES, R. P. **Aterrizando una Cometa**: indicadores territoriales de sustentabilidad. Santiago: CEPAL/ILPES, 1998. Disponível em: https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/7b6124c9-6e05-48e8-8ea4-38a57105ddae/content. Acesso em: 4 fev. 2024.

GUIMARÃES, R. P.; FEICHAS, S. A. Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambient. soc.**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 307-323, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1414-753x2009000200007. Acesso em: 20 dez. 2023.

HENDERSON, R. **Reimagining Capitalism in a World on Fire**. Nova Iorque: Public Affairs, 2020.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Chromium (VI) compounds**. Lyon: IARC, 2012a. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304375/pdf/Bookshelf_NBK304375.pdf. Acesso em: 13 mar. 2023.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Nickel and nickel compounds**. Lyon: IARC, 2012b. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304378/. Acesso em: 14 mar. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Juazeiro do Norte**. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/juazeiro-do-norte.html. Acesso em: 10 nov. 2024.

IIDA, I. **Ergonomia**: projeto e produção. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

INEA - Instituto Estadual do Meio Ambiente. **Galvanoplastia**: orientações para o controle ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: INEA, 2014.

ISO - International Organization for Standardization. **Annex SL**: The High Level Structure for ISO management system standards. Genebra: ISO, 2015.

JANDOVÁ, J.; DVORÁK, P.; JIRICNÝ, V. Recovery of zinc from zinc waste galvanic sludges with increased copper and nickel content. In: REWAS'04 – **Global Symposium on Recycling, Waste Treatment and Clean Technology**, p. 1883-1891, 2005.

JANDOVÁ, J.; STEFANOVÁ, T.; NIEMCZYKOVÁ, R. Recovery of Cu-concentrates from waste galvanic copper sludges. **Hydrometallurgy**, v. 57, n. 1, p. 77-84, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0304-386X(00)00101-8. Acesso em: 7 nov. 2023.

JURAN, J. M. **Juran on Planning for Quality**. 10. ed. The Free Press, 1988.

KANERVA, L.; JOLANKI, R.; ESTLANDER, T. 10 years of patch testing with the (meth)acrylate series. **Contact dermatitis**, v. 37, n. 6, p. 255-258, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1997.tb02460.x. Acesso em: 20 dez. 2023.

KHAN, M., SERAFEIM, G; YOON, A. Corporate Sustainability: First Evidence on Materiality. **Account. Rev.,** Atlanta, v. 91, n. 6, p. 1697-1724, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.2139/ssrn.2575912. Acesso em 7 ago. 2023.

KLEIN, N. **This Changes Everything**: Capitalism vs. The Climate. Simon & Schuster, 2014.

KUMAR, V.; DWIVEDI, S. K. Toxicity potential of electroplating wastewater and its bioremediation approaches: a review. **Environ. Technol. Rev.**, London, v. 10, n. 1, p. 238-254, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1080/21622515.2021.1983030. Acesso em: 27 out. 2024.

LI, C.; XIE, F.; MA, Y.; CAI, T.; LI, H.; HUANG, Z.; YUAN, G. Multiple heavy metals extraction and recovery from hazardous electroplating sludge waste via ultrasonically enhanced two-stage acid leaching. **J Hazard Mater**, v. 178, n. 1-3, p. 823-833, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.02.013. Acesso em 27 dez. 2023.

LIMA, G. G.; RIBEIRO, S. C. Geomorfologia e paisagem do município de Juazeiro do Norte/CE: relações entre a natureza semi-árida e os impactos antrópicos. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 520-530, 2012. Disponível em: https://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/2104/1981. Acesso em: 12 dez 2024.

LIMA, T. S. A.; SALES, P. O.; SILVA, D. S.; ASSIS, C. T. R.; FONTENELE, S. B. Perfil industrial da região metropolitana do Cariri - Ceará. *In*: **Gestão da Produção em Foco**. 1. ed., v. 13. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2018. Disponível em: https://poisson.com.br/livros/producao/foco13/Gestao_da_producao_em_foco_vol13.pdf. Acesso em 29. ago. 2023.

LISBÔA, M. G. P. **Design de Joias do projeto ao produto**: Coleção Gauchidade. Santa Maria: Centro Universitário Franciscano, 2011.

LINSTONE, H. A.; TUROFF, M.; HELMER, O. **The Delphi method**: Techniques and applications. Newark: Addison-Wesley Publishing Company, 2002.

LOSITSKA, T. Innovative technologies: essence and importance of galvanic production development. **Technol. Transf. Innov. Solut. Soc. Sci. Humanit**, v. 1, p. 7-9, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.21303/2613-5647.2018.00618. Acesso em: 30 nov. 2023.

MANCUSSI E FARO, A. C. Técnica Delphi na validação das intervenções de enfermagem. **Rev. esc. enferm. USP**, v. 31, n. 2, p. 259-273, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0080-62341997000200008. Acesso em: 13 set. 2023.

MANÇÚ, R. J. S.; GOUVEIA, L. B.; CORDEIRO, S. S. B. Modelo de matriz de diagnóstico e avaliação de desempenho de sistemas de gestão integrados (SGI) da qualidade, meio ambiente, segurança e saúde no trabalho. **BJB**, v. 2, n. 2, p. 1090-1114, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.34140/bjbv2n2-019. Acesso em: 4 nov. 2023.

MARIANI, C. A. Método PDCA e ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais: um estudo de caso. **RAI**, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 110-126, 2005. Disponível em: https://revistas.usp.br/rai/article/view/79051/83123. Acesso em: 8 set. 2024.

MARTINO, J. P. **Technological forecasting for decision making**. 3. ed. New York: MC Graw-Hill, 1992.

MENGISTU, A. Z.; PANIZZOLO, R. Analysis of indicators used for measuring industrial sustainability: a systematic review. **Environ. Dev. Sustain.**, v. 25, n. 3, p. 1979-2005, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10668-021-02053-0. Acesso em: 4 set. 2023.

MIRANDA, G. J.; CASA NOVA, S. P. C; CORNACCHIONE JUNIOR, E. B. Uma aplicação da Técnica Delphi no mapeamento das dimensões das qualificações docentes na área contábil. **REPeC**, Brasília, v. 8, n. 2, p. 142-158, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.17524/repec.v8i2.1009. Acesso em 17 set. 2023.

MOREIRA, T. R. **Caracterização e tratamento de lodos galvânicos: uma revisão da literatura**. 72 p. Trabalho de conclusão de curso (Curso Superior de Engenharia Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Salvador, 2021. Disponível em: https://portal.ifba.edu.br/salvador/ensino/cursos/superior/graduacao/engenharia-quimica/documentos/TCC/2021/tcc_tatiane_ribas_final.pdf. Acesso em: 3 dez. 2023.

MUNARETTO, L. F.; CORRÊA, H. L.; CUNHA, J. A. C. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. **Rev. Adm. UFSM**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 9-24, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.5902/198346596243. Acesso em: 10 dez. 2023.

MUNCK, L. **Gestão da sustentabilidade em contexto organizacional**: um novo agir frente à lógica das competências. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

MUNCK, L; BORIM-DE-SOUZA, R. Desenvolvimento sustentável ou modernização ecológica? Uma análise exploratória. **Serviço Social em Revista**, Londrina, v. 12, n. 2, p. 138-162, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.5433/1679-4842.2010v12n2p137. Acesso em: 2 nov. 2023.

MUNCK, L; BORIM-DE-SOUZA, R. Sustainability and competencies in organizational contexts: a proposal of a model of interaction. **Int. J. Environment and Sustainable Development**, v. 11, n. 4, p. 394-411, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1504/ijesd.2012.050830. Acesso em: 9 nov. 2023.

NASCIMENTO, D. C.; ALVES, C. C. E.; CHACON, S. S. Juazeiro do Norte (CE): um caso de (in)sustentabilidade urbana. **SiD**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 76-97, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.18472/sustdeb.v5n1.2014.9652. Acesso em: 29 out. 2023.

NASCIMENTO, D. C.; CHACON, S. S. Sustentabilidade na Região Metropolitana do Cariri - RMC: Análise a partir dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio - ODMs. **Soc. nat.**, Uberlândia, v. 28, n. 2, p. 339-352, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1982-451320160309. Acesso em: 29 out. 2023.

NASCIMENTO, D. C.; SILVA, F. R. M.; LIMA, M. B.; BARBOSA, W. F.; BEZERRA, M. I. S.; PINHEIRO, M. R. S.; SILVA, M. M. C.; VIANA, E. S.; SOUSA, E. S.; MORAIS, D. P.; OLIVEIRA, F. M.; SILVA, M. G.; CHAVES, A. T. L.; BARBOSA, E. N.; CIRINO, M. B. M. **Estudo aplicado para fins de revisão do Plano Diretor Municipal de Juazeiro do Norte (PDM/JN)** – Etapa 2 – Diagnóstico – Leituras técnicas e comunitárias da cidade. Juazeiro do Norte, 2022. Disponível em: https://pdmjuazeirodonorte.ufca.edu.br/2023/12/17/etapa-2-leituras-tecnicas-e-comunitarias-da-cidade/. Acesso em: 11 dez. 2024.

NASROLLAHI, Z.; HASHEMI, M.; BAMERI, S.; TAGHVAEE, V. M. Environmental pollution, economic growth, population, industrialization, and technology in weak and strong sustainability: using STIRPAT model. **Environ. Dev. Sustain.**, v. 22, n. 2, p. 1105-1122, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10668-018-0237-5. Acesso em: 4 nov. 2023.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Preventing occupational exposures to lead and other metals in the industrial sector**. Washington: NIOSH, 2018.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Rhodium**. Washington: NIOSH, 2015.

NOGUEIRA, L. S.; PASQUALETTO, A. Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia. **Pontifícia Universidade Católica de Goiás** - Departamento de Engenharia, Goiânia, p. 1-28, 2008.

NOGUEIRA, P. L.; GIACCHETTI, M. C. M. Gestão de competências e sistema de gestão integrado (SGI). *In*: **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente** – ENGEMA, 2015. Disponível em: https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/280.pdf. Acesso em: 9 mar. 2024.

OLIVEIRA, C. L. M.; PAULA FILHO, F. J. P.; MOURA, J. V. B.; FREITAS, D. M. G.; SANTIAGO, M. O. Characterization of Galvanic Sludges Waste Derived of the Metal Plating Industry from Cariri Region, Northeastern of Brazil. **MSF**, v. 930, p. 541- 545, 2018. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.930.541. Acesso em 7 jul. 2023.

OLIVEIRA, J. S. P.; COSTA, M. M.; WILLE, M. F. C. **Introdução ao Método Delphi**. Curitiba: Mundo Material, 2008.

OLIVEIRA, M. J. N. **Nota Técnica sobre Tecnologia de Controle – Galvanoplastias**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo: CETESB, 1990.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: ONU Brasil, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel. Acesso em: 17 out. 2023.

OZBAS, E. E.; GOKCE, C. E.; GUNEYSU, S; OZCAN, H. K.; SEZGIN, N.; AYDIN, S.; BALKAYA, N. Comparative metal (Cu, Ni, Zn, total Cr, and Fe) removal from galvanic sludge by molasses hydrolysate. **JCTB**, v. 88, n. 11, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1002/jctb.4066. Acesso em 29 dez. 2023.

PADILHA, M. L. M. L. **Indicadores de desenvolvimento sustentável para o setor têxtil**. 312 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, USP, São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-09042009-115825/en.php. Acesso em: 7 jul. 2023.

PEREIRA, W. F. **Zoneamento urbano do município de Juazeiro do Norte - CE**. Juazeiro do Norte: 2021. 1 mapa, color. Escala 1:15.000.

POLTRONIERI, C. F. **Avaliação do grau de maturidade dos Sistemas de Gestão Integrados (SGI)**. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-02062014-085602/publico/CamilaFabricioPoltronieriDEFINITIVO.pdf. Acesso em: 14 ago. 2023.

POLTRONIERI, C. F.; GEROLAMO, M. C.; CARPINETTI, L. C. R. Um instrumento para a avaliação de sistemas de gestão integrados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 638-652, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0104-530x1697-14. Acesso em: 27 dez. 2023.

QUEIROZ, I. S. Região metropolitana do Cariri cearense, a metrópole fora do eixo. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 3, p. 93-104, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4215/RM2014.1303.0007. Acesso em: 12 out. 2024.

RABELO, L. S.; LIMA, P. V. P. S. Indicadores de sustentabilidade: a possibilidade da mensuração do desenvolvimento sustentável. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, v. 1, n. 1, p. 55-76, 2008. Disponível em: https://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/4. Acesso em 30 jul. 2023.

RIANI, J. C. **Utilização de resinas de troca-iônica em efluentes de galvanoplastia**. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2008. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-30092008-151250/es.php. Acesso em: 5 ago. 2023.

REIS, L. G. **Tecnologia Aplicada a Processos Galvânicos**. São Paulo: SENAI-SP Editora, 2015.

RODRIGUES, A. S.; ALVES, C. L. B.; PINHEIRO, V. F. Dinâmica recente de acumulação do capital e processo de metropolização: o caso da Região Metropolitana do Cariri-CE. *In*:

PINHEIRO, V. F.; ALVES, C. L. B.; LIMA JÚNIOR, F. O.; RODRIGUES, A. S. (org.). **Para pensar o desenvolvimento da RM Cariri**. São Paulo: Blucher, 2017. cap. 1, p. 17-50.

SACHS, J. D. **A Era do Desenvolvimento Sustentável**. Lisboa: Actual, 2017.

SALAZAR, M. Decomposição do consumo de energia na indústria brasileira: efeitos do aumento da atividade entre 1970-2019. **Revista Brasileira de Energia**, v. 27, n. 1, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.47168/rbe.v27i1.582. Acesso em: 9 out. 2024.

SANTANA, L. V. **Atlas histórico e geográfico de Juazeiro do Norte - CE**. Juazeiro do Norte: Atalaia, 2021.

SANTOS, C. K. S.; MIRANDA, G. J. *Framework* para avaliação do conteúdo informacional do Relato Integrado: uma proposta baseada na Técnica Delphi. *In*: **21º USP Internationl Conference in Accounting**, 2021. Disponível em: https://congressousp.fipecafi.org/anais/21UspInternational/ArtigosDownload/3122.pdf. Acesso em: 12 set. 2023.

SANTOS, M. A. P.; SANTOS, V. S.; FRANCA, R. M.; CHAVES, M. S. Águas subterrâneas: um estudo acerca da superexplotação sobre a microbacia III do Rio Salgado. **RVADS**, v. 10, n. 4, p. 11-15, 2015. Disponível em: http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i4.3538. Acesso em: 3 out. 2023.

SANTOS, M. S.; YAMANAKA, H. T.; PACHECO, C. E. M. **Bijuterias** – Série Produção Mais Limpa. São Paulo: CETESB, 2005.

SANTOS, R. **Joias**: fundamentos, processos e técnicas. São Paulo: Senac São Paulo, 2017.

SCARPARO, A. F.; LAUS, A. M.; AZEVEDO, A. L. C. S.; FREITAS, M. R. I.; GABRIEL, C. S.; CHAVES, L. D. P. Reflexões sobre o uso da Técnica Delphi em pesquisas na enfermagem. **Reve Rene**. Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 242-251, 2012. Disponível em: http://www.periodicos.ufc.br/rene/article/view/3803/3000. Acesso em: 13 set. 2023.

SCHUMANN, Walter. **Gemas do mundo**. São Paulo: Disal Editora, 2006.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **CE – Cariri**: Região Sebrae. Disponível em: https://datampe.sebrae.com.br/profile/geo/ce-cariri. Acesso em: 9 nov. 2024.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Como iniciar um negócio de semijoias**. Brasília: SEBRAE, 2021.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Panorama do setor de bijuterias no Brasil**. Brasília: SEBRAE, 2020.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistema de Gestão Ambiental, Implantação Objetiva e Econômica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SESI - Serviço Social da Indústria. **Manual de Segurança e Saude no Trabalho**. Gerência de Segurança e Saude no Trabalho. São Paulo: SESI, 2007.

SILVA, A. M.; RODRIGUES, C. D. S.; SILVA, S. M. R.; WITT, R. R. Utilização da Técnica Delphi on-line para investigação de competências: relato de experiência. **Rev Gaúcha Enferm.**, Porto Alegre, v. 30, n. 2, p. 348-351, 2009. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/23635. Acesso em: 16 set. 2023.

SILVA E SILVA, R.; CORDEIRO, L.; ALMEIDA, D. E. R. G. Proposta formativa para profissionais da educação infantil: contribuições da terapia ocupacional validadas pela técnica Delphi. **Cad. Bras. Ter. Ocup.**, São Carlos, v. 31, p. 1-17, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoao250132741. Acesso em 14 set. 2023.

SILVA, J. E.; SOARES, D.; PAIVA, A. P.; LABRINCHA, J. A.; CASTRO, F. Leaching behaviour of a galvanic sludge in sulphuric acid and amoniacal media. **J. Hazard. Mater.**, San Luis, v. 121, n. 1-3, p. 195-202, 2005. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389405000865. Acesso em: 9 nov. 2023.

SILVA, M. B.; ARGENTA, C.; SAURIN, G.; CROSSETTI, M. G. O.; ALMEIDA, M. A. Utilização da Técnica Delphi na validação de diagnósticos de enfermagem. **Rev enferm UFPE on line**. Recife, v. 7, n. 1, p. 262-268, 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistaenfermagem/article/view/10229. Acesso em: 16 set. 2023.

SILVA, M. E. **Uma proposta de procedimento estruturado para implementação de SGI sistema de gestão integrado**. 126 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação de Mestrado e Doutorado em Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2013. Disponível em: http://bibliotecatede.uninove.br/tede/handle/tede/190. Acesso em: 26 ago. 2023.

SILVA, R. F.; TANAKA, O. Y. Técnica Delphi: identificando as competências gerais do médico e do enfermeiro que atuam em atenção primária de saúde. **Rev. esc. enferm. USP**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 207-216, 1999. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0080-62341999000300001. Acesso em: 14 set. 2023.

SKULMOSKI, G. J.; HARTMAN, F. T.; KRAHN, J. The Delphi method for graduate research. **JITE:Research**, Santa Rosa, v. 6, p. 1-21, 2007. Disponível em: https://www.jite.org/documents/Vol6/JITEv6p001-021Skulmoski212.pdf. Acesso em: 7.out.2024.

SOUSA, C. S.; TURRINI, R. N. T. Validação de constructo de tecnologia educativa para pacientes mediante aplicação da técnica Delphi. **Acta paul. enferm.**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 990-996, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-21002012000600026. Acesso em: 14 set. 2023.

SU, R.; LIANG, B.; GUAN, J. Leaching effects of metal from electroplating sludge under phosphate participation in hydrochloric acid médium. **Procedia Environ. Sci.**, v. 31, p. 361 – 365, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.048. Acesso em: 16 nov. 2023.

SUGAHARA, C. R.; RODRIGUES, E. L. Desenvolvimento Sustentável: um discurso em disputa. **Desenvolvimento em Questão**, v. 17, n. 49, p. 30-43, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.21527/2237-6453.2019.49.30-43. Acesso em: 6 dez. 2023.

TANG, C. Y.; YANG, Z.; GUO, H.; WEN, J. J.; NGHIEM, L. D.; CORNELISSEN, E. Potable Water Reuse through Advanced Membrane Technology. **Environ. Sci. Technol**., v. 52, p. 10215−10223, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00562. Acesso em 9. set. 2024.

TUROFF, M. The design of a policy Delphi. **Technol. Forecast. Soc. Change**, v. 2, n. 2, p. 149-171, 1970. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0099-3964(70)90004-9. Acesso em: 9 jan. 2024.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1679-39512004000100002. Acesso em: 29 out. 2024.

VAZ, L. G. L.; KLEN, M. R. F.; VEIT, M. T.; SILVA, E. A.; BARBIERO, T. A.; BERGAMASCO, R. Avaliação da eficiência de diferentes agentes coagulantes na remoção de cor e turbidez em efluente de galvanoplastia. **Eclét. Quím. J.,** São Paulo, v. 35, n. 4, p. 45-54, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v35.4.2010.p45-54. Acesso em: 15 dez. 2023.

VEIGA, J. E. Indicadores de sustentabilidade. **Estud. Av.**, v. 24, n. 68, p. 39-52, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-40142010000100006. Acesso em: 6 dez. 2023.

VEIT, M. T.; SILVA, E. A.; FAGUNDES-KLEIN, M. M.; TAVARES, C. R. G.; GONÇALVES, G. C. Biossorção de níquel e cromo de um efluente de galvanoplastia utilizando alga marinha pré-tratada em coluna. **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 31, n. 2, 175-183, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v31i2.864. Acesso em: 4 nov. 2023.

WANTOIL, F. L.; OLIVEIRA, E. A. B. O desenvolvimento sustentável na "constituição verde". **Raízes no Direito**, v. 11, n. 1, p. 67-79, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.37951/2318-2288.2022v11i1.p67-79. Acesso em: 26 ago. 2023.

WCED - World Commission on Environment and Development. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

WHO - World Health Organization**. Expose to cadmium**: a major public health concern. Genebra: WHO, 2019, 6 p. Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329480/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.3-eng.pdf. Acesso em: 17 ago. 2023.

WHO - World Health Organization. **Lead in drinking-water**: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Genebra: WHO, 2003, 21 p. Disponível em: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/75370/WHO_SDE_WSH_03.04_09_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 17 ago. 2023.

ZARILI, T. F. T.; CASTANHEIRA, E. R. L.; NUNES, L. O.; SANINE, P. R.; CARRAPATO, J. F. L.; MACHADO, D. F.; RAMOS, N. P.; MENDONÇA, C. S.; NASSER,

M. A.; ANDRADE, M. C.; NEMES, M. I. B. Técnica Delphi no processo de validação do Questionário de Avaliação da Atenção Básica (QualiAB) para aplicação nacional, São Paulo, **Saude soc.**, v. 30, n. 2, p. 1-14, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0104-12902021190505. Acesso em: 12 set. 2023.

ZHOU, Y. D.; SUN, M.; WANG, L.; XI, G. N. Research of Treatment Technology for Electroplating Wastewater. **AMM**, v. 487, p. 713-716, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.487.713. Acesso em: 13 out. 2024.
ZUTSHI, A.; SOHAL, A. S. Integrated management system: The experiences of three Australian organizations, **J. Manuf. Technol. Manag**, v. 16, n. 2, p. 211-232, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1108/17410380510576840. Acesso em: 24 fev. 2024.

CAPÍTULO I – SAÚDE DO TRABALHADOR NA INDÚSTRIA GALVÂNICA: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS E MEDIDAS DE CONTROLE[3]

RESUMO

A indústria galvânica desempenha um importante papel em diversos setores da economia, mas apresenta riscos significativos à saúde e segurança dos trabalhadores. Este artigo de revisão integrativa aborda os principais riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes presentes nesse setor, com base em estudos científicos e diretrizes nacionais e internacionais. A exposição a substâncias químicas tóxicas, como metais pesados e ácidos, ruído excessivo, vibrações, calor, posturas inadequadas e movimentos repetitivos, são alguns dos desafios enfrentados pelos trabalhadores. O artigo destaca a importância da análise de risco, do monitoramento da exposição, do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), da implementação de medidas de controle de engenharia e da conscientização dos trabalhadores para a prevenção de doenças e acidentes. Além disso, enfatiza a necessidade de pesquisas futuras para aprofundar o conhecimento sobre os riscos emergentes e desenvolver soluções mais eficazes para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores do processo galvânico.

Palavras-chave: Saúde ocupacional; Segurança ocupacional; Riscos ocupacionais; Galvanoplastia.

[3] Trabalho publicado na **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 11, n. 28, p. 677-703, 2024. Disponível em: https://revista.ecogestaobrasil.net/v11n28/v11n28a10a.html. Acesso em: 25 nov. 2024.

CHAPTER I – WORKER HEALTH IN THE ELECTROPLATING INDUSTRY: AN INTEGRATIVE REVIEW OF RISK IDENTIFICATION AND CONTROL MEASURES

ABSTRACT

The galvanic industry plays an important role in several sectors of the economy, but presents significant risks to the health and safety of workers. This integrative review article addresses the main chemical, physical, ergonomic and accident risks present in this sector, based on scientific studies and national and international guidelines. Exposure to toxic chemical substances, such as heavy metals and acids, excessive noise, vibrations, heat, inadequate postures and repetitive movements, are some of the challenges faced by workers. The article highlights the importance of risk analysis, exposure monitoring, the use of personal protective equipment (PPE), the implementation of engineering control measures and the awareness of workers to prevent illnesses and accidents. Furthermore, it emphasizes the need for future research to deepen knowledge about emerging risks and develop more effective solutions to protect the health and safety of galvanic process workers.

Keywords: Occupational health; Occupational safety; Occupational hazards; Electroplating.

1 INTRODUÇÃO

A galvanoplastia é uma técnica de revestimento de superfícies metálicas amplamente utilizada na indústria brasileira (Giurlani *et al.*, 2018). Ela desempenha um papel crucial nos setores automotivo e eletroeletrônico, na produção de uma variedade de produtos, desde semijoias folheadas até componentes eletrônicos (SESI, 2007).

No entanto, o processo de galvanoplastia incorpora uma gama de riscos ocupacionais com potencial de danos sérios à saúde e à segurança dos trabalhadores dos setores onde é praticado (Tsao *et al.*, 2018; Muller *et al.*, 2020; Setyaningsih *et al.*, 2021; Su *et al.*, 2022).

Em geral, os ambientes laborais na galvanoplastia apresentam desafios complexos para a higiene ocupacional toxicologia, ergonomia e áreas afins. A galvanização envolve o uso de substâncias químicas perigosas, como metais pesados e ácidos, e operações que apresentam riscos ocupacionais significativos, como exposição a ruído e vibrações (Silva e Neves, 2019). Além disso, condições ergonômicas desfavoráveis, como posturas inadequadas e movimentos repetitivos, contribuem para um cenário preocupante para o bem-estar e a qualidade de vida dos trabalhadores (FUNDACENTRO, 2010).

A intoxicação potencial por metais pesados pela via cutânea ou tegumentar é uma das principais preocupaçõesdos trabalhadores nas indústrias galvânicas. A exposição habitual a ambientes próprios do processo galvânico contendo névoas ácidas, gases e poeiras oriundos do níquel, cromo, cádmio e chumbo, podemcausardermatoses, úlceras, irritação nas vias respiratórias, bronquite, asma, pneumoconiose, câncer, danos renais e neurológicos, entre outros (Goyer e Clarkson, 2001).

Já os constrangimentos posturais, movimentos repetitivos, levantamento e transporte de peso, podem levar a dores musculares, lesões por esforços repetitivos (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), com consequências para os trabalhadores como afastamentos (temporários ou permanentes), incapacidade e invalidez (Gemma *et al.*, 2021).

Por outro lado, as empresas também são atingidas com custos diretos substanciais, a partir das despesas médicas e indenizações, além de custos indiretos, como perda de produtividade, queda na qualidade dos produtos e danos à imagem da empresajunto aos clientes, aos fornecedores e à sociedade em geral. A ausência de trabalhadores experientes devido a acidentes ou doenças e a necessidade de treinamento de novos funcionários podem comprometer a eficiência e a qualidade da produção (Goyer e Clarkson, 2001).

Diante desse cenário preocupante, é fundamental que a indústria galvânica adote medidas efetivas para prevenir e controlar os riscos ocupacionais. Investir em saúde e segurança no trabalho não é apenas uma obrigação legal, mas também uma estratégia inteligente duradoura para proteger os trabalhadores, garantir a produtividade e a sustentabilidade das empresas em longo prazo.

Este artigo traz uma síntese de conhecimentos e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos sobre os principais riscos à saúde e segurança presentes no processo galvânico, destacando os desafios e as medidas para a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. Na abordagem é dado destaque aos riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes mais comuns no processo, ressaltando seus impactos na saúde dos trabalhadores e as medidas de prevenção e controle que podem ser adotadas para mitigar esses riscos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de revisão sobre os principais riscos à saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica e as soluções já experimentadas e contempladas na ampla literatura científica sobre o tema., em especial em pesquisas científicas e diretrizes internacionais, como as da Organização Internacional do Trabalho (OIT), Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) e padrões normativos incorporados às normas regulamentadoras brasileiras (NR), editadas pelo Ministério do Trabalho (Brasil, 2021, 2022a,b,c).

O estudo bibliográfico compreendeu as seguintes etapas: formulação do problema e escolha do tema a ser investigado, elaboração do plano de trabalho, formulação dos objetivos, identificação, localização e obtenção de fontes que forneçam os dados adequados à pesquisa desejada, leitura do material obtido, análise e interpretação lógica dos dados e redação final do texto (Marconi e Lakatos, 2017; Gil, 2017; Severino, 2015).

Foram realizadas buscas nas bases de dados científicas PubMed, SciELO e Google Scholar, utilizando as palavras-chave, em português e inglês, “saúde do trabalhador”, “segurança do trabalho”, “indústria galvânica”, “riscos ocupacionais” e “galvanoplastia”. Para tanto, utilizou-se a combinação desses termos, utilizando os operadores booleanos “AND” e “OR”, para ampliar as buscas, garantindo o encontro de artigos que contivessem todos os termos da pesquisa, como “saúde do trabalhador” OR “segurança do trabalho” AND “indústria galvânica” OR “galvanoplastia” AND “riscos ocupacionais”.

A busca bibliográfica não restringiu o ano de publicação dos artigos, abrangendo estudos em português e inglês sem delimitação temporal, em virtude das poucas publicações existentes sobre a temática. Não houve restrição por país de origem dos estudos, englobando pesquisas nacionais e internacionais.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva, buscando identificar os principais riscos à saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica e as soluções propostas pela literatura científica. Os dados extraídos dos artigos selecionados foram sintetizados e agrupados por categorias de risco (químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes), buscando identificar padrões, tendências e lacunas no conhecimento.

Os critérios de exclusão adotados foram (1) os artigos que não estivessem relacionados à indústria galvânica, e (2) artigos duplicados.

Foram incluídos artigos originais, revisões da literatura e estudos de caso que abordassem os riscos à saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica. A seleção dos

estudos foi realizada em duas etapas. Na primeira, os títulos e resumos foram avaliados para verificar a relevância para a questão de pesquisa. Na segunda, os artigos selecionados na primeira etapa foram lidos para confirmar a elegibilidade.

A análise e a síntese dos dados extraídos dos artigos selecionados foram realizadas de forma descritiva, buscando identificar os principais riscos ocupacionais na indústria galvânica, seus impactos na saúde dos trabalhadores e as medidas de prevenção e controle propostas pela literatura científica, assim como, foram ainda observadas o que diz nas normas técnicas brasileiras e internacionais. Essa abordagem permitiu aos autores apresentar um panorama abrangente dos desafios e soluções relacionados à saúde e segurança no trabalho nesse setor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão integrativa dos estudos sobre os riscos ocupacionais em trabalhadores de indústrias galvânicas revela um foco significativo nos riscos químicos associados ao processo de galvanoplastia, com um destaque especial para a exposição ao cromo e ao níquel. Os estudos analisados foram realizados em diversos países, incluindo Brasil, China, Reino Unido, Indonésia, Taiwan e Índia, proporcionando uma visão abrangente e internacional sobre o tema. A Tabela 1 destaca os principais estudos sobre os riscos ocupacionais na galvanoplastia.

Tabela 1 - Principais estudos sobre os riscos ocupacionais na galvanoplastia.

Título do Artigo	Autoria	Local do estudo	Objetivo	Conclusão
Exposição de trabalhadores a aerossol contendo níquel em duas oficinas de galvanoplastia: comparação entre aerossol inalável e total	Tsai *et al.* (1996)	China	Investigar os níveis de exposição pessoal a aerossóis inaláveis contendo níquel e o impacto da introdução de nova instrumentação de amostragem pessoal com desempenho consistente com os critérios mais recentes propostos pela International Standards Organisation, o Comité Européen Normalisation e a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	Os resultados da análise de especiação em algumas amostras mostraram que as formas solúveis em água do níquel eram predominantes, mas que a proporção de níquel solúvel variou significativamente entre as duas lojas. Os resultados de experimentos como os descritos aqui são importantes à medida que a comunidade internacional de higiene industrial avança em direção a novos padrões de aerossol com base na fração inalável (conforme definido no último livreto de valores-limite do ACGIH).
Asma ocupacional devido à galvanoplastia de cromo e níquel.	Bright *et al.* (1997)	Reino Unido	Caracterizar a asma ocupacional devido à galvanoplastia de cromo e níquel em pacientes encaminhados a uma clínica especializada em doenças pulmonares ocupacionais	O cromo usado na galvanoplastia é uma causa potencial de asma ocupacional. A sensibilidade ao cromo em galvanoplastias pode ocorrer em situações em que os níveis de exposição provavelmente estão dentro dos padrões de exposição atuais. Pode haver reatividade cruzada com níquel. O desafio por inalação com solução nebulizada de dicromato de potássio é útil para fazer o diagnóstico específico quando há dúvida.
Lesões do septo nasal e função pulmonar em trabalhadores expostos ao ácido crômico em fábricas de galvanoplastia	Kuo *et al.* (1997)	Taiwan	Comparar trabalhadores de fábricas de galvanoplastia de cromo, níquel-cromo e zinco com relação a lesões do septo nasal e função pulmonar	Os resultados mostraram que a saúde dos trabalhadores está sendo severamente prejudicada pelo ambiente prejudicial das fábricas de galvanoplastia de cromo, os autores desejam sugerir que melhorias no local de trabalho

Título do Artigo	Autoria	Local do estudo	Objetivo	Conclusão
				são vitalmente necessárias para garantir a segurança dos trabalhadores.
Exposição ocupacional crônica ao hexavalente o cromo causa danos ao DNA em trabalhadores de galvanoplastia	Zhang *et al.* (2011)	China	Investigar se a exposição ao cromo hexavalente de baixo nível (Cr(VI)) pode causar danos ao DNA em trabalhadores de galvanoplastia	As descobertas deste estudo indicaram que houve exposição detectável ao cromo na galvanoplastia em trabalhadores. A exposição ocupacional de baixo nível ao cromo induziu danos ao DNA.
Efeitos na saúde ocupacional devido à exposição ao níquel e ao cromo em trabalhadores de galvanoplastia	Jeyamala *et al.* (2012)	Índia	Determinar alterações hematológicas no sangue e no cabelo em trabalhadores de galvanoplastia	Os achados neste estudo indicaram que houve exposição detectável ao Cr e Ni em trabalhadores de galvanoplastia. A exposição ocupacional de baixo nível ao Cr e Ni induziu maior sedimentação de eritrócitos e aumentou a porcentagem de eosinófilos em trabalhadores.
Características da função pulmonar diminuída e sintomas clínicos em trabalhadores de galvanoplastia de níquel	Tsao *et al.* (2018)	Taiwan	Investigar problemas de saúde, especialmente de função pulmonar, entre trabalhadores galvanizados expostos ao níquel	Os expostos ao níquel apresentaram níveis de níquel na urina significativamente mais elevados, com mais sintomas na pele e nas vias aéreas, bem como função pulmonar prejudicada. Foi observada uma relação dose-resposta entre a diminuição da função pulmonar e o estado de exposição ao níquel.
Avaliação de risco ocupacional da exposição a metais em trabalhadores de cromagem	Müller *et al.* (2020)	Brasil	Avaliar o risco ocupacional de exposição a metais em trabalhadores de cromagem	A exposição a xenobióticos presentes no ambiente ocupacional na indústria de cromagem pode desempenhar um papel crucial em relação à inflamação, danos genéticos e oxidativos.
O estado da função renal de trabalhadores de galvanização de metais expostos ao cromo VI	Setyaningsih *et al.* (2021)	Indonésia	Analisar a relação entre exposição ao cromo, idade, tempo de emprego e estado nutricional com a função renal de galvanoplastia de metais	Este estudo não encontrou relação entre idade e níveis de cromo na urina e função renal. No entanto, o tempo de emprego e o estado nutricional foram considerados significativamente relacionados à função renal. Embora a exposição ao cromo não pareça significativamente associada à função renal, os níveis médios de cromo na urina de galvanoplastias de metal excederam os valores limite.
Aplicação de múltiplos modelos de avaliação de risco à saúde ocupacional na	Su *et al.* (2022)	China	Avaliar os riscos de saúde ocupacional da exposição do grupo de trabalho ao tricloroetileno (TCE) nas indústrias de	A maioria dos grupos de trabalho expostos ao TCE nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica na China estão em alto risco. Os grupos de

Título do Artigo	Autoria	Local do estudo	Objetivo	Conclusão
predição de risco à saúde ocupacional do tricloroetileno nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica			galvanoplastia e eletrônica na China	limpeza podem ter um risco maior de exposição ao TCE. O método do índice de exposição chinês e o método do índice de síntese são mais práticos do que os outros métodos.

Fonte: Os autores (2024).

Os estudos fornecem uma melhor compreensão dos riscos associados à exposição ocupacional em indústrias de galvanoplastia, destacando a necessidade de medidas de segurança aprimoradas, monitoramento contínuo da saúde dos trabalhadores e a aplicação de metodologias eficazes para avaliar e mitigar os riscos.

Su *et al.* (2022) avaliaram os riscos de saúde ocupacional da exposição ao tricloroetileno (TCE) nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica na China. O TCE, solvente utilizado na limpeza e desengorduramento de peças, mostrou-se presente em concentrações alarmantes no ambiente de trabalho, ultrapassando os limites de segurança estabelecidos, que submete os trabalhadores a alto risco. Os autores evidenciaram que a maioria dos grupos de trabalho analisados estava exposta a concentrações de TCE acima do permitido, com destaque para os grupos de limpeza, que apresentaram 100% de seus integrantes expostos a níveis inseguros do solvente. Essa situação crítica aumenta o risco de diversos problemas de saúde, como danos ao fígado, rins e sistema nervoso central, além de elevar significativamente a probabilidade de desenvolvimento de câncer.

Este estudo de Su *et al.* (2022) complementa os achados de Muller *et al.* (2020), que avaliaram o risco ocupacional da exposição a metais em trabalhadores de cromagem e identificaram a inflamação e danos genéticos como efeitos adversos significativos da exposição a xenobióticos presentes no ambiente ocupacional.

Estudos clínicos focados nos efeitos respiratórios, como os de Bright *et al.* (1997) e Tsao *et al.* (2018), caracterizaram a asma ocupacional devido à exposição ao cromo e níquel e investigaram problemas de saúde pulmonar entre trabalhadores expostos ao níquel, respectivamente. Bright *et al.* (1997) constataram que o cromo é uma causa potencial de asma ocupacional, com possível reatividade cruzada com o níquel, enquanto Tsao *et al.* (2018) observaram que trabalhadores expostos ao níquel apresentaram níveis elevados desse metal na urina, correlacionados com sintomas pulmonares e cutâneos.

Corroborando a gravidade da exposição química, Setyaningsih *et al.* (2021) revelaram que o tempo de emprego em atividades de galvanoplastia está significativamente relacionado à função renal. Isso significa que, quanto maior o tempo de exposição aos agentes químicos, como o cromo, maior o risco de desenvolver disfunção renal. Essa relação se dá pela acumulação progressiva de toxinas nos rins, levando a danos crônicos. O cromo hexavalente, por exemplo, pode causar inflamação e lesão celular nos rins, sobrecarregando os mecanismos de defesa do órgão e resultando em danos permanentes.

Outro ponto destacado por Setyaningsih *et al.* (2021) é a influência do estado nutricional na função renal dos trabalhadores. Tanto a desnutrição quanto a obesidade podem comprometer a saúde dos rins. A desnutrição prejudica a capacidade de filtração e eliminação de toxinas, enquanto a obesidade aumenta a demanda sobre os rins e está associada a um estado inflamatório crônico, fator de risco para doenças renais.

Embora esse estudo não tenha encontrado uma relação direta entre os níveis de cromo na urina e a função renal, os níveis médios de cromo na urina dos trabalhadores excederam os valores limite, complementando os achados de Zhang *et al.* (2011), que investigaram os danos ao DNA causados pela exposição crônica ao cromo hexavalente e confirmaram que mesmo exposições de baixo nível podem induzir danos genéticos.

Tsai *et al.* (1996) investigaram os níveis de exposição pessoal a aerossóis inaláveis contendo níquel, destacando a importância de métodos de amostragem consistentes com critérios internacionais. Já Kuo *et al.* (1997) compararam os trabalhadores expostos ao cromo, níquel-cromo e zinco em relação a lesões do septo nasal e função pulmonar, concluindo que a saúde dos trabalhadores está sendo severamente prejudicada pelo ambiente das fábricas de galvanoplastia.

Jeyamala *et al.* (2012), ao estudarem os efeitos na saúde ocupacional devido à exposição ao níquel e ao cromo, identificou alterações hematológicas, como maior sedimentação de eritrócitos e aumento da porcentagem de eosinófilos, corroborando a importância de monitoramento contínuo da saúde dos trabalhadores expostos a esses metais.

Esses estudos, quando analisados em conjunto, fornecem uma compreensão detalhada dos riscos ocupacionais na indústria de galvanoplastia, enfatizando a necessidade de uma abordagem multifacetada para mitigar esses riscos. A combinação de estudos clínicos, genotóxicos e de exposição destaca a complexidade dos efeitos adversos à saúde dos trabalhadores e a importância de intervenções preventivas e políticas de segurança baseadas em evidências (Tsai *et al.*, 1996; Bright *et al.*, 1997; Kuo *et al.*, 1997; Zhang *et al.*, 2011; Jeyamala *et al.*, 2012; Tsao *et al.*, 2018; Muller *et al.*, 2020; Setyaningsih *et al.*, 2021; Su *et al.*, 2022).

A literatura brasileira, composta predominantemente por monografias, dissertações e estudos técnicos, consistiu em estudos de caso, revisões de literatura ou pesquisas bibliográficas sobre o tema, abordando os riscos à saúde relacionados à exposição a cianeto e a outros produtos químicos em processos de galvanoplastia.

Esses riscos amplamente descritos na literatura científica abrangem as esferas química, física e ergonômica, demandando atenção e medidas preventivas eficazes. No âmbito dos riscos químicos, a intoxicação por metais pesados figura como um dos principais problemas. Deng *et al.* (2019) alertam para a carcinogenicidade do cromo hexavalente, presente em diversos processos de galvanoplastia, especialmente para o sistema respiratório.

Nogueira e Pasqualetto (2008) evidenciam a necessidade de adequação das empresas brasileiras às normas e legislação vigente, a fim de garantir a proteção dos trabalhadores e do meio ambiente. Outro ponto de convergência entre os estudos analisados é a necessidade de maior conscientização e treinamento dos trabalhadores sobre os riscos ocupacionais e ambientais presentes na galvanoplastia.

A revisão integrativa sobre saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica evidenciou que a maioria dos estudos apresenta limitações por se concentrarem em riscos específicos, como a exposição a substâncias químicas ou fatores ergonômicos, sem abordar a interação entre diferentes riscos. Além disso, muitos estudos são conduzidos em um único local de trabalho por meio de estudos de caso, o que restringe a generalização dos resultados para outras indústrias. A diversidade de métodos de pesquisa e a falta de padronização na avaliação dos riscos também dificultam a comparação entre os estudos.

Apesar dessas limitações, os estudos convergem na identificação dos principais riscos à saúde e segurança dos trabalhadores, como a exposição a substâncias químicas tóxicas, ruído, calor e riscos ergonômicos. Há também um consenso sobre a importância da adoção de medidas de controle, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), ventilação adequada, monitoramento da exposição e treinamento dos trabalhadores. No entanto, divergências foram observadas na avaliação da efetividade das medidas de controle e na identificação de riscos emergentes, indicando a necessidade de pesquisas futuras para abordar essas questões.

Foi observado que a literatura brasileira ainda é incipiente com relação ao tema, composta majoritariamente por monografias, dissertações e estudos técnicos, que não foram incluídos nesta seleção (Tabela 1), porém, foram utilizados para complementar as discussões, pois abrangem outros riscos associados ao processo de galvanoplastia. É que, no Brasil, todas as empresas e órgãos públicos que tenham empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) devem seguir rigorosamente as Normas Regulamentadoras (NR) de segurança

e medicina do trabalho. Atualmente, 37 NR estão em vigor no país, estabelecendo direitos, deveres e obrigações para empregados e empregadores. A revisão também contextualizou os achados considerando essas normas e regulamentações vigentes no Brasil, bem como outras regulamentações internacionais.

As normas brasileiras estabelecem diretrizes para a prevenção e controle dos riscos ocupacionais, enquanto as regulamentações de outros países abordam a exposição a substâncias químicas, ruído, calor e outros riscos específicos do processo galvânico. Adicionalmente, as diretrizes da OIT fornecem recomendações para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em diversos setores, incluindo a indústria galvânica.

3.1 SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS NA GALVANOPLASTIA

O processo galvânico apresenta riscos consideráveis à saúde dos trabalhadores devido à exposição a substâncias químicas tóxicas. Ácidos como o sulfúrico e o clorídrico, frequentemente utilizados no processo, podem causar irritação severa na pele e nos olhos, além de problemas respiratórios quando inalados (OSHA, 2021).

Metais pesados, como chumbo, cádmio e cromo, também representam uma ameaça significativa. A exposição prolongada a esses metais pode resultar em danos neurológicos, insuficiência renal e até mesmo câncer (ATSDR, 2019a,b). Além disso, os compostos orgânicos voláteis presentes em solventes e outros produtos químicos utilizados na indústria galvânica podem afetar o sistema nervoso central, causando dores de cabeça, náuseas e, em casos graves, complicações crônicas (EPA, 2020).

Santo e Santana (2002) analisaram os riscos ocupacionais associados à exposição a substâncias químicas em uma instalação de galvanoplastia. A pesquisa concluiu que essa exposição representa um risco significativo para a saúde dos trabalhadores, mesmo com algumas medidas de controle em vigor. Os autores recomendam uma revisão completa dos procedimentos de segurança, melhorias na ventilação e maior uso de equipamentos de proteção. Além disso, destacam a necessidade de regulamentações mais rigorosas e fiscalização para garantir a conformidade com os padrões de segurança.

Kato (2010) investigou a exposição a névoas ácidas, um risco específico presente nos processos de galvanoplastia, quantificando a presença de ácidos no ar e recomendando medidas de controle. Wünsch Filho (2018), por sua vez, aprofundou a discussão sobre os impactos na saúde, focando nas doenças respiratórias associadas à exposição a substâncias químicas na indústria galvânica. Já Cunha (2020) complementou os estudos anteriores ao investigar a

exposição a metais através do monitoramento biológico, analisando a presença de metais no organismo dos trabalhadores.

É importante destacar a relevância da exposição a névoas ácidas para a saúde dos trabalhadores do processo galvânico. Essas substâncias podem causar irritação das vias aéreas, problemas respiratórios e outros agravos à saúde, sendo fundamental a adoção de medidas de proteção e controle para minimizar os riscos (FUNDACENTRO, 2012). Os possíveis efeitos ao meio ambiente e à saúde humana estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais metais presentes no processo galvânico e seus possíveis efeitos à saúde humana.

Metal	Possíveis Efeitos
Cobre	Irritação: O contato direto com o cobre pode causar irritação na pele, olhos e mucosas. A inalação de poeira ou fumos de cobre pode irritar o nariz, garganta e pulmões, levando a sintomas como tosse, dificuldade respiratória e dor de garganta. Problemas gastrointestinais: A ingestão de cobre em excesso pode causar náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal e cólicas. Em casos graves, pode ocorrer dano hepático e renal. Doença de Wilson: A doença de Wilson é uma condição genética rara em que o organismo acumula cobre em excesso, principalmente no fígado e no cérebro. Essa condição pode levar a problemas neurológicos, hepáticos e psiquiátricos. Febre do metal: A febre do metal é uma reação semelhante à gripe que pode ocorrer após a exposição a fumos de óxido de cobre. Os sintomas incluem febre, calafrios, dores musculares, fadiga e sabor metálico na boca. Obs: É importante ressaltar que a maioria dos efeitos do cobre na saúde humana ocorre devido à exposição excessiva e prolongada. A exposição a níveis baixos de cobre geralmente não causa problemas de saúde.
Chumbo	Sistema nervoso: O chumbo pode causar danos neurológicos, especialmente em crianças, resultando em problemas de desenvolvimento, dificuldades de aprendizado, alterações comportamentais e até mesmo diminuição do QI. Em adultos, a exposição pode levar a neuropatia periférica, tremores, fraqueza muscular e problemas de memória. Sistema hematológico: O chumbo interfere na produção de hemoglobina, podendo causar anemia. Sistema renal: A exposição prolongada pode levar a danos renais, incluindo insuficiência renal crônica. Sistema cardiovascular: O chumbo pode contribuir para o aumento da pressão arterial e doenças cardiovasculares. Sistema reprodutivo: Em homens, a exposição pode afetar a qualidade do esperma e a fertilidade. Em mulheres grávidas, o chumbo pode atravessar a placenta e prejudicar o desenvolvimento do feto.
Cromo	Efeitos respiratórios Irritação: O cromo hexavalente (Cr(VI)) é um forte irritante das vias respiratórias, podendo causar coriza, dor de garganta, tosse, dificuldade respiratória e bronquite. Câncer de pulmão: A inalação crônica de cromo hexavalente é um fator de risco comprovado para o desenvolvimento de câncer de pulmão. Perfuração do septo nasal: A exposição prolongada a altas concentrações de cromo hexavalente pode levar à perfuração do septo nasal. Efeitos na pele Dermatite de contato: O contato com o cromo hexavalente pode causar dermatite alérgica de contato, caracterizada por vermelhidão, coceira, inchaço e formação de bolhas na pele.

Metal	Possíveis Efeitos
	Úlceras cutâneas: A exposição crônica pode levar à formação de úlceras na pele, que são lesões dolorosas e de difícil cicatrização. Outros efeitos Danos renais e hepáticos: A exposição prolongada ao cromo hexavalente pode causar danos aos rins e ao fígado. Efeitos reprodutivos: Estudos em animais sugerem que o cromo hexavalente pode afetar a fertilidade e causar danos ao feto em desenvolvimento. Câncer em outros órgãos: Há evidências de que a exposição ao cromo hexavalente pode aumentar o risco de câncer em outros órgãos, como o estômago e a bexiga.
Cádmio	Efeitos respiratórios Irritação: A inalação de cádmio pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e edema pulmonar. Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC): A exposição crônica ao cádmio pode contribuir para o desenvolvimento de DPOC, uma condição que causa dificuldade respiratória progressiva. Câncer de pulmão: Estudos epidemiológicos associam a exposição prolongada ao cádmio com um risco aumentado de câncer de pulmão. Efeitos renais Danos renais: O cádmio acumula-se nos rins e pode causar danos aos túbulos renais, levando à disfunção renal e, em casos graves, à insuficiência renal. Cálculos renais: A exposição ao cádmio pode aumentar o risco de formação de cálculos renais. Efeitos ósseos Osteoporose: O cádmio interfere no metabolismo do cálcio e pode levar à osteoporose, uma condição que enfraquece os ossos e aumenta o risco de fraturas. Doença “itai-itai”: A doença “itai-itai”, uma forma grave de osteomalácia (amolecimento dos ossos) causada pela exposição ao cádmio, foi descrita no Japão em comunidades expostas a altos níveis de cádmio por meio da água e alimentos contaminados. Outros efeitos Efeitos cardiovasculares: O cádmio pode contribuir para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como hipertensão e aterosclerose. Efeitos reprodutivos: Estudos em animais sugerem que o cádmio pode afetar a fertilidade masculina e feminina. Câncer: Além do câncer de pulmão, a exposição ao cádmio também tem sido associada a um risco aumentado de câncer de próstata, mama e bexiga.
Níquel	Efeitos respiratórios: Irritação: A inalação de níquel pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e bronquite. Asma ocupacional: A exposição ao níquel é uma das principais causas de asma ocupacional, uma condição que causa chiado no peito, falta de ar e tosse. Câncer de pulmão e seios nasais: A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o níquel como carcinogênico para humanos, com evidências de que a exposição ocupacional aumenta o risco de câncer de pulmão e seios nasais. Efeitos na pele: Dermatite de contato alérgica: O níquel é um dos alérgenos mais comuns, e o contato com a pele pode causar dermatite de contato alérgica, caracterizada por vermelhidão, coceira, inchaço e formação de bolhas. Urticária de contato: Algumas pessoas podem desenvolver urticária de contato após a exposição ao níquel, com sintomas como coceira intensa e erupções cutâneas. Outros efeitos: Efeitos cardiovasculares: Estudos sugerem que a exposição ocupacional ao níquel pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares, como doença arterial coronariana e infarto do miocárdio. Efeitos reprodutivos: Há evidências limitadas de que a exposição ao níquel pode afetar a fertilidade masculina e causar danos ao feto em desenvolvimento.
Ródio	Exposição ao ródio metálico: A exposição ao ródio metálico em si geralmente não causa problemas de saúde significativos. No entanto, a inalação de poeira ou fumos contendo ródio

Metal	Possíveis Efeitos
	pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta e dificuldade respiratória. Exposição a compostos de ródio: Os compostos de ródio, como o cloreto de ródio, podem apresentar os seguintes riscos à saúde humana: Irritação: O contato com compostos de ródio pode causar irritação na pele, olhos e mucosas. A inalação de poeira ou fumos contendo compostos de ródio pode irritar as vias respiratórias. Sensibilização: Algumas pessoas podem desenvolver sensibilidade ao ródio, o que significa que a exposição repetida pode levar a reações alérgicas, como dermatite de contato. Toxicidade sistêmica: A ingestão ou inalação de grandes quantidades de compostos de ródio pode causar toxicidade sistêmica, afetando órgãos como rins e fígado.

Fontes: WHO (2003, 2019); ATSDR (2004, 2005, 2012, 2013, 2019a,b); IARC (2012a,b); NIOSH (2015); ECHA (2017, 2019).

A OIT (2008) apresenta um guia essencial para a promoção da segurança química no trabalho, em conformidade com as normas internacionais e as melhores práticas da indústria.

A necessidade de monitoramento regular dos níveis de exposição e dos impactos na saúde dos trabalhadores é destacada em todos os estudos. Isso inclui a análise de amostras de ar, efluentes e a implementação de programas de vigilância médica para detectar e prevenir doenças ocupacionais.

O uso de equipamentos de proteção individual, sistemas de ventilação, monitoramento da saúde dos trabalhadores e a implementação de boas práticas de higiene ocupacional são algumas das medidas essenciais para proteger a saúde dos trabalhadores e garantir um ambiente de trabalho mais seguro, conforme as recomendações disponíveis na Tabela 3.

Tabela 3 - Recomendações para lidar com agentes químicos presentes na galvanoplastia.

Categoria	Recomendação
Eliminação ou substituição	Priorizar processos e substâncias menos perigosas: Sempre que possível, substituir substâncias químicas perigosas por alternativas menos tóxicas ou perigosas.
	Automatização de processos: Automatizar tarefas que envolvam manipulação, de produtos químicos.
Medidas de engenharia	Ventilação exaustora eficiente: Instalar sistemas de ventilação exaustora adequados para capturar e remover vapores, gases e partículas no ponto de origem, evitando a dispersão no ambiente de trabalho.
	Enclausuramento de processos: Isolar os processos que geram emissões de substâncias químicas, utilizando cabines fechadas ou sistemas de exaustão local.
	Lavadores de gases: Utilizar lavadores de gases para remover poluentes do ar antes de sua liberação para o ambiente externo.
	Sistemas de contenção: Implementar sistemas de contenção para evitar derramamentos e vazamentos de produtos químicos.
Equipamentos de proteção individual (EPIs)	Seleção e uso adequado de EPIs: Fornecer e garantir o uso correto de EPIs adequados aos riscos específicos, como luvas, máscaras, óculos de proteção, aventais e botas de segurança.
	Treinamento e conscientização: Treinar os trabalhadores sobre o uso correto dos EPIs, a importância de sua utilização e os riscos da exposição a substâncias químicas.
Boas práticas de higiene ocupacional	Instalações sanitárias e vestiários adequados: Disponibilizar instalações sanitárias e vestiários separados para evitar a contaminação de roupas e objetos pessoais.

Categoria	Recomendação
	Procedimentos de higiene: Implementar procedimentos de higiene, como a lavagem das mãos antes das refeições e ao final do expediente, para evitar a ingestão de substâncias químicas.
	Proibição de comer, beber e fumar: Proibir o consumo de alimentos, bebidas e fumo nas áreas de trabalho para evitar a contaminação.
Monitoramento da saúde dos trabalhadores	Exames médicos ocupacionais: Realizar exames médicos periódicos para monitorar a saúde dos trabalhadores e identificar precocemente os efeitos da exposição a substâncias químicas.
	Monitoramento biológico: Realizar exames complementares, como análises de sangue e urina, para avaliar a exposição a substâncias químicas e seus efeitos no organismo.
Treinamento e informação	Treinamento sobre os riscos químicos: Informar os trabalhadores sobre os riscos à saúde associados às substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho, as medidas de prevenção e o uso correto dos EPIs.
	Comunicação de perigos: Elaborar e disponibilizar fichas de informações de segurança de produtos químicos (FISPQs) para todos os trabalhadores.
	Sinalização de segurança: Utilizar sinalização adequada para alertar sobre os riscos químicos presentes nas áreas de trabalho.
Gestão de produtos químicos	Inventário e rotulagem: Manter um inventário atualizado de todos os produtos químicos presentes na empresa, com informações sobre suas propriedades e perigos.
Armazenamento seguro	Armazenar os produtos químicos em locais adequados, de acordo com suas características e incompatibilidades, evitando o contato com outras substâncias e fontes de calor.
	Transporte seguro: Utilizar recipientes adequados e seguir os procedimentos de segurança para o transporte de produtos químicos.
	Descarte adequado: Destinar adequadamente os resíduos químicos, de acordo com a legislação ambiental vigente.
Plano de emergência	Elaborar e divulgar um plano de emergência: Preparar um plano de emergência para lidar com acidentes envolvendo produtos químicos, incluindo procedimentos de evacuação, primeiros socorros e comunicação com órgãos competentes.
	Treinamento para emergências: Treinar os trabalhadores sobre os procedimentos de emergência e o uso de equipamentos de combate a incêndio.
Participação dos trabalhadores	Envolver os trabalhadores: Incentivar a participação dos trabalhadores na identificação dos riscos, na avaliação das medidas de controle e na tomada de decisões relacionadas à segurança e saúde no trabalho.
	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA): Criar e manter uma CIPA ativa, com representantes dos trabalhadores e da empresa, para discutir e implementar medidas de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais.
Legislação e normas técnicas	Cumprir a legislação: Atender às exigências da legislação trabalhista e ambiental, como a Norma Regulamentadora nº 9 (NR-9) e a Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15).
	Seguir as normas técnicas: Utilizar as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e de outras entidades para garantir a segurança dos processos e produtos.

Fontes: NIOSH (2015); FUNDACENTRO (2016); Guidotti (2011); OSHA (2012); EU-OSHA (2017, 2019); Brasil, 2021, 2022b).

3.2 PROBLEMAS ERGONÔMICOS NA GALVANOPLASTIA

Diversos estudos, incluindo Couto (2008), Silva e Vasconcelos (2014) e Santos e Iida (2016), revelaram a presença de fatores como levantamento e transporte manual de cargas pesadas, posturas inadequadas, movimentos repetitivos, longas jornadas de trabalho e falta de pausas para descanso. Esses fatores, presentes em diferentes empresas do setor, estão

associados a queixas de dores musculares, fadiga e desconforto por parte dos trabalhadores, indicando um potencial para o desenvolvimento de doenças ocupacionais, como lesões musculoesqueléticas e distúrbios psicológicos.

Operações como a imersão e retirada de peças dos banhos galvânicos, montagem e desmontagem de equipamentos, exigem a repetição constante de determinados movimentos, identificada como uma das principais causas de lesões por esforço repetitivo (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) (FUNDACENTRO, 2010; Silva e Vasconcelos, 2014; Silva e Santos, 2015).

Além disso, as posturas inadequadas adotadas durante o trabalho representam outro fator de risco ergonômico relevante. A permanência em pé por longos períodos, a necessidade de adotar posturas forçadas e a utilização de espaços de trabalho mal projetados podem sobrecarregar músculos e articulações, resultando em dores, fadiga e lesões (Couto, 2008; Romano e Batista, 2013; Silva e Vasconcelos, 2014; Silva e Santos, 2015).

Para os autores supracitados, o manuseio de cargas também é uma preocupação na indústria galvânica. O levantamento e transporte de peças, produtos químicos e equipamentos pesados, muitas vezes em posições desfavoráveis, podem causar lesões nas costas, ombros e braços.

Outro risco ergonômico presente na indústria galvânica é a exposição a vibrações, principalmente pelo uso de ferramentas vibratórias. Essa exposição pode levar a problemas de circulação sanguínea nas mãos e dedos, além de danos aos nervos e articulações (Nakamura *et al.*, 2004). Na indústria galvânica, onde ferramentas vibratórias são frequentemente utilizadas, é crucial seguir as diretrizes estabelecidas por especialistas e normas para proteger a saúde dos trabalhadores.

Para mitigar esses riscos, os referidos estudos apresentam que é fundamental o investimento em medidas de prevenção e controle pelas empresas do setor. Na Tabela 4 são apresentadas recomendações para intervenção em riscos ergonômicos na indústria galvânica. A análise ergonômica do trabalho, o redesign de postos de trabalho, o rodízio de tarefas, a implementação de pausas para descanso, o treinamento e a conscientização dos trabalhadores, o fornecimento de equipamentos de proteção individual (EPIs) e o monitoramento da saúde dos trabalhadores são algumas das estratégias que podem contribuir para um ambiente de trabalho mais seguro e saudável na indústria galvânica (Schuler *et al.* 2012; Silva e Vasconcelos, 2014; Silva e Santos, 2015).

Tabela 4 - Recomendações para lidar com problemas ergonômicos na galvanoplastia.

Categoria	Recomendação
Análise ergonômica do trabalho (AET)	Realizar AET detalhada: Identificar e analisar os riscos ergonômicos presentes em cada posto de trabalho, considerando as tarefas realizadas, as ferramentas utilizadas, as posturas adotadas, os movimentos repetitivos, os esforços físicos e a organização do trabalho.
	Envolver os trabalhadores: Incluir os trabalhadores na AET, ouvindo suas queixas e sugestões de melhorias.
Adequação do mobiliário e equipamentos	Mobiliário ajustável: Utilizar mesas, cadeiras e bancadas com altura regulável para adaptar-se às características físicas de cada trabalhador.
	Ferramentas ergonômicas: Utilizar ferramentas com design ergonômico, que reduzam o esforço muscular e facilitem o manuseio.
	Equipamentos auxiliares: Implementar equipamentos auxiliares para levantamento e transporte de cargas, como talhas, guindastes e carrinhos.
	Dispositivos antivibrantes: Utilizar dispositivos antivibrantes em ferramentas que geram vibração, como lixadeiras e politrizes.
Organização do trabalho	Rotação de tarefas: Implementar a rotação de tarefas para evitar a monotonia e a repetição de movimentos, distribuindo a carga de trabalho entre os músculos e articulações.
	Pausas para descanso: Estabelecer pausas regulares para descanso e recuperação muscular, de acordo com a intensidade e duração das tarefas.
	Enriquecimento do trabalho: Ampliar as tarefas e responsabilidades dos trabalhadores, proporcionando maior autonomia e variedade no trabalho.
	Jornadas de trabalho adequadas: Evitar jornadas de trabalho excessivamente longas e turnos noturnos, que podem aumentar o risco de fadiga e lesões.
Ginástica laboral	Implementar programa de ginástica laboral: Desenvolver um programa de exercícios específicos para cada setor do processo galvânico, com o objetivo de prevenir lesões, melhorar a postura e aliviar o estresse muscular.
	Realizar os exercícios regularmente: Incentivar a prática regular da ginástica laboral, antes, durante e após o expediente.
Treinamento e conscientização	Treinar os trabalhadores: Oferecer treinamento sobre os riscos ergonômicos, as medidas de prevenção e a importância da postura correta e dos movimentos adequados.
	Informar sobre os benefícios da ergonomia: Conscientizar os trabalhadores sobre os benefícios da ergonomia para a saúde e o bem-estar, incentivando a adoção de práticas ergonômicas no dia a dia.
Monitoramento da saúde dos trabalhadores	Realizar exames médicos periódicos: Monitorar a saúde dos trabalhadores através de exames médicos periódicos, com foco na identificação de sinais e sintomas de doenças ocupacionais relacionadas a fatores ergonômicos.
	Investigar queixas: Investigar prontamente as queixas dos trabalhadores relacionadas a dores, desconforto e fadiga, buscando identificar as causas e implementar medidas corretivas.
Adaptação do ambiente de trabalho	Iluminação adequada: Garantir iluminação adequada em todos os postos de trabalho, evitando reflexos e sombras que possam prejudicar a visão e a postura.
	Controle de temperatura e umidade: Manter a temperatura e a umidade do ambiente de trabalho em níveis confortáveis, para evitar o estresse térmico e a fadiga.
	Redução de ruído: Implementar medidas para reduzir o ruído excessivo, como o uso de protetores auriculares, o isolamento acústico de máquinas e equipamentos e a realização de manutenção preventiva.
Participação dos trabalhadores	Incentivar a participação: Estimular a participação dos trabalhadores na identificação dos riscos ergonômicos, na avaliação das medidas de controle e na tomada de decisões relacionadas à segurança e saúde no trabalho.
	Criar canais de comunicação: Estabelecer canais de comunicação abertos entre trabalhadores e gestores para facilitar a troca de informações sobre problemas ergonômicos e sugestões de melhorias.
Legislação e normas técnicas	Cumprir a legislação: Atender às exigências da legislação trabalhista e previdenciária, como a Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17), que trata da ergonomia no trabalho.
	Seguir as normas técnicas: Utilizar as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e de outras entidades para garantir a segurança e a ergonomia dos postos de trabalho.

Fonte: Brasil (2022c).

3.3 RISCOS MECÂNICOS NA GALVANOPLASTIA

Os riscos mecânicos na galvanoplastia são aqueles que podem causar lesões por contato com objetos ou ferramentas afiadas, peças em movimento, quedas de objetos, etc. Alguns exemplos de riscos mecânicos na galvanoplastia (SESI, 2007), são:

- **Máquinas e equipamentos sem proteção:** As partes móveis das máquinas, como polias, correias e engrenagens, devem ser protegidas para evitar o contato acidental com o operador.
- **Ferramentas manuais:** As ferramentas manuais, como facas, alicates e martelos, devem ser mantidas em boas condições de conservação e utilizadas de forma adequada para evitar ferimentos.
- **Peças e materiais:** As peças e materiais devem ser manuseados com cuidado para evitar quedas, cortes e outros ferimentos.
- **Superfícies quentes:** As superfícies quentes, como fornos e tanques de galvanização, devem ser protegidas para evitar queimaduras.
- **Quedas e tropeços:** Os pisos devem ser mantidos limpos e livres de obstáculos para evitar quedas e tropeços.

A Tabela 5 apresenta recomendações para as categorias de riscos relacionados a acidentes no processo galvânico. Os principais riscos incluem quedas, esmagamentos e choques elétricos. Quedas podem ocorrer durante a manutenção de equipamentos elevados ou em superfícies escorregadias. Esmagamentos podem resultar do manuseio impróprio de máquinas pesadas, enquanto choques elétricos são risco constante devido ao uso de equipamentos elétricos em ambientes potencialmente úmidos (NIOSH, 2018).

Tabela 5 - Recomendações para Intervenção em riscos de acidentes na indústria galvânica.

Categoria	Recomendação
Mapeamento e avaliação dos riscos	Identificação dos perigos: Realizar um levantamento detalhado de todos os perigos presentes no ambiente de trabalho, como máquinas e equipamentos sem proteção, áreas de circulação desorganizadas, falta de sinalização, substâncias inflamáveis, entre outros.
	Avaliação dos riscos: Avaliar a probabilidade e a gravidade de cada perigo identificado, utilizando ferramentas como a matriz de risco
	Priorização dos riscos: Priorizar os riscos mais críticos, considerando a probabilidade de ocorrência, a gravidade das consequências e o número de trabalhadores expostos.
Medidas de engenharia	Proteção de máquinas e equipamentos: Instalar proteções físicas em máquinas e equipamentos, como grades, sensores e dispositivos de parada de emergência, para evitar o contato com partes móveis e energizadas.

Categoria	Recomendação
	Organização do ambiente de trabalho: Manter as áreas de circulação livres de obstáculos, delimitar áreas de risco e garantir a organização dos materiais e ferramentas.
	Sinalização de segurança: Utilizar sinalização adequada para alertar sobre os perigos presentes no ambiente de trabalho, como placas de advertência, fitas de demarcação e luzes de segurança.
	Sistemas de alarme e detecção: Instalar sistemas de alarme e detecção de incêndio, vazamento de gás e outras emergências, para garantir a rápida resposta em caso de acidentes.
	Manutenção preventiva: Realizar manutenção preventiva em máquinas, equipamentos e instalações, para garantir o bom funcionamento e evitar falhas que possam causar acidentes.
Equipamentos de proteção individual (EPIs)	Seleção e uso adequado de EPIs: Fornecer e garantir o uso correto de EPIs adequados aos riscos específicos, como capacetes, óculos de proteção, protetores auriculares, luvas, calçados de segurança e roupas de proteção.
	Treinamento e conscientização: Treinar os trabalhadores sobre o uso correto dos EPIs, a importância de sua utilização e os riscos de não os utilizar.
Treinamento e capacitação	Treinamento sobre segurança no trabalho: Oferecer treinamento aos trabalhadores sobre os riscos presentes no ambiente de trabalho, as medidas de prevenção de acidentes e os procedimentos de emergência.
	Capacitação para operar máquinas e equipamentos: Garantir que os trabalhadores estejam devidamente capacitados para operar máquinas e equipamentos, conhecendo os riscos e as medidas de segurança específicas.
Procedimentos de trabalho seguros (PTS)	Elaborar e implementar PTS: Desenvolver procedimentos de trabalho seguros para todas as atividades que envolvam riscos de acidentes, detalhando as etapas a serem seguidas, os equipamentos de proteção a serem utilizados e as precauções a serem tomadas.
	Treinar os trabalhadores nos PTS: Garantir que todos os trabalhadores conheçam e sigam os procedimentos de trabalho seguros estabelecidos.
Gestão de segurança	Criar uma cultura de segurança: Promover uma cultura de segurança na empresa, incentivando a participação dos trabalhadores na identificação de perigos e na sugestão de medidas de prevenção.
	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA): Criar e manter uma CIPA ativa, com representantes dos trabalhadores e da empresa, para discutir e implementar ações de prevenção de acidentes.
	Investigação de acidentes: Investigar todos os acidentes e incidentes, identificando as causas e implementando medidas corretivas para evitar a sua repetição.
Legislação e normas técnicas	Cumprir a legislação: Atender às exigências da legislação trabalhista e previdenciária, como a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.
	Seguir as normas técnicas: Utilizar as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e de outras entidades para garantir a segurança dos processos e equipamentos.

Fonte: OSHA (2021); Brasil (2022a).

3.4 RISCOS FÍSICOS

Existe uma variedade de riscos físicos presentes em diferentes etapas do processo produtivo da galvanoplastia que demandam atenção e medidas de controle eficazes para garantir a segurança dos trabalhadores. Um dos riscos físicos mais prevalentes na indústria galvânica é a exposição ao ruído excessivo.

O funcionamento de máquinas e equipamentos, como bombas, ventiladores e retificadoras, gera níveis de ruído que podem ultrapassar os limites de tolerância estabelecidos pela legislação. A exposição prolongada a ruídos intensos pode causar perda auditiva irreversível, além de outros problemas de saúde, como estresse, distúrbios do sono e hipertensão (Seidman e Standring, 2010).

Além do ruído, a exposição ao calor excessivo também é uma preocupação. Trabalhadores de indústria galvânica estão expostos a níveis de estresse térmico acima dos limites de tolerância, especialmente em áreas como banhos químicos e polimento. A exposição a temperaturas extremas pode causar desidratação, exaustão por calor, hipotermia e outros problemas de saúde (FUNDACENTRO, 2012).

A prevenção e o controle dos riscos físicos na indústria galvânica exigem a adoção de medidas de engenharia, como o isolamento de fontes de ruído e vibração, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) adequados, como protetores auriculares e luvas antivibração, e a implementação de programas de monitoramento da saúde dos trabalhadores. Além disso, é fundamental que os trabalhadores sejam informados e treinados sobre os riscos aos quais estão expostos e as medidas de prevenção necessárias para garantir sua segurança e saúde. A Tabela 6 apresenta as recomendações para prevenção dos riscos físicos.

Tabela 6 - Recomendações para intervenção em riscos físicos na indústria galvânica.

Categoria	Recomendação
Avaliação de riscos	Realize uma avaliação completa dos riscos físicos presentes na indústria galvânica, incluindo ruído, calor, vibração.
	Realize uma avaliação completa dos riscos físicos presentes na indústria galvânica, incluindo ruído, calor, vibração. Identifique as fontes de risco, áreas críticas e atividades que apresentam maior probabilidade de causar danos à saúde dos trabalhadores.
Controle de ruído	Realize avaliações de ruído para identificar áreas onde os níveis de ruído estão acima dos limites permitidos e implemente medidas de controle, como isolamento acústico e uso de protetores auriculares.
	Considere a substituição de equipamentos ruidosos por modelos mais silenciosos sempre que possível.
Controle de temperatura e calor	Mantenha as áreas de trabalho adequadamente ventiladas e climatizadas para prevenir o superaquecimento dos trabalhadores.
	Forneça pausas regulares para os trabalhadores se reidratarem e descansarem em ambientes mais frescos durante períodos de calor intenso.
Controle de vibração	Avalie os níveis de vibração em equipamentos e ferramentas e implemente medidas para reduzir a exposição dos trabalhadores a vibrações excessivas, como o uso de dispositivos de absorção de choque e manutenção regular dos equipamentos.
Educação e treinamento	Fornecer treinamento regular para os trabalhadores sobre os riscos físicos associados à indústria galvânica, incluindo reconhecimento de sinais de exposição e medidas preventivas.
	Promova uma cultura de segurança onde os trabalhadores se sintam capacitados a relatar preocupações e contribuir para a identificação e implementação de medidas de controle.
Manutenção preventiva	Implemente programas de manutenção preventiva para garantir que os equipamentos estejam funcionando corretamente e que quaisquer problemas potenciais sejam identificados e corrigidos antes que causem acidentes ou lesões.

Fonte: Adaptado de SESI (2007).

A participação dos trabalhadores na identificação dos problemas e na busca por soluções é essencial para a construção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. A conscientização sobre os riscos e a adoção de práticas preventivas são fundamentais para proteger a saúde dos trabalhadores e garantir a sustentabilidade industrial.

Ao identificar e analisar os principais riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores, o estudo contribui para a conscientização dos próprios trabalhadores, empregadores e órgãos governamentais sobre a importância da prevenção. A Tabela 7 apresenta identificação e avaliação dos riscos em indústrias galvânicas, a partir desse conhecimento, é possível desenvolver e implementar medidas de controle mais eficazes, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), a realização de exames médicos periódicos e a melhoria das condições de trabalho.

Tabela 7 - Identificação e avaliação dos riscos em indústrias galvânicas.

Exposição	Fontes de risco	Áreas críticas	Atividades de risco	Medidas de controle
Substâncias químicas	Banhos galvânicos, produtos de limpeza, e aditivos químicos.	Setores de tratamento e revestimento, armazenamento de produtos químicos.	Manipulação de banhos químicos, mistura de produtos, descarte de resíduos.	Implementar ventilação local exaustora, uso de EPIs (máscaras respiratórias, luvas, óculos de proteção), sistemas de contenção e armazenamento seguro.
Ruído	Equipamentos de polimento, máquinas de revestimento, bombas e compressores.	Setores de polimento e revestimento, áreas de maquinário pesado.	Operação de máquinas, manutenção de equipamentos.	Realizar avaliações de ruído, implementar isolamento acústico, fornecer protetores auriculares, substituir equipamentos ruidosos por modelos mais silenciosos.
Calor	Fornos de secagem, banhos de aquecimento.	Próximas a fornos e banhos quentes.	Operação e manutenção de fornos, manuseio de peças quentes.	Ventilação adequada, climatização das áreas de trabalho, fornecimento de pausas regulares e áreas de descanso, hidratação frequente.
Vibração	Ferramentas manuais vibratórias, equipamentos de polimento.	Setores de polimento e montagem.	Uso de ferramentas manuais, operação de máquinas vibratórias.	Avaliação dos níveis de vibração, uso de dispositivos de absorção de choque, manutenção regular dos equipamentos, substituição por modelos com menor vibração.

Exposição	Fontes de risco	Áreas críticas	Atividades de risco	Medidas de controle
Riscos ergonômicos	Posturas inadequadas, movimentos repetitivos, levantamento de cargas pesadas.	Linhas de produção, áreas de montagem e embalagem.	Trabalho em posições forçadas, movimentação manual de materiais.	Mobiliário ajustável, ferramentas ergonômicas, rotação de tarefas, pausas para descanso, treinamento em ergonomia.

Fonte: FUNDACENTRO (2010; 2012; 2016).

A implementação das medidas de controle visa a reduzir significativamente os riscos físicos no processo galvânico, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável para os trabalhadores. Além disso, o envolvimento ativo dos trabalhadores no processo de segurança é essencial para criar uma cultura de segurança robusta e eficaz. Essa implementação é, por sua vez, uma responsabilidade compartilhada entre diferentes atores:

1. **Empregador/Empresa**: São os principais responsáveis por garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. Devem fornecer os recursos necessários para a implementação das medidas de controle, incluindo equipamentos de proteção individual (EPIs), dispositivos de proteção coletiva (EPCs), treinamentos e acompanhamento médico. Cabe ainda aos empregadores ou à empresa estabelecer e manter um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e um Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) eficazes. Devem também designar um responsável técnico capacitado para a gestão da segurança no trabalho. Por fim, é incumbência da empresa ou do empregador promover a participação dos trabalhadores na identificação de perigos e na elaboração de medidas de controle.

2. **Trabalhadores***:* Têm o dever de colaborar com a empresa na implementação das medidas de controle. Além disso, devem utilizar corretamente os EPIs e EPCs fornecidos e seguir as normas de segurança estabelecidas pela empresa. É também dever dos trabalhadores a participação ativa na identificação de perigos e na sugestão de medidas de controle. É também obrigação dos trabalhadores comunicar ao empregador qualquer situação de risco que identifiquem.

3. **Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT)**: Deve assessorar a empresa na implementação das medidas de controle. Cabe também ao SESMT realizar a análise de riscos e propor medidas de controle. Ademais, compete a esse serviço promover a capacitação dos trabalhadores em segurança e saúde no trabalho. Finalmente, o SESMT deve acompanhar a saúde dos trabalhadores por meio de exames médicos ocupacionais.

4. **Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e de Assédio (CIPA)**: É atribuição da CIPA colaborar com a empresa na implementação das medidas de controle. Sua função é identificar os riscos existentes no ambiente de trabalho e propor medidas de controle. Também é obrigação dessa comissão realizar inspeções regulares nos locais de trabalho para verificar o cumprimento das normas de segurança. Outra atribuição importante da CIPA é promover a conscientização dos trabalhadores sobre a importância da prevenção de acidentes.

5. **Órgãos governamentais**: Têm o papel de fiscalizar o cumprimento da legislação de segurança e saúde no trabalho. Além disso, podem aplicar multas e outras penalidades às empresas que não cumprirem a legislação.

A implementação das medidas de controle, portanto, é uma responsabilidade compartilhada que exige a participação ativa de todos os envolvidos. A colaboração entre empresa, trabalhadores, SESMT, CIPA e órgãos governamentais é fundamental para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

Ao investir em saúde e segurança, as empresas reduzem custos com acidentes e doenças, melhoram a imagem da empresa e contribuem para o desenvolvimento sustentável do setor. Um processo galvânico livre de insalubridade e periculosidade é, portanto, mais produtivo e competitivo.

A pesquisa identificou algumas lacunas no conhecimento sobre saúde e segurança do trabalhador no processo galvânico:

1. **Riscos emergentes**: constatou-se a necessidade de mais pesquisas sobre os riscos emergentes no processo galvânico, como novas tecnologias e processos que podem introduzir novos perigos para a saúde dos trabalhadores.
2. **Soluções mais eficazes**: importância de desenvolver soluções mais eficazes para proteger a saúde e segurança dos trabalhadores, indicando que as medidas de controle existentes podem não ser suficientes para lidar com todos os riscos.
3. **Avaliação da efetividade das intervenções**: embora os estudos recomendem diversas medidas de controle para os riscos ocupacionais, não há uma avaliação da efetividade dessas intervenções em estudos científicos, o que dificulta a tomada de decisões baseadas em evidências.
4. **Impacto em longo prazo**: os estudos encontrados não discutem o impacto a longo prazo dos riscos ocupacionais na saúde dos trabalhadores do processo galvânico, como o desenvolvimento de doenças crônicas após anos de exposição. Mais

pesquisas são necessárias para entender as consequências da exposição prolongada aos riscos ocupacionais nesse setor.

5. **Aspectos psicossociais**: a literatura foca nos riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes, mas não aborda os aspectos psicossociais do trabalho no processo galvânico, como o estresse, a carga mental e o assédio moral, que também podem afetar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores.

Essas lacunas no conhecimento apontam para a necessidade de mais pesquisas na área de saúde e segurança do trabalhador na galvanoplastia, a fim de desenvolver intervenções mais eficazes e proteger a saúde dos trabalhadores em longo prazo.

4 CONCLUSÃO

O processo galvânico apresenta desafios complexos em relação à saúde e segurança dos trabalhadores, mas a pesquisa científica tem fornecido informações valiosas sobre os riscos e soluções eficazes para mitigá-los. A adoção de medidas de controle rigorosas, a promoção de práticas de trabalho seguras e a conscientização dos trabalhadores são essenciais para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

A revisão integrativa destaca a necessidade de mais pesquisas para aprofundar o conhecimento sobre os riscos ocupacionais no processo galvânico e para desenvolver soluções mais eficazes para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores. A contextualização dos achados com as normas e regulamentações vigentes no Brasil e em outros países, bem como com as diretrizes da OIT, reforça a importância da adoção de medidas de controle eficazes e da promoção de um ambiente de trabalho seguro e saudável no processo galvânico. É importante adotar uma abordagem multidisciplinar e integrada para a prevenção e controle dos riscos ocupacionais no processo galvânico, com a participação dos trabalhadores, empregadores, órgãos governamentais e organizações internacionais, a fim de construir um ambiente de trabalho mais seguro, saudável e produtivo. Somente por meio de um compromisso contínuo com a saúde e segurança ocupacional pode-se garantir o bem-estar dos trabalhadores e a sustentabilidade do processo galvânico em longo prazo.

CONFLITOS DE INTERESSES

Os autores declaram que não há interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado as inferências relatadas neste artigo.

REFERÊNCIAS

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for copper**. Atlanta: ATSDR, 2004.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for nickel**. Atlanta: ATSDR, 2005.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for chromium**. Atlanta: ATSDR, 2012.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta: ATSDR, 2013.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Lead toxicity**: What are the physiologic effects of lead exposure? Atlanta: ATSDR, 2019a.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for heavy metals**. Atlanta: ATSDR, 2019b.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 09 (NR-09)**: avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2021.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12)**: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022a.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15)**: Atividades e operações insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022b.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17)**: Ergonomia. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022c.

Bright, P.; Burge, P. S.; O'hickey, S. P.; Gannon, P. F.; Robertson, A. S.; Boran, A. Occupational asthma due to chrome and nickel electroplating. **Thorax**, v. 52, n. 1, p. 28-32, 1997. https://doi.org/10.1136/thx.52.1.28

Deng, Y.; Wang, M.; Tian, T.; Lin, S.; Xu, P.; Zhou, L.; Dai, C.; Hao, Q.; Wu, Y.; Zhai, Z.; Zhu, Y.; Zhuang, G.; Dai, Z. The effect of hexavalent chromium on the incidence and mortality of human cancers: A meta-analysis based on published epidemiological cohort studies. **Frontier Oncology**, v. 9, 24, 2019. https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00024

ECHA - European Chemicals Agency. **Rhodium**. Helsink: ECHA, 2017.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Volatile organic compounds' impact on indoor air quality**. 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-qualityiaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>. Acesso em: 22 fev. 2024.

EU-OSHA - Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. **Substituição de substâncias perigosas**: um guia prático para micro e pequenas empresas. Bibau: EU-OSHA, 2017.

EU-OSHA - Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. **Vibrações**. Bibau: EU-OSHA, 2019.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Ergonomia na indústria galvânica**: estudo de caso. São Paulo: FUNDACENTRO, 2010.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Riscos químicos na indústria galvânica**: estudo de caso. São Paulo: FUNDACENTRO, 2012.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Ventilação industrial**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2016.

Gemma, S. F. B.; Lima, F. T.; Viganô, M. M. S. **Produção de semijoias em Limeira-SP**: conexões entre vida, trabalho e família. Campinas: BCCL/UNICAMP, 2021.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Giurlani, W.; Zangari, G.; Gambinossi, F.; Passaponti, M.; Salvietti, E.; Di Benedetto, F.; Caporali, S.; Innocenti, M. Electroplating for decorative applications: Recent trends in research and development. **Coatings**, v. 8, n. 8, 260, 2018. https://doi.org/ 10.3390/coatings8080260

Goyer, R. A.; Clarkson, T. W. Toxic effects of metals. In: Klaassen, C. D. (Ed.). **Casarett & Doull's toxicology**: The basic science of poisons. 6. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2001. p. 811-868.

Guidotti, T. L. **Global occupational health**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2011.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Chromium(VI) compounds**. Lyon: IARC, 2012a.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Nickel compounds**. Lyon: IARC, 2012b.

ILO - International Labour Organization. **Ergonomic checkpoints**: Practical and easy-toimplement solutions for improving safety, health and working conditions. Genebra: ILO, 2011.

Jeyamala, S.; Kumaraguru, A. K.; Nagarani, N. Occupational health effects due to nickel and chromium exposure in electroplating workers. **Toxicological & Environmental Chemestry**, v. 94, n. 8, p. 1583-1590, 2012. https://doi.org/10.1080/02772248. 2012.715382

Kuo, H. W.; Lai, J. S.; Lin, T. I. Nasal septum lesions and lung function in workers exposed to chromic acid in electroplating factories. **International Archives of Occupational and**

Environmental Health, v. 70, n. 4, p. 272-276, 1997. https://doi.org/10.1007/ s004200050218

Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Muller, C. D.; Garcia, S. C.; Brucker, N.; Goethel, G.; Sauer, E.; Lacerda, L. M.; Oliveira, E.; Trombini, T. L.; Machado, A. B.; Pressotto, A.; Rech, V. C.; Klauck, C. R.; Silva, L. B.; Gioda, A.; Feska, L. R. Occupational risk assessment of exposure to metals in chrome plating workers. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 2, p. 560-567, 2020. https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1731527

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Rhodium**. Washington: NIOSH, 2015.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Preventing occupational exposures to lead and other metals in the industrial sector**. Washington: NIOSH, 2018.

Nogueira, L. S.; Pasqualetto, A. **Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2008.

OIT - Organização Internacional do Trabalho. **Segurança na utilização de produtos químicos no trabalho**. Genebra: OIT, 2008.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. **Occupational health and safety manual**. Washington: OSHA, 2012.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. **Safety and health topics**: Chemical hazards and toxic substances. Washington: OSHA, 2021.

Seidman, M. D.; Standring, R. T. Noise and quality of life. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 7, n. 10, p. 3730-3738, 2010. https://doi.org/10.3390/ijerph7103730

SESI - Serviço Social da Indústria. **Manual de Segurança e Saúde no Trabalho**. São Paulo: SESI, 2007.

Setyaningsih, Y.; Wahyuni, I.; Ekawati; Ginandjar, P. The renal function status of metal electroplating workers exposed to chromium VI. **Malaysian Journal of Public Health Medicine**, v. 21, n. 1, p. 297-302, 2021. https://doi.org/10.37268/mjphm/vol.21/ no.1/art.863

Severino, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

Silva, M.; Neves, M. C. Risk assessment for occupational exposure to chemicals in na electroplating industry. In: Arezes, P.; Carvalho, P. (Eds.). **Advances in safety management and human factors**. New York: AHFE International Conference, 2019. v. 5. https://doi.org/10.54941/ahfe100175

Su, S.; Liang, Z.; Zhang, S.; Xu, H.; Chen, J.; Zhao, Z.; Zhang, M.; Wang, T. Application of multiple occupational health risk assessment models in occupation health risk prediction of

trichloroethylene in the electroplating and electronics industries. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 29, n. 1, p. 70-76, 2022. https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2022956

Tsai, P.-J.; Werner, M. A.; Vincent, J. H.; Maldonado, G. Worker exposure to nickelcontaining aerosol in two electroplating shops: Comparison between inhalable and total aerosol. **Applied Occupational and Environmental Hygiene**, v. 11, n. 5, p. 484-492, 1996. https://doi.org/10.1080/1047322X.1996.10389360

WHO - World Health Organization. **Gold in drinking-water**: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Genebra: WHO, 2003.

WHO - World Health Organization. **Cadmium**. Genebra: WHO, 2019.

Zhang, X.-H.; Zhang, X.; Wang, X.-C.; Jin, L.-F.; Yang, Z.-P.; Jiang, C.-X.; Chen, Q.; Ren, X.-B.; Cao, J.-Z.; Wang, Q.; Zhu, Y.-M. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. **BMC Public Health**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2011. https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-224

CAPÍTULO II – INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO INTEGRADA DE INDÚSTRIAS GALVÂNICAS[4]

RESUMO

A crescente preocupação com a sustentabilidade tem impulsionado indústrias a buscar práticas mais responsáveis, incluindo o processo de galvanoplastia, que apresenta potencial de impactos ambientais e ocupacionais. Este artigo aborda a importância da gestão integrada da qualidade, meio ambiente e segurança do trabalho (ISO 9001, 14001 e 45001) e a necessidade de indicadores específicos para mensurar a sustentabilidade nesse setor. A metodologia utilizada foi a técnica Delphi, com a participação de especialistas e trabalhadores da indústria galvânica, visando identificar e validar indicadores de desempenho relevantes. Os resultados obtidos contribuem para a melhoria da gestão e do desempenho das empresas do setor, promovendo a competitividade e a sustentabilidade da indústria galvânica. A pesquisa identificou 39 indicadores-chave, abrangendo consumo de recursos, geração de resíduos, segurança do trabalho, governança e qualidade, que podem auxiliar as empresas a monitorar e melhorar seu desempenho socioambiental, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as práticas ESG (Ambiental, Social e Governança).

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; indicadores; indústria galvânica; gestão integrada.

[4] Trabalho publicado no **Journal of Management and Sustainability**, v. 14, n. 2, p. 53-70, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.5539/jms.v14n2p53. Acesso em: 15 set. 2024.

CHAPTER II - SUSTAINABILITY INDICATORS IN THE INTEGRATED MANAGEMENT OF INDUSTRIES WITH GALVANIC ACTIVITIES

ABSTRACT

Growing concern for sustainability has driven industries, including the galvanic sector, to adopt more responsible practices due to their significant environmental and occupational impacts. This article discusses the importance of integrating quality, environmental, and occupational safety management (ISO 9001, 14001, and 45001) and highlights the need for specific indicators to measure sustainability in this sector. Using the Delphi technique, experts and workers from the galvanic industry identified and validated relevant performance indicators. The results improve management and performance, promoting the competitiveness and sustainability of the galvanic industry. The research identified 39 key indicators covering resource consumption, waste generation, occupational safety, governance, and quality. These indicators help companies monitor and enhance their socio-environmental performance, aligning with the Sustainable Development Goals (SDGs) and ESG (Environmental, Social, and Governance) practices.

Keywords: Sustainable Development, indicators, Galvanic Industry, Integrated Management.

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a crise ambiental global tem impulsionado a busca por um desenvolvimento mais sustentável, levando as empresas a integrarem fatores socioambientais em sua gestão (Klein, 2014). Apesar da sua importância económica, a indústria galvânica apresenta riscos ambientais e ocupacionais significativos (Innocenzi *et al.*, 2020; Figueirêdo *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2019; Lositska, 2018), exigindo um sistema de gestão integrado que aborde a qualidade, meio ambiente e segurança ocupacional, em linha com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (ONU, 2015).

As normas ISO 9001, 14001 e 45001 oferecem diretrizes para implementação desse sistema de gestão integrado, promovendo otimização de processos, redução de custos e melhoria da imagem da empresa (Bertolino & Couto, 2018). No entanto, medir a sustentabilidade na indústria galvânica continua a ser um desafio devido à falta de indicadores específicos e relevantes para o setor (Mengistu & Panizzolo, 2023).

Atualmente, as empresas utilizam indicadores genéricos que não refletem as características e necessidades específicas da indústria galvânica. No entanto, esta prática dificulta a tomada de decisões estratégicas e a implementação de melhorias, levando a uma gestão ineficiente e a dificuldades na identificação de gargalos, oportunidades de melhoria e monitoramento do progresso na sustentabilidade (Ahmad & Wong, 2019).

Investidores e consumidores valorizam cada vez mais as empresas que adotam práticas ESG (Ambientais, Sociais e de Governança), enfatizando a importância de integrar essas práticas aos processos organizacionais para atender às crescentes demandas por sustentabilidade. Esta procura reflete uma consciência crescente da importância de considerar os impactos ambientais, sociais e de governação nas decisões de investimento e consumo (Vanham & Schwab, 2021; Henderson, 2020; Khan, Serafeim, & Yoon, 2016).

Ao incorporar princípios ESG em suas operações, as empresas demonstram compromisso com o desenvolvimento sustentável, o que pode gerar benefícios como aumento da atratividade para investidores, fortalecimento da reputação e fidelização de clientes. Além disso, a adoção dessas práticas aumenta diretamente a sustentabilidade empresarial, impactando positivamente os processos organizacionais e o desempenho dos negócios. Além disso, a gestão de riscos melhora à medida que as empresas ESG estão mais preparadas para lidar com questões socioambientais que podem afetar seus negócios (Eccles & Serafeim, 2014).

Neste contexto, a criação de alternativas sustentáveis para o setor industrial é crucial. A implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) serve como instrumento primordial para o desenvolvimento sustentável de empresas e indústrias (Tachizawa & Pozo, 2010).

O SGI combina processos, procedimentos e práticas para implementar políticas e atingir objetivos de forma mais eficiente do que sistemas separados. A gestão evoluiu de um foco exclusivo em contabilidade e finanças para incluir aspectos de qualidade, ambientais e de saúde e segurança ocupacional, que são essenciais para a competitividade. Sistemas que centralizam clientes, produção e mão de obra aumentam significativamente o valor da empresa (Bertolino & Couto, 2018).

Portanto, é crucial identificar e validar um conjunto de indicadores de desempenho específicos, relevantes e eficazes para a indústria galvânica. Estes indicadores deverão permitir às empresas avaliar e melhorar o desempenho, considerando as suas particularidades, desafios e necessidades de gestão.

A técnica Delphi, envolvendo um painel de especialistas, é uma metodologia promissora para identificação e validação desses indicadores (Rozados, 2015; Munaretto, Corrêa, & Cunha, 2013). A experiência e a diversidade de perspectivas dos especialistas do painel Delphi ajudarão a construir um sistema abrangente de indicadores que atendam às necessidades do setor, incluindo os padrões ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 e aspectos ESG.

Nessa perspectiva, este estudo tem como objetivo identificar e validar indicadores de desempenho específicos para a indústria galvânica utilizando a técnica Delphi. Espera-se que os resultados da investigação melhorem a gestão e o desempenho do setor, promovendo a competitividade e a sustentabilidade.

2 MÉTODOS DE PESQUISA

Esta investigação descritiva e exploratória envolveu especialistas e trabalhadores da indústria galvânica. Pela natureza dos achados, utilizamos uma abordagem quantitativa nas três etapas da pesquisa e uma abordagem qualitativa para os dados obtidos na primeira etapa (Munaretto *et al.*, 2013).

As abordagens qualitativa e quantitativa complementam-se, proporcionando uma melhor compreensão das questões de sustentabilidade do setor e contribuindo para análises e soluções eficazes (Lakatos & Marconi, 2010). A técnica Delphi foi utilizada para atingir o objetivo geral de definir indicadores de sustentabilidade para a gestão das indústrias galvânicas (Tachizawa & Pozo, 2010; Veiga, 2014).

A técnica Delphi reúne experiência e conhecimento de especialistas em uma área específica, utilizando uma abordagem multidisciplinar para obter uma compreensão mais profunda do foco do estudo (Rozados, 2015; Munaretto *et al.*, 2013). Este método também visa obter consenso de especialistas sobre indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica. Além disso, mantém o anonimato dos participantes e elimina preconceitos relacionados ao status acadêmico ou profissional, incentivando uma participação mais ativa e imparcial (Munareto *et al.*, 2013; Dalkey, 2018).

Este estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, sob Protocolo nº. 5.722.746 (CE/CCS/UFPB), por meio da Plataforma Brasil, CAAE nº. 63118022.4.0000.5188.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo envolveu o município de Juazeiro do Norte-CE, integrante da Região Metropolitana do Cariri (RMC), uma das regiões mais importantes do Estado do Ceará, nordeste do Brasil. O município ocupa uma área de 249 km² e tem uma população de 270.383 habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

Um estudo realizado com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU) identificou 19 indústrias de semijoias folheadas licenciadas no município. Participaram da pesquisa gestores e trabalhadores dessas indústrias.

2.2 SELEÇÃO DOS SUJEITOS PARA PARTICIPAÇÃO NA VALIDAÇÃO DOS INDICADORES

Os entrevistados originais do Delphi não foram escolhidos aleatoriamente, mas foram cuidadosamente selecionados em todas as áreas relacionadas ao tema de pesquisa: processos da indústria galvânica, administração, gestão da qualidade, gestão ambiental, gestão da segurança ocupacional e desenvolvimento sustentável. A técnica Delphi enfatiza a importância da diversidade e da expertise entre os participantes para garantir a qualidade e validade das previsões e decisões resultantes, mas não estabelece regras fixas quanto ao número de especialistas envolvidos (Nutt, 2002; Rowe & Wright, 1999).

Os participantes foram escolhidos com base nos seguintes critérios de inclusão: ser da área científica com pesquisas relacionadas aos temas de estudo (galvanoplastia, desenvolvimento sustentável, gestão da qualidade, gestão ambiental, gestão de segurança do trabalho), ser gestor ou trabalhador da indústria galvânica, ou ser um profissional de fiscalização ambiental. Os critérios de exclusão utilizados neste estudo foram: não ser da área temática de estudo (galvanoplastia, desenvolvimento sustentável, gestão da qualidade, gestão ambiental, gestão de segurança do trabalho) ou não ser profissional de fiscalização ambiental. Foram enviados 70 convites para participação na pesquisa.

2.3 ETAPAS DA PESQUISA

A técnica Delphi envolve vários estágios bem definidos, projetados para coletar e refinar de forma sistemática e iterativa opiniões de especialistas. As principais etapas deste processo são descritas a seguir:

- Primeira etapa: **Coleta inicial e sugestões**. Nesta fase, os especialistas avaliam um conjunto preliminar de indicadores. Podem sugerir novos indicadores ou alterar o texto dos indicadores propostos, se necessário. Para facilitar as sugestões, é disponibilizado um espaço ao final do instrumento para que os participantes registrem suas contribuições de forma descritiva.

- Segunda Etapa: **Análise e Reenvio**. Os dados recolhidos na primeira fase são analisados para identificar tendências e áreas de consenso ou divergência. A partir dessa análise, um segundo instrumento (Instrumento 2) é desenvolvido e enviado aos participantes via Google Forms. Este instrumento, juntamente com o feedback consolidado da primeira fase, permite que os especialistas reavaliem as suas respostas considerando as contribuições de outros.

- Terceira Etapa: **Refinamento e Novo Feedback**. Após a análise das respostas da segunda etapa, é realizada uma terceira rodada de coleta de dados. O Instrumento 3, acompanhado dos resultados tabulados da segunda etapa, é enviado aos participantes. Este feedback abrangente permite que os especialistas ajustem as suas respostas com base nas opiniões consolidadas do grupo. Esta etapa continua refinando as respostas e visa reduzir ainda mais as divergências.

- Etapa Final: **Consolidação e Consenso**. Ao final de múltiplas rodadas, as opiniões dos especialistas são consolidadas para chegar a um consenso final. A lista resultante contém indicadores de sustentabilidade validados para a indústria galvânica, representando a convergência das opiniões dos especialistas e garantindo que os indicadores sejam robustos e reflitam as perspectivas coletivas.

2.4 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Revisão da literatura e levantamento documental: com o objetivo de identificar os modelos utilizados para a elaboração de indicadores de sustentabilidade. Por meio dessa revisão, também foram reunidas informações sobre o processo de construção do conceito de desenvolvimento sustentável, demarcando seu contexto histórico, suas inter-relações com a temática dos impactos socioambientais causados por indústrias galvânicas, bem como as bases legais brasileiras, sob as quais esse conceito vem sendo construído. Essa revisão, em conjunto com a pesquisa documental sobre a legislação específica, dados e relatórios referentes a indicadores na área da gestão empresarial no Brasil, fundamentou a elaboração do primeiro instrumento para coleta de dados;

Análise comparativa das normas do Sistema de Gestão da Qualidade ISO 9001 (NBR ISO 9001, 2015), do Sistema de Gestão Ambiental – ISO 14.001 (NBR ISO 14001, 2015) e do Sistema de Gestão em Segurança do Trabalho – ISO 45.001 (NBR ISO 45001, 2018), que culminou na junção dos requisitos contemplados, e derivou no Sistema de Gestão Integrada, como primeiro passo para estruturação do sistema de indicadores;

2.5 ELABORAÇÃO DO INSTRUMENTO

Os indicadores iniciais que compuseram o instrumento foram baseados nos Indicadores Ethos para Negócios Sustentáveis e Responsáveis (Instituto Ethos, 2013), que proporcionam

uma auto avaliação da gestão em relação à incorporação da responsabilidade social no planejamento estratégico e no monitoramento geral da empresa (Penteado & Duarte, 2014).

Foram acrescentados indicadores que atendessem aos requisitos das normas ISO 9001 (gestão da qualidade), ISO 14001 (gestão ambiental) e ISO 45001 (gestão da segurança do trabalho), além dos aspectos de ESG.

Nesse contexto, no âmbito **ambiental**, os indicadores propostos abrangem o consumo de recursos (água, energia, matéria-prima, materiais de embalagem e combustíveis fósseis), a geração e tratamento de resíduos (resíduos perigosos, lodo galvânico, efluentes líquidos e gasosos) e emissões atmosféricas, visando a redução do impacto ambiental do setor.

O aspecto **social** englobou indicadores relacionados à saúde e segurança dos trabalhadores, como taxas de acidentes e doenças, nível de exposição a produtos químicos, treinamentos, campanhas de conscientização e programas de melhoria no ambiente de trabalho. Além disso, indicadores como qualidade do trabalho, pagamentos de adicionais e benefícios, e monitoramento da saúde e segurança de terceiros demonstram a preocupação com o bem-estar dos colaboradores e a responsabilidade social da empresa.

Por fim, a **governança** foi contemplada por indicadores que avaliam o investimento em infraestrutura e serviços para benefício público, o uso de métodos para acompanhamento da qualidade, a eficiência e produtividade, o impacto no cliente e o desempenho do produto/serviço/equipe, refletindo a busca por uma gestão transparente, eficiente e responsável.

Adicionalmente, foram considerados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), (ONU, 2015). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados à indústria galvânica abordando o consumo e a poluição da água (ODS 6), o uso de energia e as emissões de gases de efeito estufa (ODS 7), os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores (ODS 8), a necessidade de inovação e tecnologias mais limpas (ODS 9), a geração de resíduos perigosos (ODS 12) e a contribuição para a mudança do clima (ODS 13).

ODS 6 - Água Potável e Saneamento: A indústria galvânica utiliza grandes quantidades de água em seus processos, e a geração de efluentes contendo metais pesados pode contaminar recursos hídricos.

ODS 7 - Energia Limpa e Acessível: O consumo de energia na indústria galvânica é elevado, e a utilização de fontes não renováveis contribui para as emissões de gases de efeito estufa.

ODS 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico: A indústria galvânica pode gerar empregos e contribuir para o crescimento econômico, mas também apresenta riscos à saúde e segurança dos trabalhadores devido à exposição a produtos químicos perigosos.

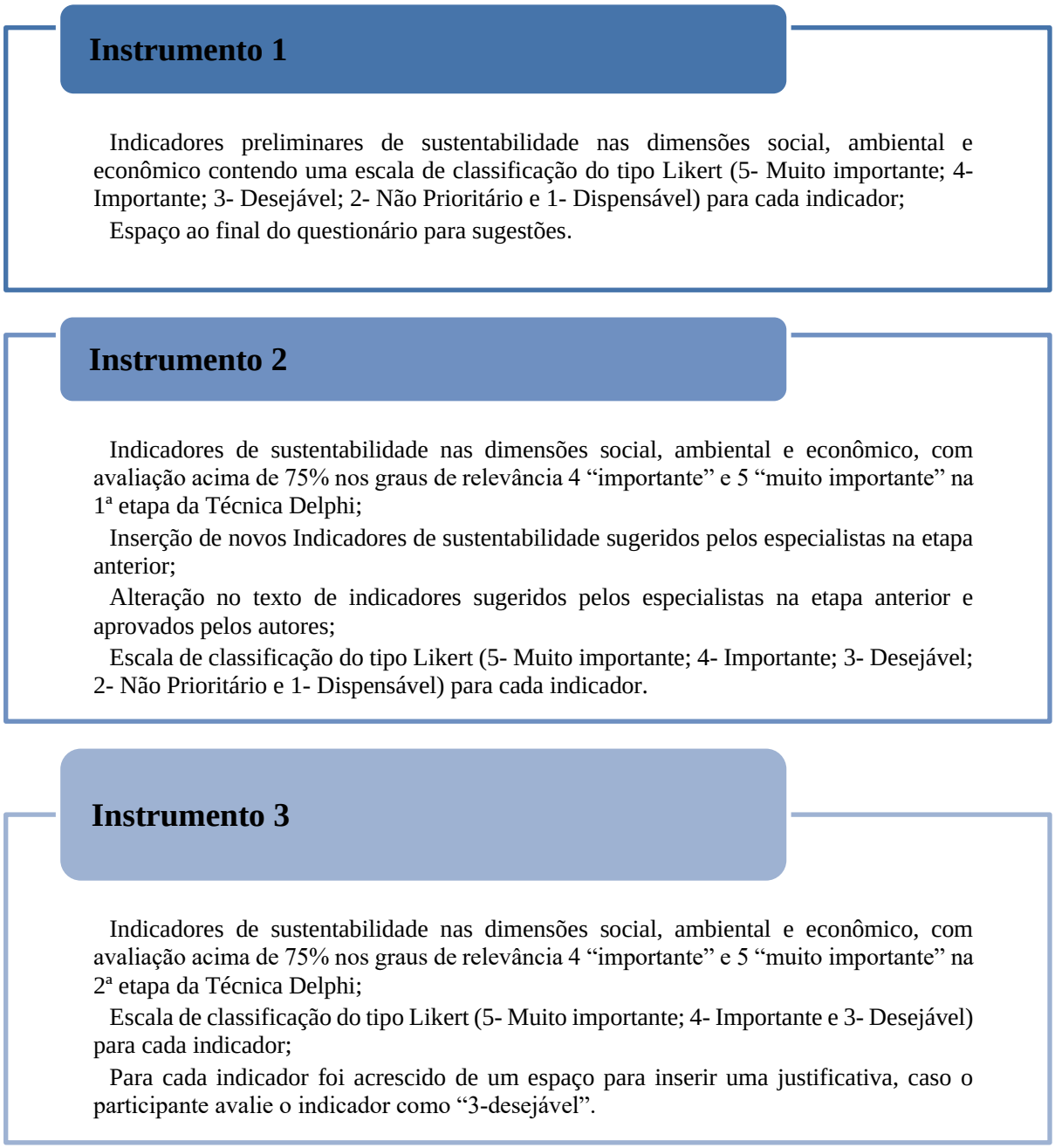
ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura: A adoção de tecnologias mais limpas e eficientes na indústria galvânica pode contribuir para a inovação e o desenvolvimento de infraestruturas mais sustentáveis.

ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis: A indústria galvânica gera resíduos perigosos que podem ter impactos significativos no meio ambiente.

ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima: A indústria galvânica contribui para as emissões de gases de efeito estufa, que causam a mudança do clima.

A classificação das respostas, utilizando a escala Likert (Linstone & Turoff, 2002), permitiu aos participantes expressarem o grau de importância de cada indicador (5- Muito importante; 4- Importante; 3- Desejável; 2- Não Prioritário; 1- Dispensável). O ponto de corte para a seleção dos indicadores foi estabelecido em 75% de avaliações "importante" e "muito importante". A coleta de dados foi realizada através do Google Forms, plataforma escolhida por sua facilidade de uso, acesso remoto e anonimato, características que incentivam a participação e a sinceridade nas respostas, elementos cruciais para o sucesso da técnica Delphi (McRobb & Devlin, 2016; Greener & Martelli, 2015; Gordon, 1994; Linstone & Turoff, 2002). A Figura 1 apresenta o conteúdo dos Instrumentos aplicados nas 3 etapas da Técnica Delphi.

Figura 1 – Conteúdo dos Instrumentos aplicados nas 3 etapas da Técnica Delphi



Fonte: Os autores (2024).

2.6 ANÁLISE DOS DADOS

2.6.1 Organização dos Dados

Os dados coletados foram sistematicamente organizados em tabelas e gráficos, facilitando a análise e comparação entre as diferentes rodadas. Essa estruturação permitiu uma visualização clara das respostas e das alterações nas opiniões ao longo do processo.

Para tanto, utilizou-se a estatística descritiva e o coeficiente de correlação de Spearman na análise dos dados coletados, proporcionando uma visão abrangente e detalhada das opiniões dos especialistas. As medidas de tendência central, dispersão, posição e a representação gráfica facilitaram a interpretação dos dados, enquanto o coeficiente de Spearman ajudou a avaliar a consistência e a relação entre as respostas ao longo das rodadas, contribuindo para a robustez e a validade dos resultados da pesquisa.

A organização dos dados foi realizada em planilhas eletrônicas do Programa *Microsoft Excel* e importadas para o Programa estatístico *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) e Statistica 12* para análise descritiva e cálculo das medidas de tendência central, demonstrando assim, os valores de referência que estabeleceram o grau de consenso entre os respondentes.

2.6.2 Estatística Descritiva

Para resumir e interpretar os dados obtidos dos especialistas, empregamos várias medidas de estatística descritiva como o modelo linear geral (Ostertagova *et al.* 2013) com testes a posteriori (Nogueira 2004) visando acessar onde estavam as diferenças. Foi utilizada a correção de Welch na inferência da estatística F para variâncias que não foram homogêneas entre os grupos (Hajji *et al*. 2018), e o teste *posteriori* de Dunnett, para variâncias heterogêneas (Sauder & DeMars 2019).

As análises aconteceram sempre em duas etapas: primeiro verificou-se se há alguma diferença significativa para pelo menos uma das variáveis, caso sim, procedeu-se os testes a *posteriori,* para a verificação de quais variáveis diferem, e para quais perfis

2.6.3 Coeficiente de Correlação de Spearman

Para analisar a relação entre as respostas dos especialistas e avaliar a consistência das opiniões entre as rodadas, utilizamos o coeficiente de correlação de Spearman (Genest *et al.* 2013), incluindo o coeficiente de determinação e a reta de regressão (Altman & Krzywinski, 2015). Esta medida não paramétrica foi escolhida por sua adequação a dados ordinais e por não pressupor uma distribuição normal dos dados.

A análise estatística descritiva, combinada com a aplicação do coeficiente de correlação de *Spearman*, permitiu uma compreensão detalhada dos padrões e tendências nas respostas dos especialistas. A comparação entre rodadas revelou o grau de consenso alcançado e identificou

áreas de maior ou menor concordância. Esta abordagem analítica foi fundamental para sintetizar as opiniões dos especialistas e apoiar decisões baseadas nas avaliações coletivas.

Cálculo do Coeficiente de *Spearman*: este coeficiente foi calculado para cada par de rodadas de questionários, fornecendo uma medida da força e direção da associação entre as classificações das respostas dos especialistas;

Interpretação dos Resultados: Valores do coeficiente próximos a "+1" indicaram uma forte correlação positiva, sugerindo uma alta consistência nas respostas dos especialistas entre as rodadas. Valores próximos a -1 indicaram uma correlação negativa, enquanto valores próximos a 0 sugeriram pouca ou nenhuma correlação.

A metodologia empregada na pesquisa utilizou uma combinação de medidas de tendência central (média, mediana e moda), medidas de dispersão (amplitude, desvio padrão e variância) e medidas de posição (quartis e percentis) para analisar as respostas dos especialistas. As medidas de tendência central forneceram uma visão geral das opiniões, enquanto as medidas de dispersão e posição permitiram uma análise mais detalhada da variabilidade e distribuição dos dados. Essas medidas estatísticas foram essenciais para interpretar os resultados da técnica Delphi, proporcionando uma análise robusta e detalhada das opiniões dos especialistas.

3 RESULTADOS

Ao longo das três etapas da Técnica Delphi, a participação dos pesquisadores foi expressiva, representando em média 50% dos respondentes. Funcionários de indústrias galvânicas também tiveram uma participação relevante, com uma média de 27,4%, seguidos por gestores de indústrias (14,5%) e fiscais ambientais (4,8%).

A formação acadêmica dos pesquisadores participantes abrangeu diversas áreas, como engenharia de produção, química industrial, ciências ambientais e economia, além de pós-graduações em Desenvolvimento Regional Sustentável (Mestrado), Desenvolvimento e Meio Ambiente (Doutorado) e Segurança do Trabalho.

Essa diversidade de perfis é considerada desejável, uma vez que o instrumento proposto abrange indicadores relacionados a diferentes áreas do conhecimento e é relevante para diversos atores envolvidos com a indústria galvânica, como fiscais ambientais, gestores e funcionários. Na fase inicial da pesquisa, 62 indivíduos participaram, com o perfil detalhado na Tabela 2. Contudo, na segunda etapa, 18 participantes desistiram, resultando em um total de 32 participantes na terceira e última etapa da Técnica Delphi.

Tabela 2 - Perfil do entrevistado para as 3 etapas da Técnica Delphi

INSTRUMENTO 1

Perfil do entrevistado	Frequência	Porcentagem	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Fiscal ambiental	3	4,8	4,8	4,8
Funcionário de indústria galvânica	17	27,4	27,4	32,2
Gestor de indústria galvânica	9	14,5	14,5	46,7
Pesquisador	31	50,0	50,0	96,7
Não identificado	02	3,3	3,3	100,0
Total	62	100,0	100,0	

INSTRUMENTO 2

Perfil do entrevistado	Frequência	Porcentagem	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Fiscal ambiental	2	4,5	4,5	4,5
Funcionário de indústria galvânica	9	20,5	20,5	25,0
Gestor de indústria galvânica	8	18,2	18,2	43,2
Pesquisador	25	56,8	56,8	100,0
Total	44	100,0	100,0	

INSTRUMENTO 3

Perfil do entrevistado	Frequência	Porcentagem	Porcentagem válida	Porcentagem acumulativa
Fiscal ambiental	2	6,3	6,3	6,3
Funcionário de indústria galvânica	10	31,3	31,3	37,6
Gestor de indústria galvânica	4	12,5	12,5	50,1
Pesquisador	16	50,0	50,0	100,0
Total	32	100,0	100,0	

Fonte: Os autores (2024).

3.1 PRIMEIRA ETAPA DO MÉTODO DELPHI

Entre os 62 participantes da primeira etapa, somente 50 avaliaram todos os indicadores do Instrumento 1. As respostas incompletas foram mais frequentes nos indicadores relacionados à segurança do trabalho, possivelmente devido à falta de conhecimento específico dos participantes nessa área. Além disso, esses tópicos são complexos e específicos, o que pode ter levado os participantes a ignorá-los ou respondê-los parcialmente, dependendo de seu conhecimento prévio na área, Tabela 3.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas – Instrumento 1

ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS – INSTRUMENTO 1					
Indicadores	**N**	**Mínimo**	**Máximo**	**Média**	**Desvio Padrão**
A1 - Consumo de energia	62	3	5	4,68	0,621
A2 - Consumo de água	62	3	5	4,74	0,599
A3 - Reuso de água	62	1	5	4,73	0,728
A4 - Consumo de materiais de embalagem	62	2	5	4,15	0,973
A5 - Consumo de matéria-prima	62	3	5	4,4	0,735
A6 - Geração de Resíduos Perigosos - Classe I	62	1	5	4,39	1,077
A7 - Geração de Lodo Galvânico	62	1	5	4,26	1,115
A8 - Geração de Efluentes Líquidos	61	1	5	4,26	1,063
A9 - Geração de Efluentes Gasosos	60	1	5	4,17	1,122
A10 - Reciclagem de Resíduos Sólidos	62	3	5	4,55	0,670
A11 - Reciclagem de Efluente	62	1	5	4,65	0,726
A12 - Consumo de Combustíveis Fósseis	60	1	5	3,75	1,244
A13 - Padrões Físico-Químicos dos Efluentes	62	1	5	4,53	0,762
A14 - Emissões Atmosféricas	61	1	5	4,38	0,969
S1 - Dias perdidos de trabalho por empregados	60	1	5	4,13	0,929
S2 - Taxa de incidência específica para doenças de trabalho.	61	2	5	4,62	0,610
S3 - Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos	60	2	5	4,58	0,645
S4 - Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho	62	3	5	4,77	0,493
S5 - Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho	62	3	5	4,69	0,561
S6 - Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio.	62	3	5	4,74	0,571
S7 - Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho	61	2	5	4,66	0,602
S8 - Equipamento de Proteção Coletiva e Individual	61	3	5	4,77	0,529
S9 - Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários.	62	3	5	4,77	0,525
S10 - Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários.	62	3	5	4,35	0,704

S11 - Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho.	62	2	5	4,56	0,692
S12 - Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros.	62	2	5	4,29	0,876
E1 - Valor econômico direto gerado: receitas, custos operacionais, remuneração, empregados, doações, outros investimentos na comunidade, lucros acumulados e pagamentos para provedores de capital e governos.	60	2	5	4,17	0,806
E2 - Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática)	62	2	5	4,39	0,710
E3 - Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários.	62	2	5	4,26	0,700
E4 - Valor da ajuda financeira recebida pelo governo.	62	2	5	3,85	0,865
E5 - Proporção de gastos com fornecedores locais em unidades operacionais importantes.	62	2	5	4	0,830
E6 - Proporção de membros da alta gerência recrutados para trabalhar em unidades operacionais importantes.	62	2	5	3,87	0,799
E7 - Valor do investimento em infraestrutura e serviços para benefício público (saúde, educação, segurança e afins).	62	2	5	4,26	0,808
Q1 - Eficiência e produtividade	62	3	5	4,74	0,477
Q2 - Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos).	62	3	5	4,74	0,477
Q3 - Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo)	62	1	5	4,34	0,848
Q4 - Serviço ao cliente (nº de reclamações)	62	3	5	4,42	0,666
Q5 - Segurança na produção	62	3	5	4,79	0,449
Q6 - Conclusão dos requisitos dentro do prazo	61	3	5	4,49	0,698
Q7 - Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe	62	3	5	4,5	0,695
Avaliaram todos os Indicadores	50				

Fonte: Os autores (2024).

Grande parte dos indicadores variou de 3 a 5 nas avaliações, e outra parte foi de 2 a 5, para muitas questões a resposta “dispensável” nem se quer foi considerada pelo painel de especialistas demonstrando a relevância dos indicadores elencados na ferramenta de pesquisa.

O indicador que apresentou a maior variação na avaliação foi o A12 - Consumo de Combustíveis Fósseis, destacando-se pelo maior desvio padrão nas respostas. Este indicador registrou um somatório de 66,2% nas avaliações atribuídas aos graus de relevância 4 e 5, (Gráfico 1). Esta baixa pontuação pode ser atribuída, em parte, ao possível desconhecimento generalizado sobre as consequências do consumo de combustíveis fósseis, um tema frequentemente discutido na literatura acadêmica.

Na obra "Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming" (2010), os autores Naomi Oreskes e Erik Conway expõem estratégias de obscuridade adotadas por interesses políticos e econômicos em

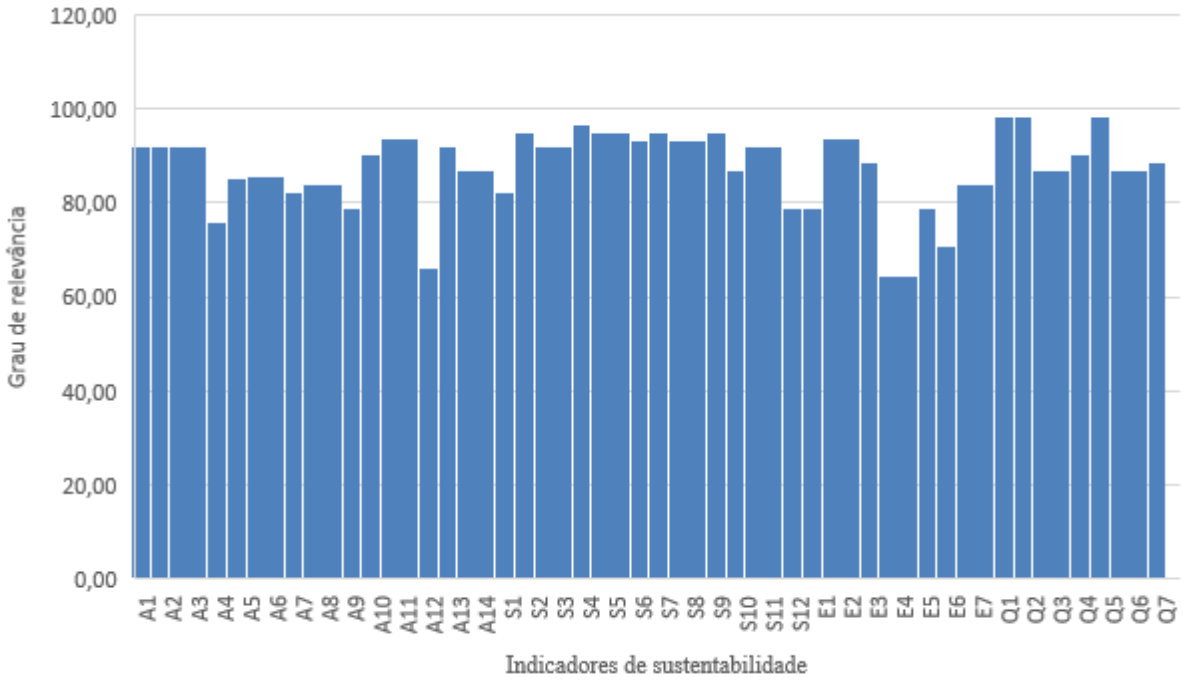
relação ao consumo de combustíveis fósseis. Bill McKibben, autor de "The End of Nature" (1989), já alertava para os perigos dos combustíveis fósseis e a necessidade urgente de transição para fontes de energia renováveis. David Wallace-Wells, autor de "The Uninhabitable Earth: Life After Warming" (2019), oferece uma visão sombria do futuro diante da inação em relação às mudanças climáticas. Esses autores lançam luz sobre os impactos adversos do consumo de combustíveis fósseis e a urgência de tomar medidas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

3.1.1 Avaliação por grau de relevância - Primeira etapa método Delphi

Dos sete indicadores propostos relacionados à gestão da qualidade, três apresentaram as melhores avaliações dentre os demais (acima de 98% para os graus de relevância 4 e 5), são eles: Q1 - Eficiência e produtividade e Q2 - Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos) com 98% das avaliações, e Q5 - Segurança na produção com 98,3%. A Figura 2 apresenta a avaliação por grau de relevância – Indicadores do Instrumento 1.

Observa-se ainda que, com exceção do indicador A12 – Consumo de combustíveis fósseis, os demais indicadores ambientais, obtiveram avaliações acima de 75% para os graus de relevância 4 e 5, descritos a seguir por ordem de grau de relevancia, são eles: indicador A11 - Reciclagem de Efluente obteve 93,6%; A2 - Consumo de água e A3 - Reuso de água, ambos com 92%; A13 - Padrões Físico-Químicos dos Efluentes e A1 - Padrões Físico-Químicos dos Efluentes, 91,9%; A10 - Reciclagem de Resíduos Sólidos, 90,3%; A14 - Emissões Atmosféricas, 87,10%; A6 - Geração de Resíduos Perigosos - Classe I, 85,5%; A5 - Consumo de matéria-prima, 85,4%; A8 - Geração de Efluentes Líquidos, 83,8%; A7 - Geração de Lodo Galvânico, 82,3%; A9 - Geração de Efluentes Gasosos, 79,0%; A4 - Consumo de materiais de embalagem, 75,8%. Não houve sugestão de novos indicadores pelos participantes para esta categoria.

Figura 2 – Avaliação por grau de relevância – Indicadores Instrumento 1



Fonte: Os autores (2024).

Quanto aos indicadores econômicos, a análise do grau de relevância foi o ponto em que houve maior divergência e que foi julgado de forma mais crítica, obtendo grau 4 ou 5 acima de 75% apenas para 5 indicadores dos 7 propostos: E2 - Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática), 93,6%; E3 - Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários, 88,7%; E7 - Valor do investimento em infraestrutura e serviços para benefício público (saúde, educação, segurança e afins), 83,9% e E5 - Proporção de gastos com fornecedores locais em unidades operacionais importantes, 79,0%.

Para os indicadores E4 - Valor da ajuda financeira recebida pelo governo e E6 - Proporção de membros da alta gerência recrutados para trabalhar em unidades operacionais importantes não houve consenso acima de 75,0% para os graus de relevância 4 e 5, obtendo 64,0% e 71,0% respectivamente.

Em seguida, temos os indicadores sociais, onde as avaliações reportaram importância para todos os indicadores propostos, com maior pontuação para os indicadores S4 - Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho, com 96,7%; S7 - Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho, S5 - Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho e S9 - Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários, ambos com 95,2%. S2 - Taxa de incidência específica para doenças de trabalho e

S6 - Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio, 35,1% e 93,5% respectivamente.

Para esta categoria foram sugeridos três novos indicadores: SN1 - Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador; SN2 - Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo e SN3 - Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido. Ao sugerir, os sujeitos também deixavam a sua avaliação pra o indicador proposto. Apenas o indicador SN3 - Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido não recebeu avaliação prévia. A Tabela 4 apresenta os indicadores sugeridos e avaliados na primeira etapa

Tabela 4: Indicadores sugeridos e avaliados na primeira etapa

Indicadores sugeridos	Grau de Relevância				
	5	**4**	**3**	**2**	**1**
SN1 - Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador		x			
SN2 - Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo		x			
SN3 - Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido					
QN1 - Uso de métodos para acompanhamento dos níveis de qualidade.			x		
EN1 - Valor destinado às atividades de P&D		x			
EN2 - Valor destinado aos projetos de formação profissional dos empregados		x			

Fonte: Os autores (2024).

3.2 SEGUNDA ETAPA DO MÉTODO DELPHI

Para a segunda etapa do método Delphi, foi enviado o Instrumento 2 contendo os indicadores com avaliação acima de 75% para os graus de relevância 4 e 5 na primeira etapa, acrescidos ainda dos indicadores sugeridos pelos sujeitos, totalizando assim, 41 indicadores. O instrumento foi enviado a todos que participaram da etapa anterior através de link do google forms tanto por e-mail como *WhatsApp*. Para esta etapa, houve um retorno de 44 indivíduos, Tabela 5.

Após as análises estatísticas dos dados, constatou-se que o indicador com maior variação na avaliação foi o referente ao indicador S1 - Dias perdidos de trabalho por empregados, este obteve o maior desvio padrão. Os indicadores que obtiveram menor variação na avaliação, ou seja, com menor desvio padrão, foram os referentes ao Consumo de água e ao Equipamento de Proteção Coletiva e Individual conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas para o Instrumento 2

Indicadores	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão
A1 - Consumo de energia	44	3	5	4,8	0,509
A2 - Consumo de água	44	3	5	4,86	0,409
A3 - Reuso de água	44	3	5	4,82	0,446
A4 - Consumo de materiais de embalagem	44	2	5	4,16	0,861
A5 - Consumo de matéria-prima	43	3	5	4,44	0,700
A6 - Geração de Resíduos Perigosos - Classe I	44	1	5	4,43	0,998
A7 - Geração de Lodo Galvânico	44	1	5	4,52	0,902
A8 - Geração de Efluentes Líquidos	44	1	5	4,52	1,023
A9 - Geração de Efluentes Gasosos	44	1	5	4,36	1,059
A10 - Reciclagem de Resíduos Sólidos	44	2	5	4,59	0,757
A11 - Reciclagem de Efluente	44	2	5	4,64	0,650
A13 - Padrões Físico-Químicos dos Efluentes	44	3	5	4,66	0,608
A14 - Emissões Atmosféricas	44	1	5	4,34	1,077
SN1 - Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador.	44	3	5	4,55	0,627
SN2 - Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo	43	3	5	4,49	0,668
SN3 - Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido;	44	3	5	4,8	0,462
S1 - Dias perdidos de trabalho por empregados	43	1	5	3,93	1,242
S2 - Taxa de incidência específica para doenças de trabalho.	44	3	5	4,52	0,698
S3 - Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos	44	3	5	4,5	0,665
S4 - Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho	43	3	5	4,72	0,549
S5 - Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho	44	3	5	4,64	0,532
S6 - Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio.	44	3	5	4,75	0,488
S7 - Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho	44	2	5	4,68	0,674
S8 - Equipamento de Proteção Coletiva e Individual	44	3	5	4,86	0,409
S9 - Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários.	44	3	5	4,59	0,583
S10 - Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários.	44	3	5	4,34	0,776
S11 - Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho.	44	3	5	4,57	0,625
S12 - Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros.	44	2	5	4,16	0,939
EN1 - Valor destinado às atividades de P&D.	42	3	5	4,19	0,740
EN2 - Valor destinado aos projetos de formação profissional dos empregados.	44	2	5	4,07	0,846
E1 - Valor econômico direto gerado	43	2	5	4,09	0,971
E2 - Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática)	44	2	5	4,25	0,811

E3 -Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários.	44	2	5	4,18	0,843
E5 - Proporção de gastos com fornecedores locais em unidades operacionais importantes.	44	1	5	3,93	1,087
E7 - Valor do investimento em infraestrutura e serviços para benefício público (saúde, educação, segurança e afins).	42	2	5	4,02	1,024
QN1 - Uso de métodos para acompanhamento dos níveis de qualidade.	44	2	5	4,45	0,730
Q1 - Eficiência e produtividade	44	3	5	4,43	0,728
Q2 - Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos).	44	1	5	4,45	0,951
Q3 - Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo)	44	1	5	4,34	0,963
Q4 - Serviço ao cliente (nº de reclamações)	44	1	5	4,16	1,010
Q5 - Segurança na produção	44	3	5	4,75	0,576
Q6 - Conclusão dos requisitos dentro do prazo	44	1	5	4,41	0,897
Q7 - Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe	44	1	5	4,41	0,871
Responderam a todas	39				

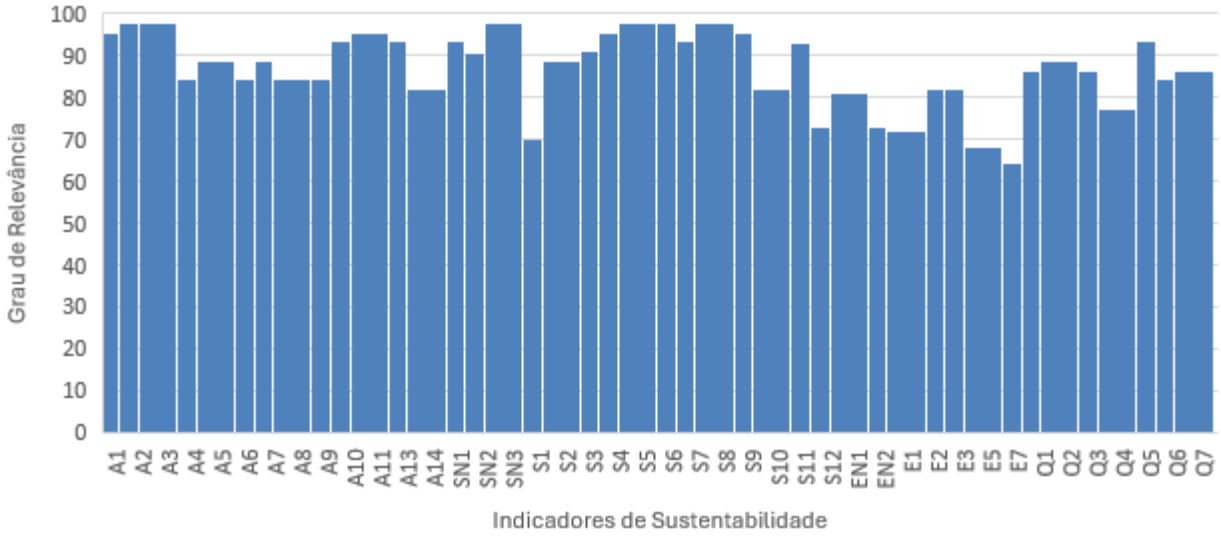
Fonte: Os autores (2024).

Para esta etapa temos que, dos 44 participantes, apenas 39 avaliaram todos os indicadores do instrumento 2. As respostas incompletas ocorreram mais uma vez, em indicadores relacionados à segurança do trabalho como também em indicadores econômicos.

3.2.1 Avaliação por grau de relevância - Segunda etapa método Delphi

Os resultados obtidos com a aplicação do Instrumento 2, (Gráfico 2) apresenta que os indicadores melhor avaliados foram: S6 - Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio com 97,8%; SN3 - Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido, S5 - Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho, A2 - Consumo de água, A3 Reuso de água e S8 - Equipamento de Proteção Coletiva e Individual, ambos com 97,7% do consenso. A Figura 3 apresenta a avaliação por grau de relevância - Indicadores do Instrumento 2.

Figura 3 – Avaliação por grau de relevância – Indicadores Instrumento 2



Fonte: Os autores (2024).

Os indicadores que não obtiveram o percentual acima de 75% para os graus de relevância 4 e 5 entre os entrevistados foram: EN2 - Valor destinado aos projetos de formação profissional dos empregados com 72,8%, S12 - Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros com 72,7%, E1 - Valor econômico direto gerado com 72,1%, S1 - Dias perdidos de trabalho por empregados com 69,8%, E5 - Proporção de gastos com fornecedores locais em unidades operacionais importantes com 68,1% e E7 - Valor do investimento em infraestrutura e serviços para benefício público (saúde, educação, segurança e afins) com 64,2% da avaliação. Os referidos indicadores foram excluídos, portanto, da lista final de indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica.

3.3 TERCEIRA ETAPA DO MÉTODO DELPHI

No terceiro e último envio do instrumento aos participantes, foram incluídos apenas três graus de relevância para cada indicador: 5 para "Muito importante", 4 para "Importante" e 3 para "Desejável", com o objetivo exclusivo de validar os indicadores selecionados e determinar sua importância final. Além disso, foi disponibilizado um espaço para que os participantes pudessem justificar sua avaliação caso considerassem o indicador como "Desejável". Nesse momento, os participantes tiveram a oportunidade de destacar fatores relevantes que não foram abordados pelos demais especialistas durante o processo. Após o retorno dos questionários, os dados foram organizados e tabulados utilizando estatística descritiva. A Tabela 6 apresenta a análise estatística – Instrumento 3.

Tabela 6 – Análise estatística – Instrumento 3

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A INDÚSTRIA GALVÂNICA		% Importante	% Muito Importante
A1	Consumo de energia	15,6	84,4
A2	Consumo de água	9,4	90,6
A3	Reuso de água	15,6	84,4
A4	Consumo de materiais de embalagem	31,3	59,4
A5	Consumo de matéria-prima	25,0	71,9
A6	Geração de Resíduos Perigosos - Classe I	34,4	59,4
A7	Geração de Lôdo Galvânico	25,0	71,9
A8	Geração de Efluentes Líquidos	25,0	68,8
A9	Geração de Efluentes Gasosos	37,5	56,3
A10	Reciclagem de Resíduos Sólidos	18,8	81,3
A11	Reciclagem de Efluente	18,8	78,1
A13	Padrões Físico-Químicos dos Efluentes	25,0	75,0
A14	Emissões Atmosféricas	18,8	75,0
SN1	Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador.	31,3	68,8
SN2	Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo.	12,5	84,4
SN3	Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido;	28,1	71,9
S2	Taxa de incidência específica para doenças de trabalho.	28,9	78,1
S3	Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos	34,4	74,6
S4	Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho	25,0	75,0
S5	Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho	37,5	62,5
S6	Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio.	21,9	78,1
S7	Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho	37,5	62,5
S8	Equipamento de Proteção Coletiva e Individual	15,6	84,4
S9	Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários.	25,0	75,0
S10	Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários.	34,4	62,5
S11	Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho.	31,3	61,6
S12	Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros.	50,0	46,9
EN1	Valor destinado às atividades de P&D.	62,5	34,4
EN2	Valor destinado aos projetos de formação profissional dos empregados.	56,3	43,8
E2	Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática)	50,0	50,0
E3	Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários.	43,8	53,3
QN1	Uso de métodos para acompanhamento dos níveis de qualidade.	40,6	59,4
Q1	Eficiência e produtividade	31,3	68,8

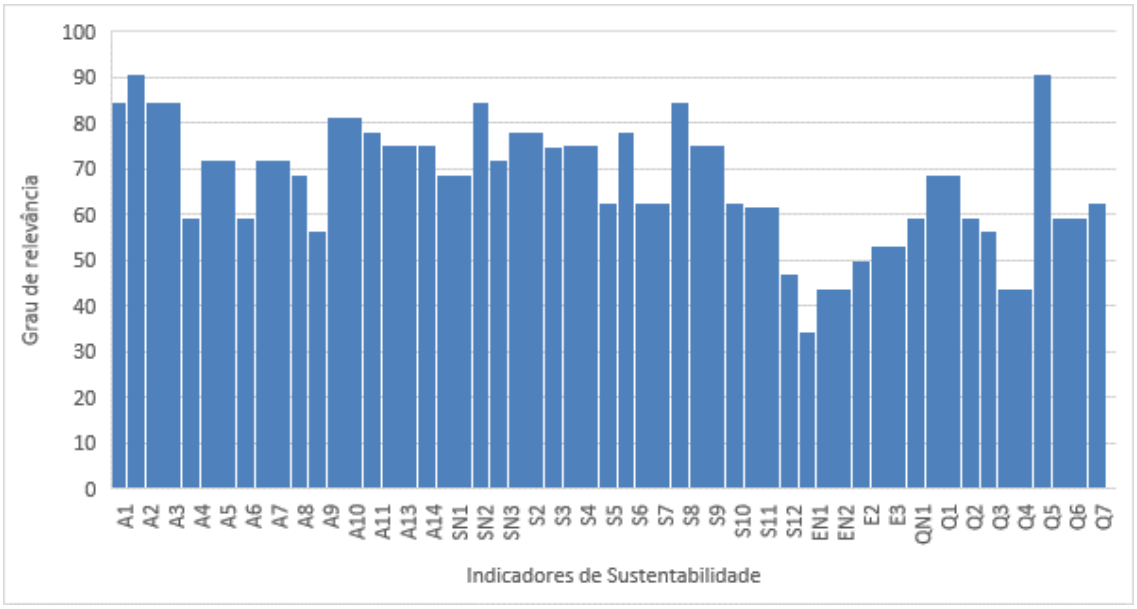
INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A INDÚSTRIA GALVÂNICA		% Importante	% Muito Importante
Q2	Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos).	40,6	59,4
Q3	Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo)	43,8	56,3
Q4	Serviço ao cliente (nº de reclamações)	56,3	43,8
Q5	Segurança na produção	9,4	90,6
Q6	Conclusão dos requisitos dentro do prazo	40,6	59,4
Q7	Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe	37,5	62,5

Fonte: Os autores (2024).

A Figura 4 destaca os indicadores de sustentabilidade na indústria galvânica, classificados por grau de relevância, com inclusão exclusiva dos indicadores que alcançaram consenso entre os especialistas como "muito importante". É possível observar a avaliação de dois indicadores, com concordância entre os participantes, acima de 90%: consumo de água e segurança na produção, ambos com 90,6% das avaliações atribuídas como "muito importante".

Quatro indicadores obtiveram 84,4% das avaliações: consumo de energia, reuso de água, equipamento de Proteção Coletiva e Individual, e pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo. O indicador relacionado à reciclagem de resíduos sólidos recebeu 81,3% das avaliações atribuídas como "muito importante". Os demais indicadores receberam menos de 80% de avaliações atribuídas como "muito importante" e estão listados na Tabela 7 abaixo, em ordem de relevância.

Figura 4 – Avaliação por grau de relevância – Indicadores Instrumento 3



Fonte: Os autores (2024).

A seguir, é apresentado a listagem final contendo os indicadores de sustentabilidade. A pesquisa resultou em um total de 39 indicadores, para os quais houve concordância entre os sujeitos, Tabela 7. Os indicadores escolhidos visam mensurar a gestão sustentável específica da indústria galvânica, direcionando-a para uma gestão integrada da qualidade, meio ambiente e saúde e segurança ocupacional.

Tabela 7 – Listagem final indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A INDÚSTRIA GALVÂNICA POR GRAU DE RELEVÂNCIA		**% Muito Importante**
A2	Consumo de água	90,6
Q5	Segurança na produção	90,6
A1	Consumo de energia	84,4
A3	Reuso de água	84,4
SN2	Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo.	84,4
S8	Equipamento de Proteção Coletiva e Individual	84,4
A10	Reciclagem de Resíduos Sólidos	81,3
A11	Reciclagem de Efluente	78,1
S2	Taxa de incidência específica para doenças de trabalho.	78,1
S6	Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio.	78,1
A13	Padrões Físico-Químicos dos Efluentes	75,0
A14	Emissões Atmosféricas	75,0
S4	Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho	75,0
S9	Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários.	75,0
S3	Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos	74,6
A5	Consumo de matéria-prima	71,9
A7	Geração de Lodo Galvânico	71,9
SN3	Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido;	71,9
A8	Geração de Efluentes Líquidos	68,8
SN1	Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador.	68,8
Q1	Eficiência e produtividade	68,8
S5	Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho	62,5
S7	Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho	62,5
S10	Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários.	62,5
Q7	Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe	62,5

INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A INDÚSTRIA GALVÂNICA POR GRAU DE RELEVÂNCIA		% Muito Importante
S11	Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho.	61,6
A4	Consumo de materiais de embalagem	59,4
A6	Geração de Resíduos Perigosos - Classe I	59,4
QN1	Uso de métodos para acompanhamento dos níveis de qualidade.	59,4
Q2	Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos).	59,4
Q6	Conclusão dos requisitos dentro do prazo	59,4
A9	Geração de Efluentes Gasosos	56,3
Q3	Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo)	56,3
E3	Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários.	53,3
E2	Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática)	50,0
S12	Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros.	46,9
EN2	Valor destinado aos projetos de formação profissional dos empregados.	43,8
Q4	Serviço ao cliente (nº de reclamações)	43,8
EN1	Valor destinado às atividades de P&D.	34,4

Fonte: Os autores, 2024.

4 DISCUSSÃO

Os indicadores considerados mais relevantes neste estudo foram “Consumo de Água” e “Segurança da Produção”, ambos com 90,6% de consenso para o nível de relevância “muito importante”.

O indicador “Consumo de Água” é crucial para avaliar a sustentabilidade e eficiência operacional em indústrias com atividades galvânicas. Abrange aspectos ambientais, econômicos e regulatórios. Ambientalmente, mede a pegada hídrica e a gestão eficiente dos recursos, essenciais no contexto de crescente escassez de água (Hoekstra *et al.*, 2011). Do ponto de vista regulatório, garante o cumprimento das normas ambientais, evitando multas e sanções. Assim, monitorar e reduzir o consumo de água é vital para a sustentabilidade, eficiência, economia e conformidade das indústrias com atividades galvânicas, melhorando o desempenho geral dos negócios.

Da mesma forma, o indicador “Segurança de Produção” é essencial devido aos diversos riscos associados aos processos de galvanização, incluindo o manuseio de produtos químicos perigosos, a operação de equipamentos pesados e a exposição a ambientes perigosos. A proteção do trabalhador é uma prioridade dada a toxicidade de substâncias como cromo, zinco e níquel (NIOSH, 2018). Além disso, o cumprimento das regulamentações governamentais é crucial para garantir a sustentabilidade e a responsabilidade social das operações (ABNT NBR ISO, 2018). Em resumo, a segurança da produção influencia diretamente vários aspectos das indústrias com atividades galvânicas, tornando necessária a implementação e monitoramento de práticas seguras para operações sustentáveis e responsáveis.

O indicador com menor percentual de consenso entre os especialistas foi “Valor Alocado para Atividades de P&D”, com 34,4% de consenso para o nível de relevância “muito importante”. Este menor consenso deve-se a opiniões divergentes entre os especialistas sobre o papel da investigação e desenvolvimento no sucesso de uma organização. Alguns consideram-no crucial para a inovação e o crescimento a longo prazo, enquanto outros dão prioridade a investimentos em áreas como o marketing ou a produção.

4.1 VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE LODO GALVÂNICO: UMA ABORDAGEM SUSTENTÁVEL PARA A INDÚSTRIA GALVÂNICA

O lodo galvânico, um subproduto da indústria de galvanoplastia, contém vários metais pesados. Sua composição específica varia dependendo dos processos e produtos químicos utilizados na galvanização. Vários estudos identificam o zinco (Zn) e o cobre (Cu) como os

metais predominantes na lama galvânica (Alves & Seo, 2014; Rodrigues *et al.*, 2020). Embora níquel (Ni), cádmio (Cd), manganês (Mn), ferro (Fe), cromo (Cr) e cobalto (Co) também estejam presentes, eles normalmente aparecem em concentrações mais baixas. A presença destes metais, mesmo em quantidades vestigiais, suscita preocupações devido à sua potencial toxicidade e impacto ambiental (Alves & Seo, 2014; Costalonga, Lelis, & Pertel, 2011; Rodrigues *et al.*, 2020).

A norma brasileira NBR10004/04 classifica e caracteriza os resíduos como perigosos com base em determinados elementos químicos. O cádmio (Cd) e o cromo (Cr) são os principais constituintes responsáveis por esta classificação. Conhecidos pela sua toxicidade, esses elementos podem causar danos significativos ao meio ambiente e à saúde humana. Portanto, a presença de Cd e Cr em lamas galvânicas requer atenção especial e tratamento adequado para prevenir riscos ambientais e à saúde.

A valorização dos resíduos galvânicos é uma abordagem viável e realista para a indústria galvânica evitar os impactos negativos associados à eliminação em aterros. Este método mitiga os riscos ambientais e promove a reutilização sustentável de materiais. A transformação de GSW em recursos valiosos oferece benefícios ambientais e económicos significativos (Nasyrov *et al.*, 2019; Cubas *et al.*, 2014). O domínio tecnológico da Gestão Integrada em indústrias com atividades galvânicas desempenha um papel crucial no alcance dos objetivos de sustentabilidade (Lositska, 2018). Ao incorporar os avanços tecnológicos, as indústrias podem otimizar processos, reduzir desperdícios e minimizar o impacto ambiental (Innocenzi *et al.*, 2020). A implementação de tecnologias de produção mais limpas, como sistemas avançados de filtragem, unidades de reciclagem e automação, diminui significativamente o consumo de recursos, especialmente água e energia (Oliveira *et al.*, 2019). Além disso, a adoção de métodos inovadores de tratamento de efluentes e resíduos mitiga a poluição e promove uma economia circular (Figueirêdo *et al.*, 2021).

4.2 INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DA INDÚSTRIA GALVÂNICA

Os avanços tecnológicos podem melhorar a segurança ocupacional em indústrias com atividades galvânicas. Sensores, sistemas de monitoramento e equipamentos de proteção individual ajudam a identificar e mitigar riscos potenciais, garantindo um ambiente de trabalho mais seguro para os funcionários (NIOSH, 2018). Investir em pesquisa e desenvolvimento

permite que as indústrias melhorem continuamente suas tecnologias, levando a práticas mais sustentáveis e eficientes.

Integrar a tecnologia nos sistemas de gestão das indústrias com atividades galvânicas é essencial para alcançar a sustentabilidade no longo prazo. A adoção de soluções tecnológicas permite que as indústrias cumpram as regulamentações ambientais, reduzam custos, melhorem a eficiência e atendam à crescente demanda por produtos e serviços sustentáveis. Esta integração proporciona uma vantagem competitiva e apoia os objetivos gerais de sustentabilidade.

4.3 CONTRIBUIÇÃO PARA OS ODS

ODS 6 (Água Potável e Saneamento): As indústrias com atividades galvânicas consomem quantidades consideráveis de água e geram efluentes potencialmente poluentes. Indicadores que medem o consumo de água por peça produzida, a taxa de reuso da água e a qualidade do efluente ajudam a monitorar e reduzir o impacto ambiental, promovendo o uso sustentável da água.

ODS 7 (Energia Limpa e Acessível): As indústrias com atividades galvânicas podem reduzir o consumo de energia otimizando processos, utilizando equipamentos mais eficientes e adotando fontes de energia renováveis, como solar e eólica. Avaliar a possibilidade de geração de energia limpa para consumo contribui para a matriz energética renovável.

ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico): As indústrias com atividades galvânicas expõem os trabalhadores a riscos químicos e físicos. Os indicadores relacionados com a saúde e segurança no trabalho, como as taxas de acidentes, o número de doenças profissionais e o índice de absentismo, promovem ambientes de trabalho mais seguros e saudáveis, melhorando o bem-estar dos trabalhadores e o crescimento económico sustentável.

ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura): A pesquisa incentiva a inovação e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e eficientes em processos de galvanoplastia, propondo indicadores como o investimento em pesquisa e desenvolvimento e a adoção de tecnologias limpas. Isso moderniza a indústria e reduz os impactos ambientais.

ODS 12 (Consumo e Produção Responsável): A geração de resíduos perigosos é um desafio para as indústrias com atividades galvânicas. Indicadores que medem a quantidade de resíduos, a taxa de reciclagem e a destinação adequada incentivam práticas de consumo e produção mais responsáveis, promovendo uma economia circular.

ODS 13 (Ação Climática): A indústria galvânica contribui para as emissões de gases com efeito de estufa. Indicadores como a pegada de carbono e as emissões por peça produzida incentivam a adoção de medidas de mitigação e adaptação às alterações climáticas, alinhando o setor com os compromissos globais de redução de emissões.

4.4 *Contribuição para ESG em indústrias com atividades galvânicas*

Ambiental (E): Os indicadores propostos ajudam as indústrias com atividades galvânicas a monitorar e reduzir impactos ambientais, como consumo de água, geração de resíduos e emissões de gases de efeito estufa. Isto fortalece a imagem da empresa como ambientalmente responsável e melhora o relacionamento com as partes interessadas;

Social (S): A inclusão de indicadores de saúde e segurança ocupacional demonstra o compromisso com o bem-estar dos colaboradores, melhorando o clima organizacional e a reputação da indústria como empregadora;

Governança (G): A pesquisa promove práticas de gestão transparentes e responsáveis, como a divulgação de informações de desempenho social e ambiental e a implementação de sistemas de gestão integrados. Isto fortalece a governança corporativa e aumenta a confiança dos investidores e das partes interessadas.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa resultou na concordância de especialistas para 39 indicadores de sustentabilidade específicos para a indústria galvânica por meio da Técnica Delphi. Além de indicadores relacionados ao tripé da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), o instrumento contemplou também indicadores relacionados aos requisitos para gestão integrada da qualidade, meio ambiente e segurança do trabalho.

A adoção de um SGI, aliado a um sistema de indicadores eficaz, é um passo crucial para a sustentabilidade de indústrias com atividade galvânica. Ao integrar as dimensões da qualidade, do meio ambiente e da segurança do trabalho, as empresas podem alcançar resultados mais expressivos, tanto em termos econômicos quanto socioambientais.

Os achados da pesquisa contribuem para que a indústria galvânica avance em direção a um futuro mais sustentável e responsável, alinhando suas práticas aos ODS e aos princípios do ESG. A adoção dos indicadores propostos permitirá que as empresas monitorem e melhorem seu desempenho socioambiental, gerando benefícios para o meio ambiente, para a sociedade e para o próprio negócio.

É importante ressaltar que estes indicadores são fonte de um estudo primário para posterior inserção na indústria galvânica e verificação da aplicabilidade neste setor. Espera-se deste modo contribuir para possíveis análises de sustentabilidade do setor como um todo, a nível nacional e internacional de uma forma inequívoca e imparcial.

REFERÊNCIAS

Ahmad, S., & Wong, K. Y. (2019). Development of weighted triple-bottom line sustainability indicators for the Malaysian food manufacturing industry using the Delphi method. Journal of Cleaner Production, 229, 1167-1182. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.399

Altman, N., & Krzywinski, M. (2015). Simple linear regression. Nature Methods, 12, 999-1000. https://doi.org/10.1038/nmeth.3627

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). NBR ISO9001:2015 - Quality management systems - requirements.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015). NBR ISO14001: 2015 - Environmental management systems - requirements with guidance for use.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). NBR ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems - Requirements with guidance for use.

Bertolino, M. T.; Couto, M. **Sistemas de Gestão Integrados**: ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark Editora, 2018.

Bertolino, M. T., & Couto, M. (2018). Integrated Management Systems: ISO 9001, ISO 14001 and ISO 45001, Quality, Environmental and Occupational Health and Safety Management with Focus on Results (1st ed.). Qualitymark Editora.

Dalkey, N. C. (2018). Delphi. An Introduction to Technological Forecasting, 25–30. https://doi.org/10.4324/9781351106450-3

Eccles, R. G., Ioannou, I., Serafeim, G. (2014). The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance. Management Science, 60(11), 2835-2857. https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.1984

Figueirêdo, S. S. M., Pinto, L. A., Oliveira, L. S., Menezes, J. M. C., & de Paula Filho, F. J. (2021). Overview of galvanic industries in Juazeiro do Norte, Brazil: emphasis on trace metal content in effluents and solid waste. Sanitary and Environmental Engineering, 26(6), 1111-1121. https://doi.org/10.1590/s1413-415220190063

Genest, C., Nešlehová, J. G., & Rémillard, B. (2013). On the estimation of Spearman's rho and related tests of independence for possibly discontinuous multivariate data. Journal of Multivariate Analysis, 117, 214-228. https://doi.org/10.1016/j.jmva.2013.02.007

Gordon, T. J. (1994). The Delphi Method: Techniques and Applications. Addison-Wesley.

Greener, S., & Martelli, J. (2015). An Introduction to Business Research Methods. Bookboon.

Hajji, Y., & Leyrat, C. (2018). ANOVA, Welch correction, Satterthwaite correction and Kruskal-Wallis test comparison of type I error rate and power.

Henderson, R. (2020). Reimagining Capitalism in a World on Fire. Public Affairs.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard. Earthscan.

Innocenzi, V., Cantarini, F., Amato, A., Morico, B., Ippolito, N. M., Beolchini, F., Prisciandaro, M., & Vegliò, F. (2020). Case study on technical feasibility of galvanic wastewater treatment plant based on life cycle assessment and costing approach. Journal of Environmental Chemical Engineering, 8(6), 104535. https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104535

Instituto Ethos. (2013). Ethos Indicators for Sustainable and Responsible Business.

Khan, M., Serafeim, G., & Yoon, A. (2016). Corporate Sustainability: First Evidence on Materiality. The Accounting Review, 91(6), 1697-1724. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.2575912

Klein, N. (2014). This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate. Simon & Schuster.

Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2010). Fundamentals of scientific methodology. Atlas.

Linstone, Harold & Turoff, Murray. (2002). The Delphi Method.

Lositska, T. (2018). Innovative Technologies: Essence and Importance of Galvanic Production Development. Technology Transfer: Innovative Solutions In Social Sciences and Humanities. 1, 7–9. https://doi.org/10.21303/2613-5647.2018.00618

McKibben, B. (1989). The End of Nature. Random House.

Mengistu, A. T., & Panizzolo, R. (2023). Analysis of indicators used for measuring industrial sustainability: a systematic review. Environment, Development and Sustainability, 25, 1979-2005. https://doi.org/10.1007/s10668-021-02053-0

Munaretto, L. F., Corrêa, H. L., & Cunha, J. A. C. (2013). A study on the characteristics of the Delphi Method and Focus Group as techniques to obtain data in exploratory research. Revista de Administração da UFSM, 6(1), 9-24.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2018). Preventing Occupational Exposures to Lead and Other Metals in the Industrial Sector.

Nutt, P. C. (2002). Making Tough Decisions: Tactics for Improving Managerial Decision Making. Jossey-Bass.

Oliveira, LS, Pinto, LA, Figueiredo, SSM, Menezes, JMC, & Filho, FJP (2019). Analysis of effluents generated by galvanic industries in the production of plated jewelry. SBRNS Brazilian Semiarid Natural Resources Symposium. https://doi.org/10.18068/ivsbrns.2019.137

Oreskes, N., & Conway, E. M. (2010). Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming. Bloomsbury Press.

Ostertagova, E., & Ostertag, O. (2013). Methodology and Application of One-way ANOVA. American Journal of Mechanical Engineering, 1(7), 256-261.

Penteado, E. J. S., & Duarte, C. G. (2014). An evaluation of the Ethos Indicators based on the Bellagio Principles. In International Meeting on Business Management and the Environment (Vol. 16). FEA USP. https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/76.pdf

Pescador, SVB, Briere, F., & Novak, P. (2016). The impact of the results of the assessment of corporate social responsibility using the ethos sebrae-2013 indicators on the actions of the companies investigated. Social Sciences in Perspective Magazine, 15(29), 115–138. https://doi.org/10.48075/revistacsp.v15i29.12178

Rowe, G. e Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: questions and analysis. International Journal of Forecasting, 15(4), 353–375. https://doi.org/10.1016/s0169-2070(99)00018-7

Sauder, D. C., & DeMars, C. E. (2019). An Updated Recommendation for Multiple Comparisons. Advances in Methods and Practices in Psychological Science, 2(1), 26-44. https://doi.org/10.1177/2515245918808784

CAPÍTULO III – GESTÃO INTEGRADA E SUSTENTABILIDADE EM INDÚSTRIAS COM ATIVIDADE GALVÂNICA DE JUAZEIRO DO NORTE – CE: UMA ANÁLISE COM INDICADORES ESPECÍFICOS

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo investigar a sustentabilidade e a gestão integrada em indústrias de semijoias folheadas em Juazeiro do Norte, Ceará, com foco na atividade galvânica. Através de indicadores específicos, foram avaliadas as áreas: ambiental, social, de saúde e segurança do trabalho, econômica e de qualidade. Os resultados revelaram práticas positivas na gestão de resíduos e no uso da água, mas também a necessidade de melhorias na adoção de energias renováveis, no engajamento com a comunidade local e nos investimentos em pesquisa e desenvolvimento. A implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) foi percebida como benéfica, mas a resistência à mudança e a falta de recursos são desafios a serem superados. O estudo destaca a importância do SGI e de indicadores de sustentabilidade para um desenvolvimento mais sustentável no setor de galvanoplastia. O estudo conclui com recomendações para que as empresas invistam em energias renováveis, fortaleçam o engajamento social, ampliem a formação profissional, avaliem os riscos das mudanças climáticas e busquem soluções para equilibrar qualidade e custo. A implementação de um SGI, com indicadores específicos, é uma ferramenta valiosa para promover a melhoria contínua e alcançar um desenvolvimento mais sustentável no setor. É essencial que o poder público, instituições de ensino e pesquisa e associações do setor trabalhem em conjunto para fomentar a adoção de práticas sustentáveis e a implementação de SGIs, impulsionando a sustentabilidade e a competitividade do setor a longo prazo.

Palavras-chave: Sustentabilidade, gestão integrada, indústria de folheados, galvanoplastia.

CHAPTER III - INTEGRATED MANAGEMENT AND SUSTAINABILITY IN GALVANIC INDUSTRIES OF JUAZEIRO DO NORTE – CE: AN ANALYSIS WITH SPECIFIC INDICATORS

ABSTRACT

The research aimed to investigate sustainability and integrated management in the costume jewelry industry in Juazeiro do Norte, Ceará, with a focus on galvanic activity. Using specific indicators, the environmental, social, health and safety, economic, and quality areas were evaluated. The results revealed positive practices in waste management and water use, but also the need for improvements in the adoption of renewable energy, engagement with the local community, and investments in research and development. The implementation of an Integrated Management System (IMS) was perceived as beneficial, but resistance to change and lack of resources are challenges to be overcome. The study highlights the importance of IMS and sustainability indicators for more sustainable development in the electroplating sector. The study concludes with recommendations for companies to invest in renewable energy, strengthen social engagement, expand professional training, assess the risks of climate change, and seek solutions to balance quality and cost. Implementing an IMS with specific indicators is a valuable tool to promote continuous improvement and achieve more sustainable development in the sector. It is essential that the government, educational and research institutions, and industry associations work together to encourage the adoption of sustainable practices and the implementation of IMS, driving sustainability and competitiveness in the sector in the long term.

Keywords: Sustainability, integrated management, costume jewelry industry, electroplating.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável, que busca harmonizar o crescimento econômico, o progresso social e a conservação ambiental, exige uma mudança cultural profunda, com planejamento estratégico e reconhecimento da finitude dos recursos naturais (Kirchner *et al.*, 2009). Essa mudança cultural deve promover, tanto no presente quanto no futuro, um nível satisfatório de desenvolvimento socioeconômico, ao mesmo tempo em que se faz um uso consciente dos recursos naturais e se preservam os ecossistemas.

A gestão ambiental se tornou um diferencial competitivo, impulsionado por exigências de consumidores, ações de ONGs e pressões econômicas e políticas (Eccles; Ioannou; Serafeim, 2014). Nesse contexto, os Sistemas de Gestão Integrados (SGI) emergem como ferramentas estratégicas, facilitando a tomada de decisões e otimizando processos por meio da integração de dados e informações (Kirchner *et al.*, 2009). As normas ISO, como a ISO 9001, a ISO 14001 e a ISO 45001, fornecem diretrizes para a implementação e manutenção de SGIs, auxiliando as empresas a gerenciar a qualidade, os impactos ambientais e a segurança e saúde no trabalho (Serralheiro; Morais; Silva, 2018).

A adoção de práticas ESG (*Environmental, Social and Governance*) e a incorporação de princípios de sustentabilidade nos SGIs demonstram o compromisso das empresas com o desenvolvimento sustentável, atraindo investidores, fortalecendo a reputação e fidelizando clientes (GRI Standards, 2021). No entanto, a integração de diferentes normas de gestão pode apresentar desafios, especialmente na interpretação e aplicação dos requisitos normativos (Serralheiro; Morais; Silva, 2018).

A indústria de semijoias folheadas de Juazeiro do Norte - Ceará, foco deste estudo, exemplifica a importância e os desafios da sustentabilidade em um setor economicamente relevante, mas com alto potencial de impacto ambiental e ocupacional, principalmente devido ao processo de galvanoplastia (Calazans; Lima Junior, 2017; Figueirêdo *et al.*, 2021; Nogueira; Pasqualetto, 2008). Juazeiro do Norte destaca-se nacionalmente como um polo industrial importante na produção de semijoias folheadas, com predomínio de empresas de médio e pequeno porte (Figueirêdo *et al.*, 2021). Entretanto, muitas dessas empresas funcionam à margem do sistema de fiscalização ambiental, o que potencializa práticas de lançamento de efluentes sem o tratamento adequado.

A contaminação de lençóis freáticos e riachos menores decorrente dessas atividades também é uma possibilidade, caso os dejetos industriais não sejam gerenciados de forma responsável. Estudos anteriores revelaram a ineficiência no tratamento de efluentes e a alta

concentração de metais tóxicos em resíduos, evidenciando a necessidade de um controle mais rigoroso, especialmente em regiões com recursos hídricos limitados como o semiárido nordestino (ANA, 2012; COGERH, 2009; Figueirêdo *et al.*, 2021).

Diante desse cenário preocupante, com potencial para causar danos ambientais e comprometer a saúde da população, a pesquisa sobre sustentabilidade e gestão integrada se torna essencial. É fundamental que haja um controle ambiental mais rigoroso e que as empresas invistam em tecnologias e práticas sustentáveis para minimizar seus impactos ambientais. A responsabilidade ambiental é crucial para garantir a saúde do meio ambiente e o desenvolvimento sustentável da região. Ao analisar os desafios e oportunidades na implementação de um Sistema de Gestão Integrada (SGI), o estudo busca fornecer ferramentas para que as empresas do setor adotem práticas mais sustentáveis e eficientes.

A análise dos indicadores de cada área de gestão permitirá identificar os pontos fracos e fortes das empresas, orientando-as na busca por soluções que minimizem os impactos ambientais, promovam a eficiência no uso dos recursos e garantam a saúde e segurança dos trabalhadores. Em última análise, o estudo fornecerá contribuições para o desenvolvimento de um setor mais responsável e alinhado com os princípios do desenvolvimento sustentável, atendendo às expectativas de todas as partes interessadas (empresas, trabalhadores, comunidade e meio ambiente).

1.1 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A literatura reconhece a importância dos indicadores de sustentabilidade como ferramentas cruciais para a tomada de decisões estratégicas e o avanço rumo a um futuro mais sustentável (Van Bellen, 2008). Ao agregar e quantificar informações complexas relacionadas à sustentabilidade, os indicadores facilitam a comunicação, o entendimento e a análise de dados, tornando a significância das questões socioambientais mais evidente (Van Bellen, 2008).

A crescente demanda por práticas empresariais responsáveis e o aumento da conscientização sobre o desenvolvimento sustentável impulsionaram a criação e o uso de diversos indicadores, buscando traduzir o conceito de sustentabilidade em dados concretos e mensuráveis. No contexto empresarial, os indicadores de sustentabilidade são instrumentos essenciais para avaliar e monitorar o desempenho das empresas nas dimensões ambiental, social e econômica (Raupp; Selig; Viegas, 2011).

A utilização de indicadores de sustentabilidade permite às empresas acompanhar seu progresso, identificar riscos e oportunidades, tomar decisões estratégicas mais eficazes e

comunicar seu desempenho às partes interessadas (Raupp; Selig; Viegas, 2011). A *Global Reporting Initiative* (GRI) e os Indicadores Ethos de Responsabilidade Social Empresarial são exemplos de conjuntos de indicadores amplamente utilizados, que oferecem diretrizes para a elaboração de relatórios de sustentabilidade e a incorporação da sustentabilidade nas estratégias de negócio (ETHOS, 2008).

No entanto, a utilização de indicadores de sustentabilidade apresenta desafios, como a dificuldade em mensurar resultados sociais e ambientais de forma precisa, o desafio na integração desses indicadores ao planejamento estratégico das empresas e a falta de padronização (Silva; Freire; Oliveira e Silva, 2014; Reid; Rout, 2020). A complexidade do conceito de sustentabilidade também exige uma abordagem crítica e contextualizada na utilização dos indicadores, evitando a simplificação excessiva de questões complexas (Kemerich; Ritter; Borba, 2014).

Apesar dos desafios, a literatura enfatiza a importância da utilização de indicadores de sustentabilidade como ferramentas para promover a transparência, o engajamento das partes interessadas e a melhoria contínua do desempenho socioambiental das empresas (Kemerich; Ritter; Borba, 2014). A participação das partes interessadas no processo de definição e monitoramento dos indicadores é fundamental para garantir a legitimidade e a efetividade das ações em prol da sustentabilidade.

Por fim, os indicadores de sustentabilidade empresarial são instrumentos indispensáveis para impulsionar a responsabilidade socioambiental nas empresas e contribuir para um futuro mais justo e sustentável. No entanto, é importante adotar uma abordagem crítica e contextualizada na sua utilização, a fim de que os indicadores sirvam como instrumentos efetivos para promover um futuro mais equitativo e sustentável, em vez de se constituírem em meros recursos para simplificar questões complexas.

1.2 SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO (SGI): IMPULSIONANDO A SUSTENTABILIDADE E O DESEMPENHO EMPRESARIAL

A crescente pressão das partes interessadas, como clientes e órgãos reguladores, impulsionou a adoção de sistemas de gestão da qualidade (SGQ), ambiental (SGA) e de Saúde e Segurança no Trabalho (SGSST) nas empresas (Mançú; Gouveia; Cordeiro, 2020; Zutshi; Sohal, 2005). Empresas passaram a adotar diferentes sistemas de gestão a partir dos anos 1990, para atender às exigências das partes interessadas, fazendo surgir a necessidade de gerenciar

tais sistemas de forma integrada (Mançú; Gouveia; Cordeiro, 2020), visando maior eficiência e eficácia nos processos.

A interconexão desses sistemas em um Sistema de Gestão Integrado (SGI) busca a sinergia entre os elementos comuns ou equivalentes das normas ISO 9001 (SGQ), ISO 14001 (SGA) e ISO 45001 (SGSST), resultando em melhorias no desempenho dos negócios, facilitando a tomada de decisões e otimizando recursos (Bertolino; Couto, 2018; Poltronieri; Gerolamo; Carpinetti, 2017; Seiffert, 2011). Um SGI procura satisfazer aos requisitos dessas normas e abrange aspectos sociais, ambientais e econômicos da corporação, complementando a mensuração da sustentabilidade (Feil; Strasburg; Naime, 2013).

Diversos estudos de caso e modelos de integração foram desenvolvidos para auxiliar as empresas na implementação e manutenção do SGI. A pesquisa de Fernandes *et al.* (2015) identificou as etapas necessárias para a implantação de um SGI, enquanto Nogueira e Giachetti (2015) exploraram a relação entre a gestão por competências e o SGI. Mançú, Gouveia e Cordeiro (2020) propuseram um modelo de matriz de diagnóstico e avaliação de desempenho do SGI. Já Poltronieri (2014) desenvolveu um instrumento para avaliar a maturidade da integração dos sistemas de gestão.

Esses estudos demonstram a importância do SGI para as organizações e a necessidade de um planejamento cuidadoso, bem como de uma abordagem estratégica para sua implementação e manutenção. A integração dos sistemas de gestão é um processo contínuo, que exige o comprometimento de todos os níveis da organização e a busca constante pela melhoria.

1.3 REQUISITOS EM COMUM DAS NORMAS ISO 9001, ISO 14001 E ISO 45001

A integração dos sistemas de gestão da qualidade (ISO 9001), ambiental (ISO 14001) e de segurança e saúde no trabalho (ISO 45001) em um Sistema de Gestão Integrado (SGI) oferece uma abordagem holística para as organizações gerenciarem seus processos, produtos e serviços. Essa integração é facilitada pela estrutura comum das normas, definida pelo Anexo SL, que promove a padronização e a compatibilidade entre os diferentes sistemas de gestão (Mançú; Gouveia; Cordeiro, 2020).

O Anexo SL, publicado em 2012 pela *International Organization for Standardization* (ISO), estabeleceu uma estrutura comum para as normas de sistemas de gestão, com o objetivo de facilitar a integração entre diferentes sistemas e normas, promovendo a compatibilidade e simplificando a implementação de Sistemas de Gestão Integrados (SGI) (Serralheiro; Morais;

Silva, 2018). Essa estrutura, conhecida como Estrutura de Alto Nível (HLS - *High Level Structure*), visa padronizar as seções e os requisitos das normas, tornando-as mais acessíveis e compreensíveis para as organizações (Álvarez, 2014).

A HLS especifica termos e definições comuns, evitando ambiguidades e inconsistências na interpretação dos requisitos (Álvarez, 2014). Além disso, apresenta requisitos genéricos aplicáveis a qualquer tipo de sistema de gestão, conforme exposto no Quadro 1. A flexibilidade do Anexo SL permite que as normas acrescentem requisitos específicos para suas áreas de atuação, desde que não haja conflito com a estrutura e os requisitos genéricos (Álvarez, 2014).

Quadro 1 – Requisitos comuns específicos (aplicáveis a qualquer tipo de sistema de gestão).

Requisitos	**Objetivo**
Contexto da organização	As normas exigem que a organização compreenda os contextos interno e externo em que opera, identificando as partes interessadas relevantes e suas necessidades e expectativas.
Liderança	A alta direção deve demonstrar liderança e comprometimento com o sistema de gestão, estabelecendo políticas, objetivos e responsabilidades claras.
Planejamento	A organização deve planejar ações para abordar riscos e oportunidades, estabelecer objetivos mensuráveis e definir planos para alcançá-los.
Apoio	A organização deve determinar e fornecer os recursos necessários, garantir a competência das pessoas envolvidas, promover a conscientização e estabelecer processos de comunicação.
Operação	A organização deve planejar, implementar e controlar os processos necessários para atender aos requisitos do sistema de gestão, incluindo o controle operacional e a preparação e resposta a emergências.
Avaliação de desempenho	A organização deve monitorar, medir, analisar e avaliar o desempenho do sistema de gestão, incluindo auditorias internas e análises críticas pela direção.
Melhoria	A organização deve buscar a melhoria contínua do sistema de gestão, abordando não conformidades e implementando ações corretivas.

Fonte: Adaptado de Bittencourt e Nepomuceno (2022).

O Anexo SL trouxe benefícios como a facilitação da integração entre diferentes sistemas de gestão, a redução da complexidade na compreensão e implementação das normas, a melhoria da eficiência nos processos e na gestão da organização e o incentivo à adoção de uma abordagem mais estratégica na gestão de sistemas (Santana *et al.*, 2018; Serralheiro; Morais; Silva, 2018).

A presença de requisitos comuns nas normas ISO 9001, 14001 e 45001, conforme destacado por Bittencourt e Nepomuceno (2022), facilita a implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI), pois, ao atender os requisitos de uma norma, a organização já cumpre parte das exigências das outras duas. Essa integração promove maior eficiência e redução de custos, eliminando redundâncias e otimizando recursos (Bittencourt; Nepomuceno, 2022).

Além disso, o SGI permite uma abordagem holística dos aspectos de qualidade, meio ambiente, segurança e saúde no trabalho, em vez de tratá-los de forma isolada.

A integração também facilita a comunicação entre os diferentes departamentos da organização e com as partes externas interessadas. Ademais, a certificação em um SGI demonstra o compromisso da organização com a qualidade, com o meio ambiente e com a segurança e saúde no trabalho, o que pode fortalecer sua reputação e atrair novos clientes e parceiros (Vinhais, 2023).

Outro benefício importante é a promoção da melhoria contínua dos processos, produtos e serviços da organização, resultando em maior eficiência e eficácia. Além disso, a integração ajuda a organização a garantir conformidade com os requisitos legais e regulatórios aplicáveis e a reduzir riscos por meio da gestão integrada (Bittencourt; Nepomuceno, 2022). Um SGI também pode aumentar a motivação e o envolvimento dos colaboradores, à medida que eles se sentem mais valorizados e engajados nos processos da organização (Vinhais, 2023).

É importante ressaltar que cada norma possui requisitos específicos para sua área de atuação. O Quadro 2 apresenta os requisitos específicos das Normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001:

Quadro 2 – Requisitos específicos – ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001.

REQUISITOS ESPECÍFICOS		
ISO 9001:2015	**ISO 14001:2015**	**ISO 45001:2018**
Requisitos para produtos e serviços	**Aspectos ambientais**	**Trabalhadores e outras partes interessadas**
Determinar os requisitos para produtos e serviços, incluindo os requisitos do cliente, os requisitos legais e regulamentares aplicáveis e quaisquer requisitos adicionais que a organização determine como necessários.	Determinar os aspectos ambientais de suas atividades, produtos e serviços que ela pode controlar ou influenciar, e seus impactos ambientais associados.	A norma enfatiza a importância da consulta e participação dos trabalhadores em todas as etapas do sistema de gestão de SST.
Projeto e desenvolvimento de produtos e serviços	**Requisitos legais e outros requisitos**	**Perigos e riscos de SST**
Planejar e controlar o projeto e desenvolvimento de produtos e serviços, incluindo a definição de etapas, responsabilidades, recursos e critérios de aceitação.	Determinar e ter acesso aos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis às suas atividades, produtos e serviços.	Identificar os perigos e avaliar os riscos de SST, considerando fatores como a natureza das atividades, o ambiente de trabalho e a saúde dos trabalhadores.
Controle de processos, produtos e serviços providos externamente	**Planejamento de ações**	**Requisitos legais e outros requisitos**
Garantir que os processos, produtos e serviços providos externamente estejam em conformidade com os requisitos.	Planejar ações para abordar seus aspectos ambientais e seus impactos, incluindo a definição de objetivos ambientais e planos para alcançá-los.	Determinar e ter acesso aos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis à segurança e saúde no trabalho.

REQUISITOS ESPECÍFICOS		
Produção e provisão de serviço	**Preparação e resposta a emergências ambientais**	**Planejamento de ações**
Planejar e controlar a produção e a provisão de serviços, incluindo a identificação de requisitos, o controle de mudanças e a validação e liberação de produtos e serviços.	Estabelecer, implementar e manter os processos necessários para preparar-se e responder a emergências ambientais.	Planejar ações para abordar os riscos e oportunidades de SST, incluindo a definição de objetivos de SST e planos para alcançá-los.
Liberação de produtos e serviços		**Preparação e resposta a emergências**
Estabelecer critérios para a liberação de produtos e serviços e garantir que esses critérios sejam atendidos antes da liberação.		Estabelecer, implementar e manter os processos necessários para preparar-se e responder a emergências relacionadas à segurança e saúde no trabalho.
Controle de saídas não conformes		
Estabelecer um processo para lidar com saídas não conformes, incluindo a identificação, segregação, avaliação e tratamento.		

Fonte: Adaptado de NBR ISO 9001 (2015); NBR ISO 14001 (2015); NBR ISO 45001 (2018).

No entanto, a implementação do Anexo SL também apresenta desafios, como a necessidade de adaptar as organizações à nova estrutura e a resistência à mudança por parte de alguns colaboradores (Fernandes *et al.*, 2015; Santana *et al.*, 2018). A integração de sistemas de gestão pode exigir recursos adicionais e maior envolvimento da alta direção (Serralheiro; Morais; Silva, 2018). Essa integração pode ser complexa, exigindo um planejamento cuidadoso e uma abordagem sistêmica (Nogueira; Giachetti, 2015). Além disso, o SGI deve ser revisto e atualizado periodicamente para garantir sua eficácia e conformidade com as normas e legislações vigentes (Mançú; Gouveia; Cordeiro, 2020).

1.4 GALVANOPLASTIA: BENEFÍCIOS INDUSTRIAIS E DESAFIOS AMBIENTAIS

A galvanoplastia, técnica de revestimento de superfícies metálicas ou plásticas, oferece uma gama de benefícios, desde a proteção contra a corrosão e o aumento da resistência ao desgaste até a melhoria estética, adicionando brilho e acabamento uniforme às peças (Riani, 2008). A técnica é essencial em diversos setores industriais, atribuindo às peças propriedades como resistência térmica e condutividade elétrica, dependendo do metal aplicado (Riani, 2008).

No entanto, a galvanoplastia também acarreta impactos ambientais e de saúde significativos. A geração de efluentes contendo metais pesados e substâncias tóxicas causa a contaminação de solos e água, afetando o meio ambiente e a saúde humana (Figueirêdo *et al.*, 2021). O processo também demanda um elevado consumo de água e energia (Tocchetto *et al.*,

2004), e os trabalhadores são expostos a uma variedade de riscos químicos, físicos e ergonômicos (SESI, 2007).

O contato com substâncias tóxicas, como cianeto, ácidos e metais pesados, representa um grave risco à saúde dos trabalhadores em galvanoplastia. A exposição a esses agentes, por inalação, contato com a pele ou ingestão, pode causar problemas que vão desde irritações e alergias até doenças respiratórias e câncer. Trabalhadores do setor de galvanoplastia estão expostos a diversos riscos além dos químicos. Acidentes como quedas, respingos, choques elétricos, incêndios e explosões são comuns, assim como a exposição a ruídos excessivos e calor intenso. Fatores ergonômicos, como movimentos repetitivos e ritmo acelerado de trabalho, também contribuem para o surgimento de problemas de saúde a longo prazo (SESI, 2007).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho consistiu em uma pesquisa quantitativa e qualitativa, combinando elementos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica teve como objetivo contextualizar a gestão integrada das normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001 e identificar os principais modelos de avaliação existentes.

O estudo de caso foi realizado em indústrias com atividade galvânica de Juazeiro do Norte, produtoras de semijoias folheadas. Os dados foram coletados por meio de questionários estruturados, aplicados aos gestores dessas indústrias, com o intuito de analisar a percepção e as práticas relacionadas à gestão integrada e à sustentabilidade do setor. Adicionalmente, foram realizadas análises documentais e observações diretas nas empresas participantes, com visita *in loco*.

A coleta de dados ocorreu durante os meses de junho e julho de 2024, sendo o questionário aplicado através da plataforma *Google Forms*. O instrumento de pesquisa incluiu indicadores de sustentabilidade selecionados com base nas normas ISO, abrangendo aspectos ambientais, sociais, de saúde e segurança do trabalho, econômicos e de qualidade.

Para garantir a ética e a confidencialidade da pesquisa, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi assinado com as empresas participantes antes do início do estudo. A identidade das empresas foi preservada através da atribuição de nomes fictícios durante o tratamento dos dados.

Vale salientar que esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal da Paraíba, Protocolo n. 5.722.746 (CE/CCS/UFPB), através da Plataforma Brasil CAAE n. 63118022.4.0000.5188.

Dessa forma, a metodologia empregada neste trabalho combinou pesquisa bibliográfica e estudo de caso, utilizando um modelo de avaliação estruturado com ênfase nos requisitos das normas ISO (qualidade, meio ambiente e saúde e segurança no trabalho) e a análise de dados para verificar práticas sustentáveis das indústrias com atividade galvânica e propor melhorias.

2.3 ÁREA DE ESTUDO

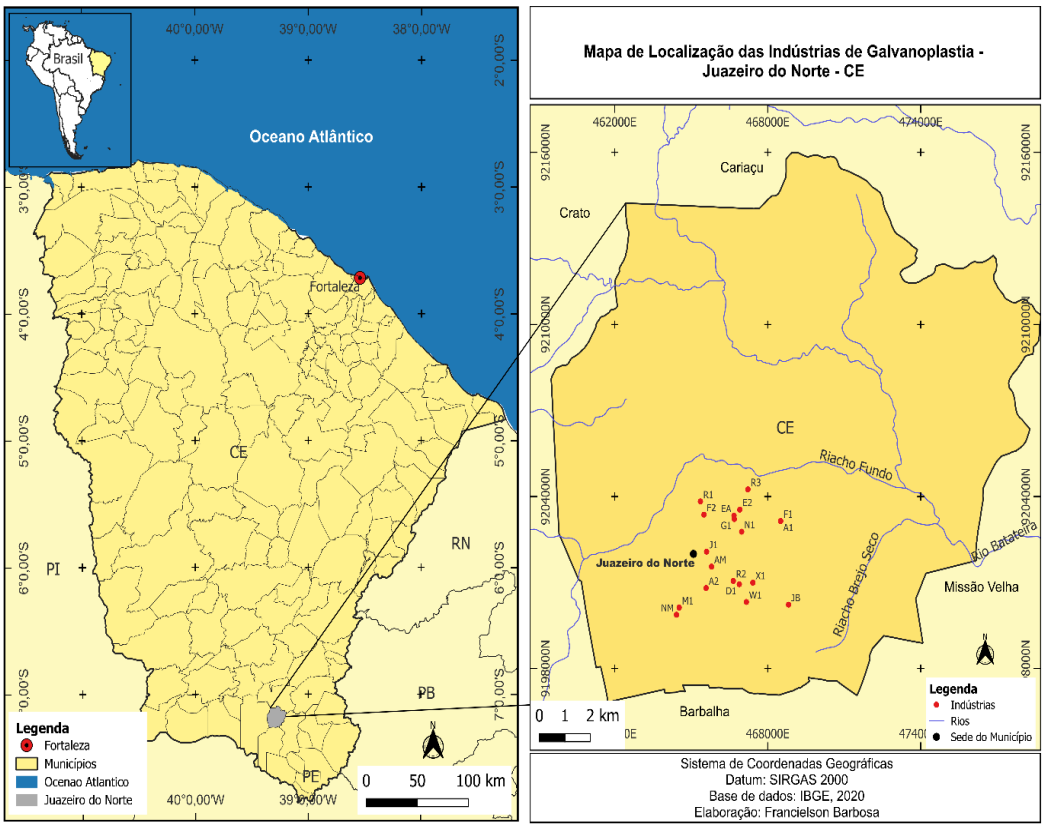
A área de estudo envolve Juazeiro do Norte, município que integra a Região Metropolitana do Cariri (RMC), polo de uma das regiões mais importantes do Ceará. Ocupa uma área de 258,788 km² e sua população é de 286.120 habitantes, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2022).

Juazeiro do Norte, município situado na Região Metropolitana do Cariri (RMC) e representado na Figura 1, tem destaque nacional como um importante polo industrial na produção de semijoias folheadas. O setor é predominantemente composto por empresas de médio e pequeno porte, e muitas delas operam à margem da fiscalização ambiental, o que aumenta o risco de práticas como o descarte de efluentes sem o devido tratamento (Oliveira *et al.*, 2018).

O levantamento preliminar das indústrias possivelmente geradoras de resíduos galvânicos foi realizado junto à Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte (AMAJU, 2022), a qual disponibilizou uma planilha contendo uma relação de 19 empresas com atividades galvânicas.

A Figura 1 apresenta a localização de indústrias de joias folheadas no município de Juazeiro do Norte. A maioria dessas indústrias está concentrada na área urbana, com algumas delas localizadas próximas aos rios Batateira e Salgadinho, importantes recursos hídricos do município. A contaminação de lençóis freáticos e riachos menores decorrente dessas atividades também é uma possibilidade, caso os dejetos industriais não sejam gerenciados de forma responsável.

Figura 1 - Localização geográfica das indústrias de semijoias - Juazeiro do Norte-CE.



Fonte: Barbosa (2024).

2.4 COLETA DE DADOS

O questionário foi elaborado na plataforma *Google Forms* e incluiu indicadores de sustentabilidade selecionados com base nas normas ISO, abrangendo aspectos ambientais, sociais, de saúde e segurança do trabalho, econômicos e de qualidade. Por contemplar seções temáticas com perguntas fechadas e abertas, a estrutura do questionário permitiu uma análise qualitativa dos dados.

Previamente à aplicação do questionário, um teste-piloto foi realizado com 2 (dois) gestores para avaliar a clareza das perguntas e o tempo de resposta. A coleta de dados ocorreu durante os meses de junho e julho de 2024, com monitoramento e envio de lembretes para garantir um número adequado de respostas. A análise dos dados quantitativos utilizou estatística descritiva, enquanto a análise qualitativa buscou identificar padrões e *insights* nas respostas às perguntas abertas.

Para garantir a ética e a confidencialidade da pesquisa, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi assinado com as empresas participantes antes do início do estudo. Além disso, para proteger a identidade das empresas, nomes fictícios foram atribuídos a cada uma durante o tratamento dos dados, garantindo que não fosse possível estabelecer relações entre os resultados obtidos e o público-alvo da pesquisa.

Esta pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal da Paraíba, Protocolo n. 5.722.746 (CE/CCS/UFPB), através da Plataforma Brasil CAAE n. 63118022.4.0000.5188.

3 RESULTADOS

3.1 APLICAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM INDÚSTRIAS DE SEMIJOIAS FOLHEADAS DE JUAZEIRO DO NORTE-CE

Os dados foram coletados por meio de questionários respondidos por representantes de 5 empresas do setor de semijoias folheadas de Juazeiro do Norte. Quatro das empresas participantes (80%) se enquadra no segmento de pequeno porte, enquanto uma é de médio porte.

3.1.1 Resultados para os indicadores ambientais

Três empresas avaliaram o **consumo de energia** como excelente, uma das indústrias avalia como satisfatório e outra como pouco satisfatório. Isso indica que a eficiência energética é uma preocupação para a maioria, mas há empresas que ainda precisam melhorar seus indicadores. A adoção de tecnologias mais eficientes e a realização de auditorias energéticas podem auxiliar essas indústrias a identificar oportunidades de melhoria.

Com relação ao **consumo médio de água** na indústria, três responderam que consomem menos de 10m³ por dia, enquanto uma consome entre 50 e 100m³ e uma não soube informar. Sobre a porcentagem de água utilizada nos processos industriais que é reutilizada após tratamento, três das empresas reutilizam mais de 75% da água, enquanto uma reutiliza entre 50% e 75% e uma reutiliza entre 25% e 50%. Isso indica que o **reúso de água** é uma prática consolidada no setor, mas há potencial para aumentar a reutilização em algumas empresas. O emprego de tecnologias mais eficientes e a otimização dos processos de tratamento podem contribuir para esse aumento. A Figura 2 demonstra uma das utilizações da água no processo.

Figura 2 – Processo de lavagem das peças.



Fonte: Os autores (2024).

Durante as visitas, constatou-se que uma das empresas implementou um sistema de reúso de efluentes, conforme Figura 3, o que trouxe benefícios significativos. O gestor relatou que o investimento resultou em economia nos custos com a empresa de abastecimento de água, com produtos químicos utilizados no tratamento de efluentes, além de uma redução expressiva na geração de lodo galvânico.

Figura 3 – Sistema de reúso de efluentes.



Fonte: Os autores (2024).

A maioria das empresas (quatro delas) considera que as medidas adotadas para minimizar a **geração de resíduos perigosos** são excelentes, enquanto uma acredita que as medidas satisfazem pouco. Isso sugere que a gestão de resíduos perigosos é uma prioridade para o setor, mas há espaço para aprimorar as práticas existentes. A busca por tecnologias mais limpas e pela otimização dos processos produtivos pode contribuir para a redução da geração desses resíduos.

Com relação à **poluição do ar**, três das empresas entrevistadas consideram as medidas de controle de poluição do ar excelentes, enquanto duas as consideram pouco satisfatórias. Esse dado sugere que a gestão da poluição do ar é uma prioridade para a maioria, mas há empresas que ainda precisam melhorar suas práticas. A adoção de tecnologias mais limpas e o monitoramento constante das emissões podem auxiliar na redução da poluição do ar. Adicionalmente, as **medidas de controle de poluição do ar** são autoavaliadas como altamente eficazes pela maioria das empresas.

A **gestão de recursos** e a **busca por eficiência** são prioridades para boa parte das empresas (três delas), que afirmam possuir um sistema rigoroso de controle do **consumo de matéria-prima**. As duas restantes afirmam monitorar o consumo, mas buscando aprimorar o controle. Isso indica que há espaço para otimizar o uso de materiais e reduzir desperdícios. A

análise do ciclo de vida dos produtos e a adoção de tecnologias mais eficientes podem contribuir para esse processo.

A **gestão de resíduos** tem ganhado cada vez mais importância nas indústrias de semijoias participantes da pesquisa. Das empresas pesquisadas, três reconhecem a necessidade de reduzir, reutilizar e reciclar materiais de embalagem, enquanto duas delas já possuem um programa estruturado em andamento para isso. As empresas que ainda não o estruturaram estudam a viabilidade de implementar um programa similar. A troca de experiências entre as empresas e o apoio de entidades do setor podem ser fatores importantes para acelerar a adoção de práticas mais eficazes, no sentido de promover a economia de recursos e a sustentabilidade.

Em relação à **reciclagem de resíduos sólidos não perigosos**, a maioria das empresas (três) consideram sua performance excelente, enquanto uma considera satisfatória e a outra, pouco satisfatória. Isso indica que, apesar de a reciclagem ser uma prática presente, é possível aprimorar a gestão e aumentar o percentual de resíduos reciclados. Parcerias com empresas recicladoras e a conscientização dos colaboradores podem ser estratégias eficazes para impulsionar a reciclagem e otimizar a gestão de resíduos.

A busca por **matérias-primas mais sustentáveis** ainda é um desafio para o setor, embora haja um movimento por transição. Atualmente, duas das empresas em estudo possuem um programa estruturado e em andamento para a substituição de insumos por alternativas mais ecologicamente corretas. Outras duas ainda não possuem um programa, enquanto uma está avaliando a viabilidade dessa mudança. Incentivos fiscais e parcerias com fornecedores podem facilitar a adoção de matérias-primas mais sustentáveis, impulsionando a indústria em direção a práticas mais responsáveis e ecologicamente conscientes.

A pesquisa revela que a maioria (quatro empresas) gera uma quantidade relativamente pequena de **resíduos perigosos**, menos de 100 kg/mês, enquanto uma gera mais de 5 toneladas/mês. Além disso, a maioria (quatro) possui **locais de armazenamento licenciados** e se avalia positivamente quanto às medidas de minimização de resíduos.

Um ponto positivo é que a maioria (quatro) das indústrias realiza **tratamento prévio do lodo galvânico** e o destina a unidade de tratamento para retirada dos metais em empresa da região sudeste, o que sugere uma gestão adequada desse resíduo específico. O **tratamento de efluentes** é autoavaliado como eficaz pela maioria das empresas (quatro) e satisfaz a uma delas.

No entanto, há um potencial de melhoria na área de **energia renovável**, uma vez que três estão avaliando a viabilidade de utilizar fontes renováveis e duas ainda não consideram sua utilização.

O panorama dos resultados indica que as indústrias estão em conformidade com as práticas de gestão de resíduos perigosos e controle ambiental, mas percebe-se que existe margem para avanços na adoção de energias renováveis.

3.1.2 Resultados para os indicadores sociais

As respostas da pesquisa sobre indicadores sociais revelam um cenário misto em relação ao engajamento da empresa com a comunidade local e com seus funcionários.

3.1.2.1 Engajamento com a comunidade local

A pesquisa investigou a **relação das empresas com a comunidade local**. Os resultados mostram que quatro das empresas não possuem canais de comunicação estruturados com a comunidade. Em relação a projetos sociais, quatro delas não fazem esse investimento enquanto que uma não soube informar a respeito. Essa ausência de engajamento com a comunidade consiste em um ponto a ser melhorado, pois a participação das empresas no desenvolvimento local é fundamental para a sustentabilidade a longo prazo.

Embora a maioria dos **funcionários resida na comunidade**, indicando uma forte ligação com as áreas onde as empresas se localizam, apresentam dificuldades em estabelecer **canais de comunicação** eficazes. As ferramentas tradicionais, como caixa de sugestões, *e-mail*, telefone e reuniões, não estão sendo utilizadas. Constata-se que as empresas dependem principalmente de redes sociais e página na internet para estabelecer comunicação.

3.1.2.2 Engajamento com os funcionários

Todas as empresas entrevistadas demonstram um forte compromisso com o bem-estar dos funcionários. Afirmaram que realizam pesquisas de satisfação, o que demonstra uma preocupação em ouvir seus colaboradores e identificar áreas de melhoria. No entanto, há uma divisão em relação aos programas de incentivo à participação em atividades culturais, esportivas e de lazer, com três afirmando que a empresa oferece tais programas e duas negando.

3.1.2.3 Indicadores sociais relacionados à saúde e segurança no trabalho

3.1.2.3.1 Saúde e bem-estar dos trabalhadores

As empresas realizam **exames médicos periódicos** e possuem **sistema de monitoramento da saúde dos trabalhadores**, o que é fundamental para identificar e prevenir problemas de saúde relacionados ao trabalho. A **investigação de acidentes** e o **monitoramento de indicadores de saúde e segurança** também são práticas positivas. Contudo, as empresas devem fortalecer suas **campanhas de sensibilização sobre saúde e segurança**, garantindo que sejam regulares e abrangentes.

Com relação à Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e de Assédio (**CIPA**), duas das empresas participantes afirmam possuir a Comissão, considerada muito eficaz pelos entrevistados. Outras duas não possuem CIPA e uma não soube informar. É crucial fortalecer a CIPA, incentivando a participação dos funcionários e garantindo que suas ações sejam efetivas na prevenção de acidentes e promoção da saúde no ambiente de trabalho.

O compromisso das empresas com a segurança dos trabalhadores do processo galvânico se manifesta de forma abrangente. No âmbito da proteção coletiva, a totalidade das empresas pesquisadas afirma possuir e manter em pleno funcionamento todos os **Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs)** listados no questionário (sistema de exaustão e ventilação local para gases, vapores e névoas, sinalização de segurança, barreiras de proteção para áreas de risco, chuveiros e lava-olhos de emergência e kits de emergência para derramamento de produtos químicos), no entanto, a observação direta realizada, conforme registro na Figura 4, constatou divergências nas afirmações.

Figura 4 – Setor de banho.



Fonte: Os autores (2024)

No que se refere à proteção individual, as empresas também demonstram atenção especial. Cada uma das empresas fornece aos trabalhadores todos os **Equipamentos de Proteção Individual (EPIs)** elencados na pesquisa, demonstrando preocupação com a segurança individual. Adicionalmente, a realização de análises de risco para a determinação dos EPIs necessários e a promoção de treinamentos sobre os riscos e o uso correto dos equipamentos evidenciam um esforço para capacitar os trabalhadores e garantir sua segurança. A Figura 5 apresenta registros de trabalhador usando alguns EPIs. Contudo, é essencial assegurar que a totalidade dos trabalhadores receba o treinamento adequado, maximizando a efetividade das medidas de proteção individual.

Figura 5 – Equipamento de Proteção Individual.



Fonte: Os autores (2024)

As empresas demonstraram conformidade com a **documentação obrigatória**, como Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (**PCMSO**), Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (**PPRA**), Laudo Técnico das Condições Ambientais de Trabalho (**LTCAT**), Perfil Profissiográfico Previdenciário (**PPP**) e Atestado de Saúde Ocupacional (**ASO**). Além disso, a totalidade ou a maioria monitora indicadores importantes, como **taxa de frequência e gravidade de acidentes** (100%), **taxa de absenteísmo por doença** (100%), **número de acidentes de trajeto** (80%) e **doenças ocupacionais** (80%).

Todas as empresas entrevistadas afirmam possuir **sistema de ventilação** adequado no setor de banho para controlar a exposição aos agentes químicos e Auto de Vistoria do Corpo de

Bombeiros (**AVCB**) válido. No entanto, houve um desempenho inferior (80%) em relação à emissão de **Ordem de Serviço de Segurança e ao registro de CATs** (Comunicação de Acidentes de Trabalho), indicando a necessidade de aprimorar procedimentos e reforçar a importância da comunicação. Além disso, apenas uma empresa possui **planos de emergência e evacuação** claramente definidos e comunicados, evidenciando uma área crítica que requer atenção imediata.

3.1.3 Resultados para os indicadores econômicos

Com relação à **Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)**, as empresas participantes não investem em iniciativas nessa área; no entanto, uma afirma que já teve parceria com universidades ou centros de pesquisa, enquanto as demais nunca firmaram parceria com instituições dessa natureza.

Evidenciou-se também que as empresas participantes não possuem valor específico do orçamento destinado a projetos de **formação profissional dos empregados**. Além disso, apenas uma delas demonstrou uma conscientização em relação às **mudanças climáticas**, afirmando avaliar riscos e oportunidades associados a esse fenômeno. A referida empresa identifica o aumento da temperatura e eventos climáticos extremos como os principais riscos.

Quanto aos **benefícios oferecidos aos funcionários**, apenas uma empresa vai além do salário, com destaque para o vale-alimentação/refeição e vale-transporte. As demais não oferecem benefícios aos funcionários além do salário.

3.1.4 Resultados para os indicadores de qualidade

3.1.4.1 Satisfação do cliente e melhoria contínua

As empresas demonstram compromisso em medir a **satisfação do cliente** quanto à qualidade de seus produtos, conduzindo pesquisas regulares. Afirmam ainda que utilizam os resultados dessas pesquisas para identificar **oportunidades de melhoria**, impulsionando um ciclo de **melhoria contínua**.

3.1.4.2 Eficiência e inovação nos processos

Embora a **eficiência dos processos de produção** seja considerada satisfatória pela maioria dos entrevistados (três empresas), há um reconhecimento da necessidade de melhorias. As empresas afirmam que estão implementando iniciativas para aumentar a **eficiência e a**

produtividade, incluindo o **mapeamento e análise de processos**, a implementação de **ferramentas de gestão**, a **automação de processos** e o **treinamento da equipe**.

3.1.4.3 Desempenho geral e comprometimento da equipe

O **desempenho geral das empresas** em termos de qualidade, eficiência e inovação é avaliado como excelente por três empresas e como satisfatório por duas. Além disso, o **comprometimento da equipe** em alcançar altos padrões de desempenho também é visto de forma positiva.

3.1.4.4 Gerenciamento de reclamações

As empresas monitoram e registram as **reclamações dos clientes**, utilizando-as como *feedback* para aprimorar seus produtos e serviços. O principal motivo de reclamação identificado é o preço dos produtos.

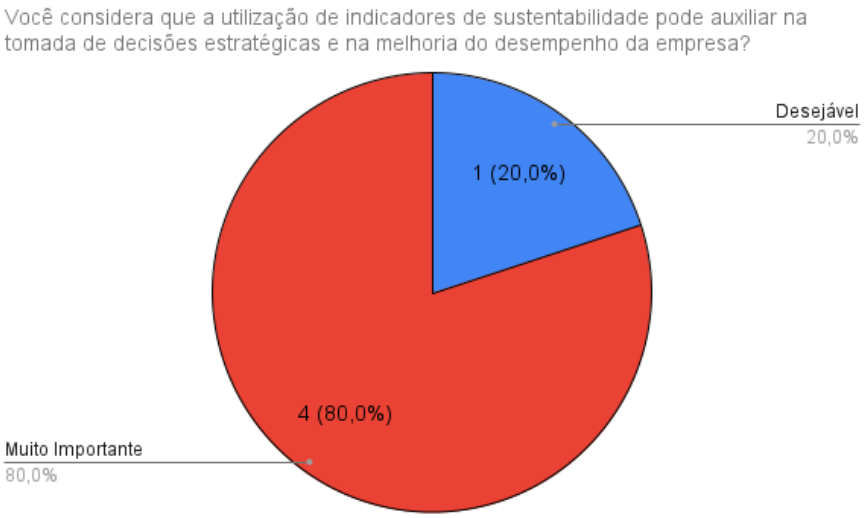
3.1.4.5 Percepção dos empregados e gestores sobre as vantagens da utilização de um SGI e de indicadores de sustentabilidade para o desenvolvimento sustentável do setor

A pesquisa evidenciou que nenhuma das empresas possui um SGI implementado e acreditam que o sistema pode trazer benefícios, sendo que uma empresa não possui planos imediatos para sua implementação. Essa constatação reforça a necessidade de conscientizar e capacitar as empresas sobre os benefícios de um SGI, que pode auxiliar na gestão integrada dos aspectos de qualidade, meio ambiente, saúde e segurança ocupacional, promovendo a sustentabilidade e o desempenho empresarial. A utilização de indicadores específicos para cada área de gestão pode facilitar o monitoramento e a avaliação do desempenho do SGI, permitindo a identificação de oportunidades de melhoria e a tomada de decisões mais assertivas.

A Figura 3 apresenta os resultados do questionamento sobre a importância da utilização de indicadores de sustentabilidade na tomada de decisões estratégicas e na melhoria do desempenho das empresas. A maioria dos entrevistados (quatro) considera essa utilização "Muito Importante", enquanto apenas uma a considera "Desejável".

Esses resultados demonstram que a sustentabilidade está se tornando um fator cada vez mais relevante para as empresas, não apenas como uma questão ética, mas também como uma estratégia de negócios. A utilização de indicadores de sustentabilidade permite que as empresas mensurem seu impacto ambiental e social, identifiquem oportunidades de melhoria, gerenciem riscos e tomem decisões mais conscientes e estratégicas.

Figura 6 – Importância da utilização de indicadores de sustentabilidade.



Fonte: Os autores (2024).

A percepção de que a sustentabilidade é "Muito Importante" para o desempenho da empresa pode ser explicada por diversos fatores, como:

- **Pressão das partes interessadas:** Consumidores, investidores e outras partes interessadas estão cada vez mais exigentes em relação à sustentabilidade das empresas, o que as pressiona a adotar práticas mais responsáveis.
- **Vantagens competitivas:** Empresas que adotam práticas sustentáveis podem se destacar no mercado, atraindo mais clientes e investidores, além de reduzir custos e melhorar sua eficiência.
- **Legislação e regulamentação:** A legislação ambiental está se tornando mais rigorosa, obrigando as empresas a se adaptarem e a monitorarem seus impactos.

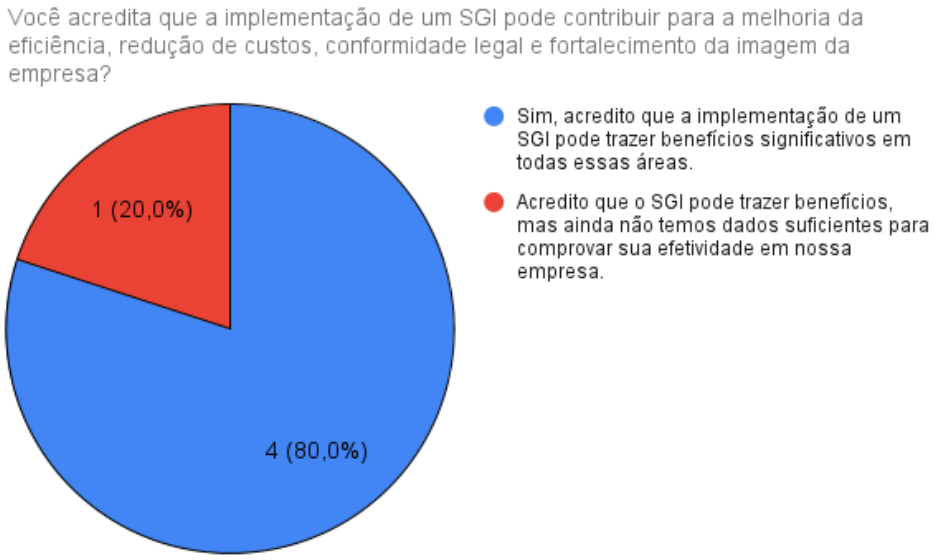
Os resultados da pesquisa indicam, portanto, que a utilização de indicadores de sustentabilidade é fundamental para as empresas que desejam se manter competitivas e atender às demandas da sociedade por um futuro mais sustentável.

A Figura 7 apresenta os resultados para o questionamento que objetivou obter a percepção dos gestores sobre a implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) na empresa. A maioria dos entrevistados (quatro) acredita que o SGI pode trazer benefícios significativos em diversas áreas, como melhoria da eficiência, redução de custos, conformidade legal e fortalecimento da imagem da empresa.

No entanto, uma empresa ainda não possui dados suficientes para comprovar a efetividade de um SGI no contexto organizacional. Essa percepção pode ser atribuída à falta de

experiência com a ferramenta ou à necessidade de mais informações sobre seus resultados práticos.

Figura 7 – Implantação de um SGI na empresa.



Fonte: Os autores (2024).

Em geral, os resultados da pesquisa são positivos e indicam que há uma crença generalizada nos benefícios da implementação de um SGI. No entanto, é importante que as empresas invistam na obtenção de dados e informações para atestar a efetividade da ferramenta.

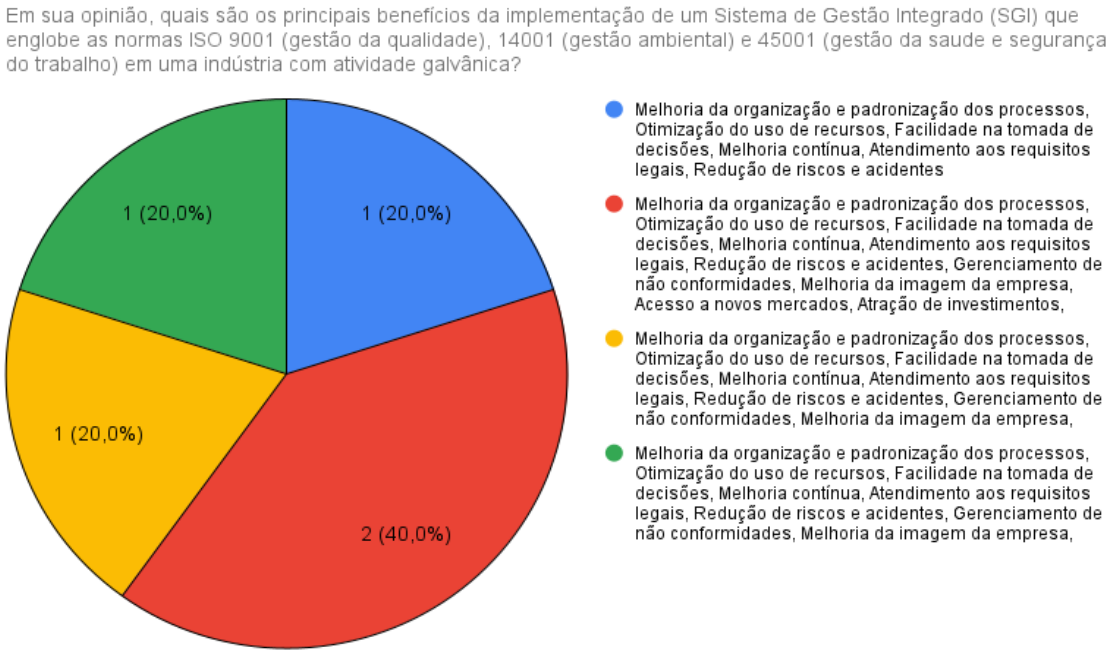
A Figura 8 apresenta os resultados da questão sobre os benefícios mais relevantes da implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI). Os entrevistados foram questionados sobre quais benefícios consideravam mais relevantes e puderam escolher múltiplas opções.

Dois dos respondentes apontaram um conjunto abrangente de benefícios, incluindo:

- **Melhoria da organização e padronização dos processos:** O SGI estabelece procedimentos claros e padronizados, tornando a operação mais eficiente e reduzindo erros.
- **Otimização do uso de recursos:** O SGI ajuda a identificar e eliminar desperdícios, otimizando o uso de água, energia e matérias-primas, sendo especialmente relevante para a indústria galvânica, que gera muitos resíduos.
- **Facilidade na tomada de decisões:** Com dados e informações mais organizados e acessíveis, o SGI facilita a tomada de decisões estratégicas e operacionais.
- **Melhoria contínua:** O SGI incentiva a busca constante por melhorias nos processos, produtos e serviços, tornando a empresa mais competitiva.

- **Atendimento aos requisitos legais:** O SGI garante que a empresa esteja em conformidade com as leis e regulamentos ambientais, de saúde e segurança do trabalho, evitando multas e outras penalidades.
- **Redução de riscos e acidentes:** O SGI contribui para a identificação e controle de riscos, reduzindo a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais.
- **Melhoria da imagem da empresa:** A certificação do SGI demonstra o compromisso da empresa com a qualidade, o meio ambiente e a segurança, fortalecendo sua imagem perante clientes, fornecedores e a sociedade em geral.
- **Acesso a novos mercados:** A certificação do SGI pode ser um requisito para acessar determinados mercados, especialmente os mais exigentes em termos de sustentabilidade.

Figura 8 – Benefícios da implementação de um SGI na indústria com atividade galvânica.



Fonte: Os autores (2024).

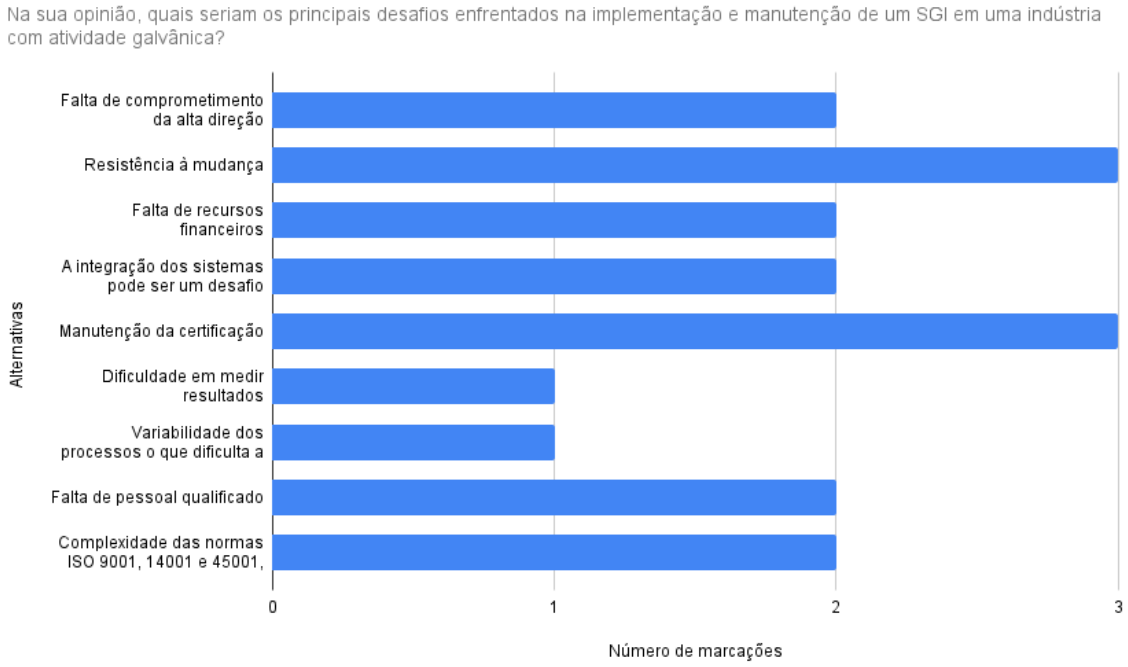
Além disso, três respondentes destacaram subconjuntos dos benefícios da implementação do SGI, com algumas variações:

- Um mencionou o "**gerenciamento de não conformidades**" como um benefício adicional, o que demonstra a importância de identificar e corrigir problemas de forma sistemática;

- Outro respondente destacou o "**desenvolvimento de competências**" como um benefício, indicando que o SGI pode contribuir para o aprimoramento das habilidades dos colaboradores;
- O último enfatizou a "**atração de investimentos**" e o "**aumento da motivação e engajamento**" dos colaboradores como benefícios adicionais, o que sugere que o SGI pode ter um impacto positivo no clima organizacional e na atração de talentos.

A Figura 9 apresenta os resultados sobre os principais desafios enfrentados na implementação e manutenção de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) na indústria com atividade galvânica.

Figura 9 – Principais desafios enfrentados na implementação e manutenção de um Sistema de Gestão Integrado (SGI).



Fonte: Os autores (2024).

1. **Resistência à mudança (60%)**: A implementação de um SGI exige mudanças significativas nos processos e na cultura da empresa, o que pode gerar resistência por parte dos colaboradores e da gestão. É fundamental que a empresa invista em comunicação e treinamento para facilitar a aceitação e o engajamento de todos.
2. **Manutenção da certificação (60%)**: A certificação do SGI exige um esforço contínuo para manter os processos em conformidade com as normas e requisitos. A empresa

precisa investir em auditorias internas, monitoramento constante e ações corretivas para garantir a manutenção da certificação.

3. **Falta de comprometimento da alta direção (40%)**: O sucesso da implementação e manutenção do SGI depende do apoio e comprometimento da alta direção. É fundamental que os líderes demonstrem o valor do SGI, invistam em recursos e participem ativamente do processo.
4. **Falta de recursos financeiros (40%)**: A implementação e manutenção de um SGI podem exigir investimentos em consultoria, treinamento, softwares e equipamentos. A falta de recursos financeiros pode ser um obstáculo para a implementação completa do SGI.
5. **Falta de pessoal qualificado (40%)**: O SGI exige profissionais com conhecimento técnico e experiência em gestão da qualidade, meio ambiente e segurança do trabalho. A falta de pessoal qualificado pode dificultar a implementação e manutenção do sistema.
6. **Complexidade das normas ISO 9001, 14001 e 45001 (40%)**: As normas que compõem o SGI são complexas e exigem um bom entendimento para sua correta aplicação. É importante que a empresa invista em treinamento e capacitação para garantir que os colaboradores compreendam e apliquem as normas de forma adequada.
7. **Dificuldade em medir resultados (20%)**: A mensuração dos resultados do SGI pode ser um desafio, pois envolve a coleta e análise de dados de diversas áreas. É importante que a empresa defina indicadores claros e utilize ferramentas adequadas para monitorar o desempenho do SGI.

4 DISCUSSÃO

Os resultados da pesquisa revelam um panorama da sustentabilidade e da gestão integrada nas indústrias com atividade galvânica de Juazeiro do Norte, Ceará, destacando avanços e desafios a serem superados. A análise dos indicadores ambientais, sociais, de saúde e segurança do trabalho, econômicos e de qualidade permitiu identificar práticas positivas, mas também áreas que necessitam de aprimoramento para alcançar um desenvolvimento mais sustentável no setor.

Uma primeira questão a ser debatida é que o questionário foi aplicado com uma amostra do empresariado num momento de certo otimismo diante da alta no mercado, que aumentou 47% em 2023 no setor de folheados, segundo levantamento do Precious Brazil, uma iniciativa do Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM) e da Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (Apex Brasil). Todas as respostas vieram de entrevistados representantes de organizações empresariais de pequeno e médio porte (entre 10 e 249 empregados).

Portanto, o porte das empresas também influencia na mentalidade empresarial. E, comparativamente às grandes, as pequenas e médias empresas possuem certas restrições para se tornarem competitivas, pois encontram dificuldades, tais como: obter melhores preços e vantagens na compra de matérias primas e componentes, custos de participação em feiras, custos de campanhas publicitárias, custos de reciclagem e treinamento da mão de obra, atualização tecnológica, acesso a linhas de crédito e financiamento, custos de aluguel e custos envolvidos na exportação de produtos. Assim, as respostas devem ser sopesadas a partir da mentalidade entre empresas de médio e pequeno porte, que possuem dificuldades em acessar recursos financeiros e apresentam deficiências nos processos gerenciais e apoios tecnológicos.

Outro elemento a ser posto na balança é a localização geográfica onde se encontra o setor produtivo, que reflete uma dinâmica própria de desenvolvimento regional, com características marcadas por desigualdades socioeconômicas, tecnológicas e políticas. Considerando as regiões que concentraram a maior parcela da produção industrial no Estado, tem-se que a Grande Fortaleza se mantém como a principal para Indústria cearense. No último ano, a região concentrou 75,41% do Valor Adicionado total da manufatura estadual, enquanto o Cariri representa apenas 3,43% (Ipece, 2024). Nesse espaço produtivo, há pouca presença de instituições de ensino e pesquisa e órgãos governamentais dedicados ao segmento industrial que desempenham atividades galvânicas.

A partir desses apontamentos iniciais, passamos a debater em detalhes os principais pontos evidenciados pelos entrevistados. Contudo, vale destacar que o desempenho de um determinado indicador acaba por influenciar os demais, pois são fatores indissociáveis, apesar de independentes.

4.1 AVANÇOS E DESAFIOS NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

A partir das respostas fornecidas, fica evidente que a totalidade dos entrevistados reconhecem o risco que a galvanoplastia pode trazer ao meio ambiente e que essa atividade também possui um elevado consumo de água e um grande aporte energético que é empregado para a redução de metais e aquecimento de banhos. Portanto, para pensar a sustentabilidade, não é nem um pouco indiferente que o empresariado tenha e demonstre em ações essa consciência empresarial de que a galvanoplastia é um setor com alto potencial de impacto ambiental, visto que em todos os processos galvanotécnicos ocorrem emissões de poluentes para o meio ambiente, gerando diversos tipos de efluentes.

Nesse aspecto, de maneira geral, as indústrias pesquisadas demonstraram um bom desempenho em relação aos indicadores ambientais, com destaque para o reuso de água (três empresas reutilizam a água resultante do tratamento de efluentes), a gestão de resíduos perigosos e o controle da poluição do ar. A implementação de sistemas de reuso de efluentes e a busca por tecnologias mais limpas são exemplos de práticas que contribuem para a redução dos impactos ambientais da galvanoplastia. No entanto, a adoção de energias renováveis permanece sendo um desafio a superar, com a maioria das empresas ainda em fase de avaliação ou sem planos de implementação.

Observa-se que se faz necessário criar ações mais eficazes das empresas para melhorar o tratamento e disposição dos efluentes, que poderiam ser potencializadas por uma rede de cooperação entre as empresas, gestores públicos municipais e estaduais, órgãos municipais e estaduais de controle ambientais e instituições de fomento à inovação tecnológica. Além disso, possibilitaria a construção de estações de tratamento de efluentes integradas e permitiriam maiores investimentos e emprego de tecnologias melhores, permitindo maior controle e seletividade dos processos de tratamento.

Portanto, a incompletude das ações adotadas em cada empresa pesquisada demonstra que há necessidade de uma aproximação entre os interesses empresariais coadunados com os interesses da sociedade, a fim de buscarem, em conjunto, substituintes de substâncias perigosas e minimização da geração de efluentes líquidos, das emissões gasosas e resíduos sólidos

tóxicos. Nesse aspecto, fica a percepção de que há espaço para que ações coordenadas possam avançar no sentido de tornar possível o uso de medidas de produção mais limpa e economia circular nesse setor, para tornar seus processos mais eficientes.

4.2 ENGAJAMENTO SOCIAL E BEM-ESTAR DOS TRABALHADORES

As respostas dos entrevistados repercutiram sobre a compreensão de que um ambiente laboral saudável e seguro não apenas beneficia os trabalhadores, mas também melhora a produtividade e na rentabilidade do negócio. A mentalidade empresarial dos entrevistados deixou transparecer que reconhecem em certa medida a importância dos programas de bem-estar no trabalho e como esses programas podem impactar positivamente a organização.

Nesse aspecto, a pesquisa revelou um cenário contrastante em relação aos indicadores sociais. Embora as empresas demonstrem preocupação com o bem-estar dos funcionários, realizando pesquisas de satisfação e oferecendo alguns benefícios, o engajamento com a comunidade local é limitado, com ausência de canais de comunicação estruturados e falta de investimentos em projetos sociais. Durante as visitas, pôde-se constatar que não existe espaço para descanso dos funcionários, fato confirmado em três das indústrias visitadas, por serem instaladas em espaço residencial, com adaptação dos ambientes.

De fato, há lacunas importantes nas pequenas e médias empresas que explicam o elevado grau de estresse e pressão por produção no ambiente de trabalho, fatores que podem acarretar significativos problemas de saúde física e mental, impactando tanto os trabalhadores quanto o desempenho organizacional global das empresas no cenário mercadológico atual: prazos de entrega apertados, pouco estoque de material, falhas de qualidade, insuficiência tecnológica, etc.

No âmbito da saúde e segurança no trabalho, existem normas que procuram garantir a integridade física e mental do trabalhador em seu local de trabalho. As entrevistas mostraram que as empresas apresentam um bom desempenho na implementação de EPCs e EPIs, além de realizarem exames médicos periódicos e monitorarem a saúde dos trabalhadores. Esses itens são obrigatórios pela legislação em vigor e, portanto, passíveis de multa e penalidades pelos órgãos de fiscalização, em caso de descumprimento. Segundo as entrevistas, há outros itens obrigatórios na legislação que foram desatendidos.

A existência de CIPA nas empresas simboliza um avanço na promoção de ambiente de trabalho seguro e saudável. A comissão pode ser encarada como instrumento que une representantes de empregados e empregadores para proporcionar um ambiente de trabalho mais

saudável e seguro. Todavia, as respostas demonstraram uma baixa adesão à CIPA, o que impacta a capacidade das empresas de tocar campanhas de sensibilização sobre saúde e segurança. A presença na CIPA de representantes eleitos pelos empregados e com estabilidade provisória de 2 anos, cuja principal função é observar e relatar condições de risco nos ambientes de trabalho, solicitando medidas para reduzir até eliminar os riscos existentes ou neutralizar esses riscos, certamente é algo que incomoda os gestores, a ponto de não incentivarem sua criação e atuação.

Outro elemento não menos importante é a ausência em algumas empresas de planos formais de emergência e evacuação, algo que representa um risco significativo que precisa ser urgentemente enfrentado. A elaboração desse plano deve considerar a realização de análise preliminar dos riscos de incêndio. Por óbvio, as respostas dos representantes das empresas demonstram que, na visão dessas organizações, os investimentos em saúde e segurança nem sempre visam a resultados tangíveis e sustentáveis. Assim, alguns dos gestores entrevistados ainda subestimam a segurança no local de trabalho, um componente crítico que pode determinar o sucesso ou o fracasso de uma organização.

4.3 DESAFIOS ECONÔMICOS E BUSCA PELA QUALIDADE

A pesquisa identificou desafios na área econômica, com a falta de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e em formação profissional dos empregados. A conscientização sobre as mudanças climáticas também é limitada, com apenas uma empresa avaliando os riscos e oportunidades associados a esse fenômeno.

Em relação à qualidade, as empresas demonstram um compromisso em medir a satisfação do cliente e implementar melhorias nos processos, buscando aumentar a eficiência e a produtividade. No entanto, o preço dos produtos se destaca como o principal motivo de reclamação dos clientes, o que pode indicar a necessidade de buscar soluções para equilibrar a qualidade e o custo dos produtos.

A busca pela melhoria dos processos, aumento de eficiência e produtividade tem como objetivo a redução de desperdícios, uso otimizado de recursos e menor geração de resíduos, o que contribui para a sustentabilidade. Tem-se ainda que o aumento da eficiência e da produtividade leva à redução de custos e otimização de processos, o que impacta diretamente o lucro das empresas.

É importante lembrar que as empresas podem ter diferentes motivações e prioridades. Enquanto algumas podem genuinamente se preocupar com a sustentabilidade e adotar práticas

mais eficientes por essa razão, outras podem estar mais focadas no lucro e ver a sustentabilidade como um bônus ou uma forma de melhorar sua imagem.

Quanto ao preço dos produtos ser o principal motivo de reclamação, isso realmente indica a necessidade de equilibrar qualidade e custo. As empresas precisam encontrar maneiras de oferecer produtos de qualidade a preços competitivos, o que pode ser um desafio no setor de galvanoplastia. Algumas estratégias possíveis incluem:

- Negociação com fornecedores: Buscar melhores preços para as matérias-primas.
- Otimização de processos: Reduzir custos de produção através da melhoria da eficiência.
- Inovação: Desenvolver novas tecnologias e processos que permitam reduzir custos sem comprometer a qualidade.
- Diversificação de produtos: Oferecer diferentes opções de produtos com diferentes níveis de qualidade e preço.

Todos esses aspectos dialogam com a perspectiva da presente obra, que sobrevém ao contexto de um setor industrial em transformação num país que vivenciou um passado próximo de tragédias de grandes proporções, como os desastres que envolveram rompimento de barragens, grandes incêndios e a pandemias da Covid-19. Assim, é indispensável tratar a transparência e a auditabilidade como formas de evitar o indesejável.

5 CONCLUSÃO

Este estudo avaliou a sustentabilidade e a gestão integrada em indústrias com atividade galvânica produtoras de semijoias folheadas em Juazeiro do Norte - Ceará. Além disso, contribuiu para o entendimento da sustentabilidade e da gestão integrada em um setor de grande importância econômica, mas com desafios ambientais e sociais significativos a enfrentar. A pesquisa identificou práticas positivas e áreas que demandam atenção, oferecendo *insights* valiosos para o desenvolvimento de estratégias mais sustentáveis e eficientes.

Os resultados mostraram avanços na área ambiental, mas há desafios quanto à adoção de energias renováveis e ao engajamento social. A saúde e segurança do trabalho apresentaram bom desempenho, com ressalvas para a participação da CIPA e para a falta de planos de emergência. Na área econômica, faltam investimentos em pesquisa e desenvolvimento e conscientização sobre mudanças climáticas.

A pesquisa revelou que a implementação de um SGI em uma indústria galvânica é percebida como altamente benéfica pelos entrevistados. Os principais benefícios citados incluem melhorias na organização, otimização de recursos, conformidade legal, redução de riscos e melhoria da imagem empresarial. Ademais, o SGI pode contribuir para desenvolver competências, atrair investimentos e aumentar a motivação dos colaboradores.

Recomenda-se que as empresas invistam em processos produtivos mais limpos e eficientes, buscando minimizar a geração de resíduos e o consumo de recursos, especialmente os mais poluentes. É essencial que avaliem os riscos e oportunidades relacionados às mudanças climáticas, adaptando seus processos e investindo em energias renováveis.

Para fortalecer a sustentabilidade social, é preciso ampliar o engajamento com a comunidade local e investir em programas de formação profissional para seus colaboradores. A busca por soluções que equilibrem a qualidade e o custo dos produtos, aliada à gestão eficiente dos resíduos gerados, também é importante. A implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) com indicadores específicos para cada área pode ser uma ferramenta poderosa para promover a melhoria contínua e alcançar um desenvolvimento mais sustentável no setor de galvanoplastia.

É fundamental que o poder público, as instituições de ensino e pesquisa e as associações do setor trabalhem em conjunto para fomentar a adoção de práticas sustentáveis e a implementação de SGIs nessas indústrias. Incentivos fiscais, programas de capacitação e compartilhamento de boas práticas podem ser estratégias eficazes para impulsionar a sustentabilidade e a competitividade do setor a longo prazo.

A pesquisa apresenta algumas limitações, como o número reduzido de empresas participantes. Futuros estudos poderiam ampliar a amostra e realizar análises comparativas entre empresas com e sem SGI implementado, aprofundando o conhecimento sobre os impactos da gestão integrada na sustentabilidade e no desempenho de indústrias que utilizam o processo de galvanoplastia.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 9001:2015** – Sistema de gestão da qualidade – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14001:2015** – Sistema de gestão ambiental – requisitos e orientação de uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 45001:2018** – Sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ÁLVAREZ, R. F. Estructura de alto nivel de la ISO y su impacto en las normas de sistemas de gestión. **Éxito Empresarial**, n. 277, p. 1-3, 2014. Disponível em: https://www.cegesti.org/exitoempresarial/publicaciones/publicacion_277_151214_es.pdf. Acesso em: 12 jul. 2024.

AMAJU – Autarquia Municipal de Meio Ambiente de Juazeiro do Norte. **Levantamento sobre fabricantes licenciados de semijoias folheadas no município de Juazeiro do Norte**. Destinatária: Sheilla da Silva Melo Figueirêdo. Juazeiro do Norte, 9 set 2022. E-mail. Disponível em: sheillamel@hotmail.com. Acesso em: 27 out. 2023.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**: 2012. Brasília: ANA, 2012. 266 p. Disponível em: https://biblioteca.ana.gov.br/sophia_web/Acervo/Detalhe/5955. Acesso em: 14 out. 2023.

BARBOSA, F. **Mapa de Localização das Indústrias de Galvanoplastia** - Juazeiro do Norte - CE. Juazeiro do Norte: 2024. 2 mapas, color., 10,35cm x 14,71cm. Escalas 1:100.000 e 1:2000.

BERTOLINO, M. T.; COUTO, M. **Sistemas de Gestão Integrados**: ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2018.

BITTENCOURT, R. P.; NEPOMUCENO, N. S. Análise dos Requisitos Comuns às Normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018. **Res. Soc. Dev.**, v. 11, n. 4, p. 1-11, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27160. Acesso em 13 set. 2024.

CALAZANS, A. A.; LIMA JÚNIOR, F. O'. Evolução da atividade fabril de joalheria, ourivesaria e bijuterias em Juazeiro do Norte: potencialidades, externalidades e importância no período de 2006 a 2015**. Reunião regional da SBPC no Cariri**, SBPC, 2017. Disponível em: http://www.sbpcnet.org.br/livro/cariri/. Acesso em: 1 ago. 2024.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Monitoramento e Gestão dos Aquíferos da Bacia do Araripe** – Relatório Final 2009. Fortaleza: COGERH, 2009, 137p. Disponível em: https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/pdf/coletanea2010/Plano-Monitoramento-Gestao-Aquiferos-Bacia-Araripe.pdf. Acesso em: 2 nov. 2023.

ECCLES, R. G.; IOANNOU, I.; SERAFEIM, G. The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance. **Manag. Sci.,** v. 60, n. 11, p. 2835-2857, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.3386/w17950. Acesso em 17 out. 2023.

FEIL, A. A.; STRASBURG, V. J.; NAIME, R. H. Análise sobre as normas e dos indicadores de sustentabilidade e a sua integração para gestão corporativa. **PG&C**, v. 3, n. 2, p. 21-36, 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/index.php/pgc/article/view/16349. Acesso em: 8 mar. 2024.

FERNANDES, J. L. S.; BUSANELLO, F.; POLACINSKI, E.; GODOY, L. P.; LOSEKANN, A. G.; LORENZETT, D. B. Etapas necessárias para a implantação de um sistema de gestão integrado. **ReA/UFSM**, v. 8, n. 1, p. 60-72, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5902/198346596286. Acesso em: 11 nov. 2023.

FIGUEIRÊDO, S. S. M.; PINTO, L. A.; OLIVEIRA, L. S.; MENEZES, J. M. C.; PAULA FILHO, F. J. Panorama das indústrias galvânicas de Juazeiro do Norte, Ceará: com ênfase nos teores de metais-traço nos efluentes e resíduos sólidos. **Eng. Sanit. Ambient.**, Juazeiro do Norte, v. 26, n. 6, p. 1111–1121, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1413-415220190063. Acesso em: 14 nov. 2023.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Juazeiro do Norte**. Brasília: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/juazeiro-do-norte.html. Acesso em: 10 nov. 2024.

IPECE – Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **PIB das Regiões de Planejamento do Estado do Ceará** – Nº 02 – Agosto/2024. Fortaleza: IPECE, 2024, 50p. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2024/08/pib_regioes_de_planejamento_n02_agosto_2024.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

KEMERICH, P. D. C.; RITTER, L. G.; BORBA, W. F. Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. **Rev. Monogr. Ambient.**, v. 13, n. 4, p. 3718-3722, 2014. Disponível em: http://dx.doi.org/10.5902/2236130814411. Acesso em 19 out. 2023.

KIRCHNER, A.; KAUFMANN, H.; SCHMID, D.; FISCHER, G. **Gestão da qualidade**: Segurança do trabalho e gestão ambiental. Tradução: Ingeborg Sell. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

MANÇÚ, R. J. S.; GOUVEIA, L. B.; CORDEIRO, S. S. B. Modelo de matriz de diagnóstico e avaliação de desempenho de sistemas de gestão integrados (SGI) da qualidade, meio ambiente, segurança e saúde no trabalho. **BJB**, v. 2, n. 2, p. 1090-1114, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.34140/bjbv2n2-019. Acesso em: 4 nov. 2023.

NOGUEIRA, L. S.; PASQUALETTO, A. Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia. **Pontifícia Universidade Católica de Goiás** - Departamento de Engenharia, Goiânia, p. 1-28, 2008.

NOGUEIRA, P. L.; GIACCHETTI, M. C. M. Gestão de competências e sistema de gestão integrado (SGI). *In*: **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente** – ENGEMA, 2015. Disponível em: https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/280.pdf. Acesso em: 11 dez. 2023.

OLIVEIRA, C. L. M.; PAULA FILHO, F. J. P.; MOURA, J. V. B.; FREITAS, D. M. G.; SANTIAGO, M. O. Characterization of Galvanic Sludges Waste Derived of the Metal Plating Industry from Cariri Region, Northeastern of Brazil. **MSF**, v. 930, p. 541- 545, 2018. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.930.541. Acesso em 24 set. 2023.

POLTRONIERI, C. F. **Avaliação do grau de maturidade dos Sistemas de Gestão Integrados (SGI)**. 118 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-02062014-085602/publico/CamilaFabricioPoltronieriDEFINITIVO.pdf. Acesso em: 6 dez. 2023.

POLTRONIERI, C. F.; GEROLAMO, M. C.; CARPINETTI, L. C. R. Um instrumento para a avaliação de sistemas de gestão integrados. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 638-652, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0104-530x1697-14. Acesso em: 6 dez. 2023.

RAUPP, F.; SELIG, P. M.; VIEGAS, C. V. Entre a ciência e a norma: análise comparativa de grupos de indicadores de sustentabilidade. **REBRAE**, v. 4, n. 2, p. 129-139, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.7213/rebrae.v4i2.13646. Acesso em 21 dez. 2023.

REID, J.; ROUT, M. Developing sustainability indicators - The need for radical transparency. **Ecol. Indic.**, v. 110, p. 1-7, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105941. Acesso em 4 dez. 2023.

RIANI, J. C. **Utilização de resinas de troca-iônica em efluentes de galvanoplastia**. 117 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2008. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3133/tde-30092008-151250/es.php. Acesso em: 9 out. 2023.

SANTANA, D.; SEVERINO, J.; VRIES, P.; AMARANTE, M. Sistema de gestão integrado ISO 9001, 14001 e OHSAS 18001**. Pesquisa e Ação**, v. 4, n. 1, 192-208, 2018. Disponível em: https://revistas.brazcubas.edu.br/index.php/pesquisa/article/view/396/495. Acesso em: 27 nov. 2023.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistema de Gestão Ambiental, Implantação Objetiva e Econômica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SERRALHEIRO, A.; MORAIS, G.; SILVA, A. A necessidade de uma norma integradora para sistemas de gestão da qualidade, ambiente e segurança depois do Anexo SL – Estudo de caso de empresas da região centro. **Egitania Sciencia**, v. 1, n. 22, p. 115-127, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.46691/es.v1i22.198. Disponível em: 14 nov. 2023.

SESI - Serviço Social da Indústria. **Manual de Segurança e Saude no Trabalho**. Gerência de Segurança e Saude no Trabalho. São Paulo: SESI, 2007.

SILVA, E. A.; FREIRE, O. B. L.; OLIVEIRA E SILVA, F. Q. P. Indicadores de Sustentabilidade como Instrumentos de Gestão: Uma Análise da GRI, Ethos e ISE. **Rev. Gest. Ambient. Sustentabilidade**, v. 3, n. 2, p. 130-148, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.5585/geas.v3i2.130. Acesso em: 2 dez. 2023.

TOCCHETTO, M. R. L.; BERNARDES, A. M.; NASCIMENTO, L. F. M.; PEREIRA, L. C. Indicadores de impacto como instrumento de gestão ambiental em empresas galvânicas, RS. *In:* **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, n. 16, 2004, Porto Alegre – RS. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/165585/1/2004SP-99-Pereira-15813.pdf. Acesso em: 19 jan. 2024.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s1679-39512004000100002. Acesso em: 13 nov. 2023.

VINHAIS, F. M. M. **Conceção do sistema de gestão de SST segundo a Norma ISO 45001:2018 e sua integração nos sistemas de gestão de Qualidade e Ambiental – ISO 9001:2015 e ISO 14001:2015 na Indústria Arneg Portuguesa** – Enquadramento, Desafios e Especificidades. 168 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Qualidade e Ambiente) – Departamento de Engenharia Química, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/17195. Acesso em: 6 set. 2024.

ZUTSHI, A.; SOHAL, A. S. Integrated management system: The experiences of three Australian organizations, **J. Manuf. Technol. Manag**, v. 16, n. 2, p. 211-232, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1108/17410380510576840. Acesso em: 6 dez. 2023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa corroboram as hipóteses iniciais, demonstrando a importância da identificação e validação de indicadores de sustentabilidade específicos para a indústria com atividade galvânica, especialmente aqueles relacionados ao consumo de água e segurança na produção. Esses indicadores obtiveram 90,6% do consenso para o grau de relevância “5 - muito importante” e foram seguidos pelos indicadores consumo de energia, reúso de água, pagamentos de adicionais previstos em lei ou acordo coletivo, equipamento de proteção coletiva e individual, que atingiram 84,4% do consenso dos especialistas para o grau “muito importante”.

Foi escolhido um total de 39 indicadores de sustentabilidade específicos para a indústria com atividade galvânica. Esses indicadores se mostraram não apenas relevantes para o monitoramento da sustentabilidade do setor, mas também para o atendimento dos requisitos das normas ISO 9001, ISO 14001 e ISO 45001, facilitando a implantação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) e a adoção de práticas de governança ambiental, social e corporativa (ESG).

A pesquisa também revelou que a maioria dos entrevistados, empresários e gestores da indústria com atividade galvânica, reconhece os benefícios da gestão integrada e da utilização de indicadores de sustentabilidade, como a melhoria da eficiência, redução de custos, conformidade legal e fortalecimento da imagem da empresa. No entanto, desafios na implementação e utilização desses indicadores persistem, evidenciando a necessidade de maior apoio e capacitação para o setor.

Para minimizar os impactos ambientais da galvanoplastia, é fundamental que as empresas implantem um SGI, além da adoção de práticas de ESG e de produção mais limpas (P+L). A fiscalização por parte dos órgãos ambientais e o desenvolvimento de novas tecnologias para o tratamento de efluentes e resíduos também são essenciais para garantir a sustentabilidade do setor.

Portanto, esta tese contribui significativamente para o avanço do conhecimento sobre a sustentabilidade na indústria galvânica, fornecendo um conjunto de indicadores validados e específicos para o setor, além de evidenciar a importância da gestão integrada e da adoção de práticas ESG. Os resultados obtidos fornecem uma base sólida para futuras pesquisas e ações que visem impulsionar o desenvolvimento sustentável da indústria com atividade galvânica, com benefícios tanto para o meio ambiente quanto para a economia.

ANEXO I – COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO DE PESQUISA AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP) DO CCS/UFPB

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CCS/UFPB



COMPROVANTE DE ENVIO DO PROJETO

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Proposição de um Sistema de indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001

Pesquisador: SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO

Versão: 2

CAAE: 63118022.4.0000.5188

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

DADOS DO COMPROVANTE

Número do Comprovante: 100702/2022

Patrocionador Principal: Financiamento Próprio

Informamos que o projeto Proposição de um Sistema de indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001 que tem como pesquisador responsável SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO, foi recebido para análise ética no CEP Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba - CCS/UFPB em 09/09/2022 às 11:38.

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

ANEXO II – PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP) DO CCS/UFPB

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CCS/UFPB

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Proposição de um Sistema de indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001

Pesquisador: SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 63118022.4.0000.5188

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.722.746

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um protocolo de pesquisa egresso do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE, do CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA, da UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, da aluna SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIRÊDO, sob orientação da Profª. Dra. Marília Gabriela dos Santos Cavalcanti e co-orientação do professor Dr. Francisco José de Paula Filho.

INTRODUÇÃO

No contexto da sociedade industrial moderna, as sociedades ocidentais construíram e orientaram suas diretrizes a partir de uma lógica capitalista, a qual não considerava o modo como os recursos naturais eram utilizados para a manutenção dos níveis de qualidade de vida, de consumo e de crescimento econômico, como consequência evidenciou-se uma crise ambiental mundial. Nesse sentido, a solidariedade com as gerações futuras, aliada à preocupação com a utilização excessiva e desmedida dos recursos naturais, trouxe a relevância das questões ambientais para o centro das discussões (ARIVUMANI & VIJAYALAXMI, 2017) Por meio de conferências internacionais da Organização das Nações Unidas (ONU) realizadas nos anos de 1972, 1974 e 1982, o conceito de desenvolvimento recebe uma nova dimensão, o meio ambiente. Sendo que, a partir do início da década de 1990, em especial, tem se defendido uma ideia de desenvolvimento sustentável, definido como o processo que “satisfaz as

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB ¿ 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CCS/UFPB



Final na Plataforma Brasil, via Notificação, para fins de apreciação e aprovação por este egrégio Comitê.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1783231.pdf	27/09/2022 14:22:25		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_JRFolheados.pdf	27/09/2022 14:21:34	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_CJFolheados.pdf	27/09/2022 14:21:22	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_Amaju.pdf	27/09/2022 14:20:36	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Carta_de_Anuencia_ALFolheados.pdf	27/09/2022 14:20:15	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_Pesquisa_SHEILLA_FIGUEIREDO.pdf	27/09/2022 11:24:28	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Cronograma	Cronograma_ATUALIZADO.pdf	27/09/2022 10:16:25	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinada.pdf	09/09/2022 11:31:14	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Outros	CERTIDAO_PRODEMA.pdf	09/09/2022 09:18:34	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Autorizacao_para_uso_de_dados.doc	05/09/2022 21:42:44	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Outros	INSTRUMENTAL.pdf	05/09/2022 21:39:50	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	05/09/2022 21:30:56	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	05/09/2022 21:29:58	SHEILLA DA SILVA MELO FIGUEIREDO	Aceito

Situação do Parecer:

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB ¿ 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

Facilitar o processo de implantação de sistemas de gestão com foco na qualidade, meio ambiente e saúde do trabalhador em indústrias galvânicas, promovendo assim o desenvolvimento sustentável do setor.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O presente projeto apresenta coerência científica, mostrando relevância para a academia, haja vista a ampliação do conhecimento, onde se busca, principalmente, propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade para as indústrias galvânicas que atendam aos requisitos de um sistema de gestão integrado com ênfase nas normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001 para o desenvolvimento sustentável.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos de Apresentação Obrigatória, foram anexados tempestivamente.

Recomendações:

RECOMENDAMOS QUE, CASO OCORRA QUALQUER ALTERAÇÃO NO PROJETO (MUDANÇA NO TÍTULO, NA AMOSTRA OU QUALQUER OUTRA), A PESQUISADORA RESPONSÁVEL DEVERÁ SUBMETER EMENDA INFORMANDO TAL(IS) ALTERAÇÃO(ÕES), ANEXANDO OS DOCUMENTOS NECESSÁRIOS.

RECOMENDAMOS TAMBÉM QUE AO TÉRMINO DA PESQUISA A PESQUISADORA RESPONSÁVEL ENCAMINHE AO COMITÊ DE ÉTICA PESQUISA DO CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA, RELATÓRIO FINAL E DOCUMENTO DEVOLUTIVO COMPROVANDO QUE OS DADOS FORAM DIVULGADOS JUNTO À(S) INSTITUIÇÃO(ÕES) ONDE OS MESMOS FORAM COLETADOS, AMBOS EM PDF, VIA PLATAFORMA BRASIL, ATRAVÉS DE NOTIFICAÇÃO, PARA OBTENÇÃO DA CERTIDÃO DEFINITIVA.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

TENDO EM VISTA O CUMPRIMENTO DAS PENDÊNCIAS ELENCADAS NO PARECER ANTERIOR E A NÃO OBSERVÂNCIA DE NENHUM IMPEDIMENTO ÉTICO, SOMOS DE PARECER FAVORÁVEL A EXECUÇÃO DO PRESENTE PROJETO, DA FORMA COMO SE APRESENTA, SALVO MELHOR JUÍZO.

Considerações Finais a critério do CEP:

Certifico que o Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal da Paraíba – CEP/CCS aprovou a execução do referido projeto de pesquisa. Outrossim, informo que a autorização para posterior publicação fica condicionada à submissão do Relatório

Objetivos Secundários:

Elaborar um conjunto de indicadores de sustentabilidade para indústrias galvânicas visando avaliar sua pertinência como elementos que atendam aos requisitos das normas de sistemas de gestão da qualidade, ambiental, e de saúde e segurança ocupacional;

Mensurar as práticas de sustentabilidade utilizadas pelas indústrias galvânicas da região do Cariri Cearense, avaliando os impactos socioambientais e as vantagens da utilização de um Sistema de Gestão Integrada da ISO 9001, ISO 14.001 e ISO 45.001 e de Indicadores de Sustentabilidade como estratégia operacional e mercadológica;

Validar a compreensão por parte do empresariado do setor, sobre a importância da implantação de um Sistema de Gestão Integrado e utilização de indicadores de desenvolvimento sustentável.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Na avaliação dos riscos e benefícios apresentados estão coerentes com a Resolução 466/2012 CNS, item V "Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos em tipos e gradações variadas. Quanto maiores e mais evidentes os riscos, maiores devem ser os cuidados para minimizá-los e a proteção oferecida pelo Sistema CEP/CONEP aos participantes.

No item II.4 - Benefícios da pesquisa - proveito direto ou indireto, imediato ou posterior, auferido pelo participante e/ou sua comunidade em decorrência de sua participação na pesquisa.

Riscos:

Caso o(a) participante se sinta constrangido com algum quesito do instrumental, está completamente à vontade para não respondê-la ou parar a sua participação na pesquisa. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa.

Benefícios:

organismo pelo contato com a pele, ingestão e via respiratória, na forma de poeira, fumo, névoa, neblina, gases e vapores (ROMANO, 2006; PEREIRA, 2017; WAHYUNI, 2019).
Sabendo-se que a categoria sustentabilidade requer prospecção cognitiva qualificada, quer seja pela sua densa construção histórica, como também pelas múltiplas dimensões e manifestações nos mais diversos campos do conhecimento é fundamental a sua compreensão numa perspectiva interdisciplinar (BODNAR, 2016; LEFF, 2000). Para tanto, a pesquisa abordará a temática da gestão nas dimensões social, ambiental e econômica para a criação de indicadores, que por sua vez está relacionada a outras temáticas de maneira interdisciplinar, recursos hídricos, resíduos perigosos, direito ambiental, políticas públicas e segurança e saúde ocupacional.
Os impactos ambientais ocasionados pela atividade da galvanoplastia são potenciais tanto ao meio ambiente como também à saúde do trabalhador. Sendo assim, procura-se responder à seguinte questão norteadora da pesquisa: Quais indicadores devem ser aplicados para o monitoramento do desenvolvimento sustentável de indústrias galvânicas, contemplando os requisitos de um Sistema de Gestão Integrado, com ênfase nas normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001?
A hipótese que norteia o projeto é a possibilidade de construir um conjunto de indicadores que incorporem e integrem as dimensões econômica, ambiental e social, para auxiliar na identificação da situação da indústria galvânica nas dimensões mencionadas, que contribua com os objetivos do desenvolvimento sustentável. Para tal, parte-se da premissa de que a aplicação de um sistema de indicadores permite definir qual é a distância, ou o quanto se caminhou, para a sustentabilidade, além de apontar se estão agindo ou não de modo sustentável.

Objetivo da Pesquisa:
Na avaliação dos objetivos apresentados os mesmos estão coerentes com o propósito do estudo:

Objetivo Primário:

Propor um conjunto de indicadores de sustentabilidade para as indústrias galvânicas que atendam aos requisitos de um sistema de gestão integrado com ênfase nas normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001 para o desenvolvimento sustentável.

necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades" (BRUNDTLAND, 1987). É a partir daí que o conceito de desenvolvimento sustentável passa a ficar conhecido.

Salienta-se que, o foco do desenvolvimento sustentável é muito mais amplo do que apenas o meio ambiente. Trata-se também de garantir uma sociedade forte, saudável e justa.

Isso significa atender às diversas necessidades de todas as pessoas nas comunidades existentes e futuras, promover o bem-estar pessoal, a coesão social e a inclusão e criar igualdade de oportunidades (ARIVUMANI & VIJAYALAXMI, 2017). Sendo assim, faz-se necessário que as pessoas, as organizações e as instituições estejam envolvidas por um objetivo que direcione seus comportamentos para a sustentabilidade.

Na contramão da sustentabilidade estão as práticas do atual modelo de produção e consumo, essa "insustentabilidade" expõe o planeta a graves e irreversíveis riscos, tanto ecológicos como também sociais" (BODNAR et al., 2016). A partir desse entendimento, surge a necessidade de criar alternativas sustentáveis para o setor industrial, sendo a implantação de um Sistema de Gestão, o principal instrumento na conjuntura de desenvolvimento para empresas e indústrias de forma sustentável (TACHIZAWA & POZO, 2010).

O Sistema de Gestão Integrada é a combinação de processos, procedimentos e práticas adotadas por uma organização, para implementar suas políticas e atingir seus objetivos de forma mais eficiente do que por meio de múltiplos sistemas de gestão. Salienta-se que o processo de gestão ainda continua sendo decisivo para alavancar a competitividade das empresas, da abordagem inicial que tinha foco na contabilidade e gestão financeira, passando nas últimas décadas pela gestão da qualidade, gestão ambiental e gestão da segurança e saúde ocupacional (BERTOLINO & COUTO, 2018).

Diante desse contexto, a pesquisa abordará a indústria galvânica, por ser considerada geradora de grandes volumes de resíduos com características tóxicas. O processo de galvanoplastia1 utilizado por estas indústrias é considerado de alto impacto ambiental, pois há a geração de grandes volumes de efluentes líquidos, emissões gasosas e resíduos sólidos contaminados com elevadas concentrações de metais pesados, onde todos os componentes que se emitidos ou descartados tornam–se partes constituintes e partes agressivas da atmosfera e da hidrosfera (TOCHETTO, 2004; LOSITSKA, 2018; OLIVEIRA, 2019).

Somada aos riscos inerentes ao processo galvânico, a atividade é reconhecidamente geradora de doenças ocupacionais, devido à presença de uma diversidade de agentes químicos, que interagem com tecidos humanos, provocando alterações em sua estrutura. Podem penetrar no

CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 5.722.746

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

JOAO PESSOA, 26 de Outubro de 2022

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: Prédio da Reitoria da UFPB ¿ 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

APÊNDICE I – INSTRUMENTO 1

PESQUISA: “**Proposição de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001**”.

A integração dos sistemas de gestão da qualidade (ISO 9.001), ambiental (ISO 14.001) e da segurança do trabalho (ISO 45.001) numa unidade elimina as desvantagens de sistemas de gestão paralelos e fornece as condições para uma organização enxuta, almejando aproveitar sinergias, reduzir custos e dispêndios. Nesse sentido, os indicadores de sustentabilidade são utilizados visando comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, como por exemplo o desenvolvimento sustentável.

Para a obtenção dos indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica será utilizada a técnica *Delphi*, visando obter o maior número possível de respostas e opiniões de grande qualidade, de um grupo de especialistas do setor galvânico, de modo a subsidiar a construção de indicadores de sustentabilidade com ênfase na gestão integrada da qualidade, meio ambiente e da segurança e saúde do trabalhador do referido setor.
A lógica da técnica Delphi é reunir a experiência e conhecimento de especialistas em determinada área do saber, com vista a uma maior compreensão e aproximação do objeto de estudo desta investigação, como também com comodidade.

Neste instrumento estão listados indicadores de sustentabilidade direcionados a indústrias galvânicas, com ênfase na gestão integrada da gestão da qualidade, ambiental e segurança do trabalho.

Pesquisadora responsável: **Sheilla da Silva Melo Figueirêdo - Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB) - CONTATO: (088) 99966-1103 (Whatsapp)**

Orientadora: Dra.

Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti

Co-orientador: Dr. Francisco José de Paula Filho

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Perfil do entrevistado: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ GESTOR DE INDÚSTRIA GALVÂNICA
- ◯ FUNCIONÁRIO DE INDUSTRIA GALVÂNICA
- ◯ FISCAL AMBIENTAL
- ◯ PESQUISADOR

2. Faixa Etária:

Marcar apenas uma oval.

- ◯ DE 18 A 24 ANOS
- ◯ DE 25 A 35 ANOS
- ◯ DE 36 A 50 ANOS
- ◯ A PARTIR DE 51 ANOS

3. Grau de Escolaridade

Marcar apenas uma oval.

- ◯ NÃO FREQÜENTOU A ESCOLA
- ◯ ENSINO FUNDAMENTAL: DE 1ª A 4ª SÉRIE
- ◯ ENSINO FUNDAMENTAL: DE 5ª A 8ª SÉRIE
- ◯ ENSINO MÉDIO (ANTIGO 2º GRAU)
- ◯ ENSINO SUPERIOR
- ◯ ESPECIALIZAÇÃO
- ◯ MESTRADO
- ◯ DOUTORADO
- ◯ PÓS DOUTORADO

INDICADORES - AMBIENTAIS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

4. Consumo de energia

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

5. Consumo de água

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

6. Reuso de água

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

7. Consumo de materiais de embalagem

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

8. Consumo de matéria-prima

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

9. Geração de Resíduos Perigosos - Classe I

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

10. Geração de Lôdo Galvânico

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

11. Geração de Efluentes Líquidos

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

12. Geração de Efluentes Gasosos

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

13. Reciclagem de Resíduos Sólidos

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

14. Reciclagem de Efluente

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

15. Consumo de Combustíveis Fósseis

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

16. Padrões Físico-Químicos dos Efluentes

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

17. Emissões Atmosféricas

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

INDICADORES SOCIAIS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

18. Dias perdidos de trabalho por empregados

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

19. Taxa de incidência específica para doenças de trabalho.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

20. Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

21. Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

22. Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

23. Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

24. Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

25. Equipamento de Proteção Coletiva e Individual

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

26. Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

27. Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

28. Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

29. Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

INDICADORES - ECONÔMICOS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

30. Valor econômico direto gerado: receitas, custos operacionais, remuneração, empregados, doações, outros investimentos na comunidade, lucros acumulados e pagamentos para provedores de capital e governos.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

31. Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática)

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

32. Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

33. Valor da ajuda financeira recebida pelo governo.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

34. Proporção de gastos com fornecedores locais em unidades operacionais importantes.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

35. Proporção de membros da alta gerência recrutados para trabalhar em unidades operacionais importantes.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

36. Valor do investimento em infraestrutura e serviços para benefício público (saúde, educação, segurança e afins).

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

INDICADORES - QUALIDADE (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

37. Eficiência e produtividade

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

38. Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos).

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

39. Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo)

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

40. Serviço ao cliente (nº de reclamações)

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

41. Segurança na produção

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

42. Conclusão dos requisitos dentro do prazo

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

43. Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

AGORA FAÇA A SUA CONTRIBUIÇÃO!

Na sequência, esperamos a sua contribuição como especialista na área, para propor novos indicadores ou alterar os indicadores propostos dentro das dimensões contempladas neste estudo.

44. Proposição ou alteração de indicadores para a Indústria Galvânica.
Ao final, indique também o "grau de importância" que você atribui para cada um dos novos indicadores reestruturados ou propostos.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE II – INSTRUMENTO 2

PESQUISA: **"Proposição de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001".**

- A análise dos dados obtidos na primeira etapa da pesquisa fundamentou a elaboração deste 2º instrumental.

- Os dados referentes ao grau de importância, para cada indicador, foram analisados de forma quantitativa na 1ª etapa da técnica Delphi, sendo o resultado final a obtenção da lista de Indicadores para os quais houve consenso, acima de 75% (% "Muito importante" + % "Importante") entre os participantes desta pesquisa.

- A partir do retorno dos dados da primeira etapa, foi realizada ainda a análise descritiva, incluindo os novos indicadores, para um novo estabelecimento de consenso entre os participantes, utilizando-se os mesmos critérios da primeira etapa.

Pesquisadora responsável: **Sheilla da Silva Melo Figueirêdo - Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB) - CONTATO: (088) 99966-1103 (Whatsapp)**

Orientadora: Dra.
Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti

Co-orientador: Dr. Francisco José de Paula Filho

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Perfil do entrevistado: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ GESTOR DE INDÚSTRIA GALVÂNICA
- ◯ FUNCIONÁRIO DE INDUSTRIA GALVÂNICA
- ◯ FISCAL AMBIENTAL
- ◯ PESQUISADOR

2. E-mail:

INDICADORES - AMBIENTAIS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

3. Consumo de energia

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

4. Consumo de água

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

5. Reuso de água

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

6. Consumo de materiais de embalagem

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

7. Consumo de matéria-prima

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

8. Geração de Resíduos Perigosos - Classe I

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

9. Geração de Lôdo Galvânico

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

10. Geração de Efluentes Líquidos

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

11. Geração de Efluentes Gasosos

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

12. Reciclagem de Resíduos Sólidos

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

13. Reciclagem de Efluente

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

14. Padrões Físico-Químicos dos Efluentes

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

15. Emissões Atmosféricas

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

INDICADORES SOCIAIS - (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

16. Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

17. Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

18. Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido;

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

19. Dias perdidos de trabalho por empregados

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

20. Taxa de incidência específica para doenças de trabalho.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

21. Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

22. Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

23. Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

24. Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

25. Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

26. Equipamento de Proteção Coletiva e Individual

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

27. Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

28. Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

29. Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

30. Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

INDICADORES - ECONÔMICOS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

31. Valor destinado às atividades de P&D.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

32. Valor destinado aos projetos de formação profissional dos empregados.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

33. Valor econômico direto gerado: receitas, custos operacionais, remuneração, empregados, doações, outros investimentos na comunidade, lucros acumulados e pagamentos para provedores de capital e governos.

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

34. Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática)

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

35. Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

36. Proporção de gastos com fornecedores locais em unidades operacionais importantes.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

37. Valor do investimento em infraestrutura e serviços para benefício público (saúde, educação, segurança e afins).

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

INDICADORES - QUALIDADE (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

38. Uso de métodos para acompanhamento dos níveis de qualidade.

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

39. Eficiência e produtividade

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

40. Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos).

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

41. Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo)

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

42. Serviço ao cliente (nº de reclamações)

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável
- ◯ 2 - Não Prioritário
- ◯ 1 - Dispensável

43. Segurança na produção

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

44. Conclusão dos requisitos dentro do prazo

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

45. Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável
- 2 - Não Prioritário
- 1 - Dispensável

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE III – INSTRUMENTO 3

INDICADORES FINAIS: **“Proposição de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001”.**

- A análise dos dados obtidos na etapa anterior da pesquisa fundamentou a elaboração deste 3º instrumental.

- Os dados referentes ao grau de importância, para cada indicador, foram analisados de forma quantitativa na 1ª e 2ª etapa da técnica Delphi, sendo o resultado final a obtenção da lista de Indicadores para os quais houve consenso, acima de 75% (% "Muito importante" + % "Importante") entre os participantes desta pesquisa.

- Esta etapa (FINAL) compreende a **validação dos indicadores** que obtiveram o consenso nas etapas anteriores;

- **Para esta etapa só haverá 3 pontuações: 5 - Muito importante; 4 - Importante e 3 - Desejável, sendo que a avaliação como "desejável" deverá ser justificada.**

Pesquisadora responsável: **Sheilla da Silva Melo Figueirêdo - Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB) - CONTATO: (088) 99966-1103 (Whatsapp)**

Orientadora: Dra.
Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti

Co-orientador: Dr. Francisco José de Paula Filho

* Indica uma pergunta obrigatória

1. Perfil do entrevistado: *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ GESTOR DE INDÚSTRIA GALVÂNICA
- ◯ FUNCIONÁRIO DE INDUSTRIA GALVÂNICA
- ◯ FISCAL AMBIENTAL
- ◯ PESQUISADOR

2. E-mail: *

INDICADORES - AMBIENTAIS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

3. Consumo de energia *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

4. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

5. Consumo de água *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

6. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

7. Reuso de água *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

8. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

9. Consumo de materiais de embalagem *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

10. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

11. Consumo de matéria-prima *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

12. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

13. Geração de Resíduos Perigosos - Classe I *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

14. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

15. Geração de Lôdo Galvânico *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

16. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

17. Geração de Efluentes Líquidos *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

18. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

19. Geração de Efluentes Gasosos *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

20. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

21. Reciclagem de Resíduos Sólidos *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

22. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

23. Reciclagem de Efluente *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

24. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

25. Padrões Físico-Químicos dos Efluentes *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

26. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

27. Emissões Atmosféricas *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

28. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

INDICADORES SOCIAIS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

29. Qualidade do trabalho sob a ótica do trabalhador. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

30. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

31. Pagamentos dos adicionais previstos em lei ou acordo coletivo. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

32. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

33. Adequação do Equipamento de Proteção Individual ao trabalho exercido; *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

34. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

35. Taxa de incidência específica para doenças de trabalho. *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

36. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

37. Taxa de incidência de acidentes de trabalho típicos *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

38. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

39. Nível de exposição a agentes químicos no setor de banho *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

40. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

41. Documentação legal relativa à Saúde e Segurança do Trabalho *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

42. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

43. Atendimento às exigências das Normas Regulamentadoras do Trabalho no que se refere a emergências e riscos de incêndio. *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

44. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

45. Monitoramento de indicadores e taxas referentes a saúde e segurança do trabalho *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

46. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

47. Equipamento de Proteção Coletiva e Individual *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

48. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

49. Treinamentos em saúde e segurança do trabalho com funcionários. *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

50. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

51. Campanhas de sensibilização para o tema e/ou campanhas que visam o bem-estar dos funcionários. *

Marcar apenas uma oval.

- 5 - Muito importante
- 4 - Importante
- 3 - Desejável

52. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

53. Programas para a redução de riscos e promoção de melhorias no ambiente de trabalho. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

54. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

55. Monitoramento do desempenho em saúde e segurança no trabalho de terceiros. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

56. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

INDICADORES - ECONÔMICOS (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

57. Valor destinado às atividades de P&D. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

58. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

59. Valor econômico direto gerado: receitas, custos operacionais, remuneração, empregados, doações, outros investimentos na comunidade, lucros acumulados e pagamentos para provedores de capital e governos. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

60. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

61. Taxa de riscos e oportunidades para as atividades devido a alterações ambientais (climática) *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

62. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

63. Valor e descrição de benefícios pagos aos funcionários. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

64. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

INDICADORES - QUALIDADE (SUSTENTABILIDADE DA INDÚSTRIA GALVÂNICA)

OBS 1: **A ordem de apresentação não segue qualquer hierarquia. Esta etapa da pesquisa tem a finalidade de determinar o grau de importância atribuído por especialistas do setor, bem como, alterar e propor a inserção de novos indicadores não contemplados neste instrumento.**

OBS 2: **Nenhum indicador exclui o outro, você deve expressar a sua opinião para todos os indicadores listados, alterados e propostos.**

OBS 3: **O questionário deverá ser respondido de acordo com a percepção do participante acerca da importância do indicador proposto para a sustentabilidade da indústria galvânica.**

65. Uso de métodos para acompanhamento dos níveis de qualidade. *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

66. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

67. Eficiência e produtividade *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

68. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

69. Impacto (níveis de satisfação do cliente no que diz respeito à qualidade dos produtos vendidos). *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

70. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

71. Eficácia (nº de defeitos do produto ao longo do tempo) *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

72. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

73. Serviço ao cliente (nº de reclamações) *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

74. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

75. Segurança na produção *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

76. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

_____

77. Conclusão dos requisitos dentro do prazo *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

78. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

79. Desempenho do produto / ou serviço / ou equipe *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ 5 - Muito importante
- ◯ 4 - Importante
- ◯ 3 - Desejável

80. Caso tenha marcado a opção 3 Desejável na questão anterior JUSTIFIQUE a sua avaliação.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE IV – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente
PRODEMA/UFPB
Doutorado

PRODEMA
Caixa Postal 5122
João Pessoa – PB
58051-970
Fax/Fone: (083) 3216-7472

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Prezado(a) _____,

Os pesquisadores Sheilla da Silva Melo Figueirêdo e Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti convidam você a participar da pesquisa intitulada "**Proposição de um sistema de indicadores de desenvolvimento sustentável para a indústria galvânica com ênfase na gestão integrada das normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001**". Para tanto você precisará assinar o TCLE que visa assegurar a proteção, a autonomia e o respeito aos participantes de pesquisa em todas as suas dimensões: física, psíquica, moral,intelectual, social, cultural e/ou espiritual – e que a estruturação, o conteúdo e forma de obtenção dele observam as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos preconizadas pela **Resolução 466/2012 e/ou Resolução 510/2016**, do Conselho Nacional de Saúde e Ministério da Saúde.

Sua decisão de participar neste estudo deve ser voluntária e que ela não resultará em nenhum custo ou ônus financeiro para você (ou para o seu empregador, quando for este o caso) e que você não sofrerá nenhum tipo de prejuízo ou punição caso decida não participar desta pesquisa. Todos os dados e informações fornecidos por você serão tratados de forma anônima/sigilosa, não permitindo a sua identificação.

Objetivo da Pesquisa: propor um sistema de indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica que atendam aos requisitos de um sistema de gestão integrado com ênfase nas normas ISO 9.001, ISO 14.001 e ISO 45.001 para o desenvolvimento sustentável.

Descrever a metodologia: Para a obtenção dos indicadores de sustentabilidade para a indústria galvânica será utilizada a técnica *Delphi*, visando obter o maior número possível de respostas e opiniões de grande qualidade, de um grupo de especialistas do setor galvânico de todo o Brasil, de modo a subsidiar a construção de indicadores de sustentabilidade com ênfase na gestão integrada da qualidade, meio ambiente e da segurança e saúde do trabalhador do referido setor. Os instrumentais serão enviados por e-mail a todos os participantes da pesquisa, sendo requisitos para a aplicação da técnica: i) anonimato; ii) feedback das contribuições individuais; iii) construção e apresentação da resposta do grupo como um todo; iv) possibilidade de revisão e alteração das respostas.

Riscos ao(à) Participante da Pesquisa: Caso o(a) participante se sinta constrangido com algum quesito do instrumental, está completamente à vontade para não respondê-la ou parar a sua participação na pesquisa. Os pesquisadores estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento que considere necessário em qualquer etapa da pesquisa**.**
Benefícios ao(à) Participante da Pesquisa: facilitar o processo de implantação de sistemas de gestão com foco na qualidade, meio ambiente e saude do trabalhador em indústrias galvânicas, promovendo assim o desenvolvimento sustentável do setor.

Informação de Contato do Responsável Principal e de Demais Membros da Equipe de Pesquisa

Professora Dr. Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti (Responsável Principal pela Pesquisa)
Prof.ª Dr.ª Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti
Endereço (Setor de Trabalho): Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Departamento de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - Cidade Universitária, CEP: 58059-900 - João Pessoa/ PB, E-mail: marilia.gabi@gmail.com., Tel.: (083) 3216-7763

Endereço e Informações de Contato do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)/CCS/UFPB

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)
Centro de Ciências da Saúde (1º andar) da Universidade Federal da Paraíba
Campus I – Cidade Universitária / CEP: 58.051-900 – João Pessoa-PB
Telefone: +55 (83) 3216-7791
E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br
Horário de Funcionamento: de 07h às 12h e de 13h às 16h.
Homepage: http://www.ccs.ufpb.br/eticaccsufpb

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Ao colocar sua assinatura ao final deste documento, **VOCÊ**, de forma voluntária, na qualidade de **PARTICIPANTE** da pesquisa, expressa o seu **consentimento livre e esclarecido** para participar deste estudo e declara que está suficientemente informado(a), de maneira clara e objetiva, acerca da presente investigação. E receberá uma cópia deste **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE),** assinada pelo(a) Pesquisador(a) Responsável.

Juazeiro do Norte-CE, de de

_____
Assinatura, por extenso, do(a) participante da pesquisa

_____
Assinatura, por extenso, da pesquisadora responsável pela pesquisa

APÊNDICE V – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS INDÚSTRIAS

Indicadores de Sustentabilidade na Gestão Integrada de Indústrias Galvânicas

Relevância da pesquisa: A integração dos sistemas de gestão da qualidade (ISO 9.001), ambiental (ISO 14.001) e da segurança do trabalho (ISO 45.001) numa unidade elimina as desvantagens de sistemas de gestão paralelos e fornece as condições para uma organização enxuta, almejando aproveitar sinergias, reduzir custos e dispêndios. Nesse sentido, **os indicadores de sustentabilidade são utilizados visando comunicar ou informar sobre o progresso em direção a uma determinada meta, como por exemplo o desenvolvimento sustentável.**

Pesquisadora responsável: **Sheilla da Silva Melo Figueirêdo - Doutoranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA (UFPB) - CONTATO: (088) 99966-1103 (Whatsapp)**

Orientadora: Dra. Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti - Docente da Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Segundo orientador: Dr. Francisco José de Paula Filho - Docente da Universidade Federal do Cariri (UFCA)

Instruções para preenchimento do QUESTIONÁRIO:

1. **Leia atentamente cada pergunta:** Certifique-se de entender o que está sendo perguntado antes de responder.
2. **Responda com informações precisas e atualizadas:** Utilize dados e informações confiáveis, referentes ao período solicitado em cada pergunta.
3. **Utilize as unidades de medida solicitadas:** As perguntas podem solicitar respostas em diferentes unidades de medida. Certifique-se de utilizar a unidade correta.
4. **Em caso de dúvidas, consulte a equipe responsável:** Se tiver alguma dúvida sobre o preenchimento do questionário, entre em contato com a PESQUISADORA RESPONSÁVEL.
5. **Confidencialidade das informações:** As informações fornecidas serão tratadas de FORMA CONFIDENCIAL.

Estrutura do Questionário:

O questionário está dividido em seções temáticas, abordando os seguintes aspectos:

- **Indicadores Ambientais**
- **Indicadores Sociais**
- **Indicadores Segurança do Trabalho**
- **Indicadores Econômicos**
- **Indicadores Qualidade**
- **Avaliação da Pesquisa**

Informações Adicionais:

- É importante que o questionário seja preenchido pelo **responsável técnico da empresa.**
- Caso a empresa não possua informações sobre algum indicador, marque a opção "Não sei responder".
- Ao final do questionário, há um espaço para comentários e sugestões. Utilize este espaço para fornecer informações adicionais ou esclarecer algum ponto.

Agradecemos a sua colaboração!

* Indica uma pergunta obrigatória

PERFIL DA EMPRESA

1. Porte da empresa (número de funcionários): *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Micro (até 9)
- ◯ Pequena (10 a 49)
- ◯ Média (50 a 249)
- ◯ Grande (250 ou mais)

2. A empresa possui alguma certificação de responsabilidade social? (Ex: ISO 9001, ISO 14001 ou ISO 45001) *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos certificação(ões)
- ◯ Não possuímos certificação de responsabilidade social.

3. Se sim, quais certificações de responsabilidade social possui?

INDICADORES AMBIENTAIS

Esta seção tem como objetivo coletar informações sobre as práticas e o desempenho ambiental da sua indústria galvânica. As respostas fornecidas serão utilizadas para avaliar o cumprimento da legislação ambiental, identificar oportunidades de melhoria e subsidiar a elaboração de políticas públicas para o setor.

4. Como você avaliaria o consumo de energia na sua indústria em termos de eficiência energética e uso de fontes renováveis, se aplicável? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

5. Qual o consumo médio diário de água da indústria, em metros cúbicos (m³)? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Menos de 10 m³
- ◯ Entre 10 e 50 m³
- ◯ Entre 50 e 100 m³
- ◯ Entre 100 e 500 m³
- ◯ Mais de 500 m³
- ◯ Não sei informar

6. Qual a porcentagem de água utilizada nos processos industriais que é REUTILIZADA após tratamento? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Menos de 25%
- ◯ Entre 25% e 50%
- ◯ Entre 50% e 75%
- ◯ Mais de 75%
- ◯ Não reutilizamos água após tratamento
- ◯ Não sei informar

7. A indústria possui algum programa de redução, reutilização ou reciclagem de materiais de embalagem? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos um programa estruturado e em andamento.
- ◯ Estamos estudando a viabilidade de implementar um programa.
- ◯ Não possuímos um programa específico.
- ◯ Não sei informar

8. A indústria monitora e controla o consumo de matéria-prima para evitar desperdícios? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos um sistema de controle rigoroso.
- ◯ Monitoramos o consumo, mas ainda há espaço para melhorias no controle.
- ◯ Não monitoramos nem controlamos o consumo de matéria-prima.
- ◯ Não sei informar

9. A indústria possui algum programa de substituição de matérias-primas por alternativas mais sustentáveis? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos um programa estruturado e em andamento.
- ◯ Estamos estudando a viabilidade de substituição de algumas matérias-primas.
- ◯ Não possuímos um programa de substituição de matérias-primas.
- ◯ Não sei informar

10. Qual a quantidade média mensal de Resíduos Perigosos - Classe I gerada? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Menos de 100 kg
- ◯ Entre 100 kg e 1 tonelada
- ◯ Entre 1 e 5 toneladas
- ◯ Mais de 5 toneladas
- ◯ Não sei informar

11. A indústria possui um local de armazenamento temporário de Resíduos Perigosos - Classe I licenciado pelo órgão ambiental competente? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não sei informar

12. Como você avalia as medidas adotadas pela indústria para minimizar a geração de Resíduos Perigosos - Classe I? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

13. A indústria realiza algum tipo de tratamento prévio do lodo galvânico antes da destinação final? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos tratamento prévio.
- ◯ Não realizamos tratamento prévio.
- ◯ Não sei informar

14. Qual o destino do lodo galvânico gerado pela indústria? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Aterro industrial licenciado para resíduos perigosos
- ◯ Tratamento para recuperação de metais
- ◯ Coprocessamento em outras indústrias
- ◯ Outro
- ◯ Não sei informar

15. Quão eficaz é o tratamento de efluentes para garantir que os padrões de descarga sejam atendidos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

16. Em que medida está efetivamente reciclando os resíduos sólidos (não perigosos) gerados nos processos,? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

17. Quais os principais combustíveis fósseis utilizados na sua indústria (óleo diesel, gás natural, gasolina, outros)? *

18. A indústria considera a utilização de fontes de energia renováveis como alternativa aos combustíveis fósseis? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, estamos avaliando a viabilidade de utilizar fontes renováveis.
- ◯ Não consideramos a utilização de fontes renováveis no momento.
- ◯ Não sei informar

19. Quão eficazes são as medidas de controle de poluição do ar implementadas pela indústria? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

INDICADORES SOCIAIS

Esta seção tem como objetivo coletar informações sobre as práticas e o desempenho social da sua indústria. As respostas fornecidas serão utilizadas para avaliar o impacto social da empresa na comunidade, identificar oportunidades de melhoria e subsidiar a elaboração de políticas públicas para o setor.

20. Qual a porcentagem de funcionários da empresa que residem na comunidade local? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Menos de 25%
- ◯ Entre 25% e 50%
- ◯ Entre 50% e 75%
- ◯ Mais de 75%
- ◯ Não sei informar

21. A empresa possui canais de comunicação abertos com a comunidade local para ouvir suas demandas e preocupações? Quais? *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Caixa de sugestões física
- ☐ E-mail específico
- ☐ Telefone dedicado
- ☐ Reuniões periódicas com a comunidade
- ☐ Página na internet
- ☐ Redes sociais
- ☐ Não sei informar
- ☐ Outro: _____

22. A empresa investe em projetos sociais na comunidade local? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não sei informar

23. A empresa realiza pesquisas de satisfação com os funcionários para avaliar o clima organizacional e a qualidade de vida no trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não sei informar

24. A empresa possui programas de incentivo à participação dos funcionários em atividades culturais, esportivas e de lazer? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não sei informar

INDICADORES DA SAÚDE E SEGURANÇA DO TRABALHO

Esta seção tem como objetivo coletar informações sobre as práticas e o desempenho da sua indústria galvânica em relação à saúde e segurança do trabalho (SST). As respostas fornecidas serão utilizadas para avaliar o cumprimento da legislação, identificar oportunidades de melhoria e subsidiar a elaboração de políticas públicas para o setor.

25. A empresa possui os seguintes EPCs instalados e em funcionamento, assinale-os: *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Sistema de exaustão e ventilação local para gases, vapores e névoas?
- ☐ Chuveiros e lava-olhos de emergência?
- ☐ Sinalização de segurança (placas, avisos, etc.)?
- ☐ Barreiras de proteção para áreas de risco?
- ☐ Kits de emergência para derramamento de produtos químicos?
- ☐ Outros EPCs específicos para a indústria galvânica?
- ☐ Não sei informar

26. Os EPCs são inspecionados e mantidos regularmente para garantir seu funcionamento adequado? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos inspeções e manutenção periódica.
- ◯ Realizamos inspeções e manutenção esporadicamente.
- ◯ Não realizamos inspeções e manutenção.
- ◯ Não sei informar

27. Assinale os EPIs que a empresa fornece aos trabalhadores do setor galvânico. *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Luvas de proteção química
- ☐ Máscaras respiratórias com filtro adequado para os produtos químicos utilizados
- ☐ Óculos de segurança
- ☐ Avental impermeável
- ☐ Calçado de segurança
- ☐ Protetor auricular
- ☐ Outros EPIs específicos para a indústria galvânica
- ☐ Não sei informar

28. A empresa realiza a análise dos riscos ocupacionais para determinar quais EPIs são necessários para cada função? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos análise de riscos e fornecemos os EPIs necessários.
- ◯ Realizamos análise de riscos, mas nem sempre fornecemos todos os EPIs necessários.
- ◯ Não realizamos análise de riscos.
- ◯ Não sei informar

29. Os funcionários recebem treinamento sobre os riscos à saúde relacionados às substâncias químicas utilizadas e aos processos realizados, como também, o uso correto, guarda e conservação dos EPIs? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, todos os funcionários recebem treinamento adequado.
- ◯ Alguns trabalhadores recebem treinamento, mas não todos.
- ◯ Não realizamos treinamentos específicos para o setor galvânico.
- ◯ Não sei informar

30. Existe um programa de manutenção e substituição de EPIs para garantir sua adequação contínua? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não sei informar

31. A empresa realiza campanhas de sensibilização sobre saúde e segurança no trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos campanhas regulares e abrangentes.
- ◯ Realizamos campanhas esporádicas ou com foco em temas específicos.
- ◯ Não realizamos campanhas de sensibilização.
- ◯ Não sei informar

32. A empresa realiza exames médicos periódicos específicos para os trabalhadores do setor galvânico? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos exames periódicos e específicos.
- ◯ Realizamos exames periódicos, mas não específicos para o setor galvânico.
- ◯ Não realizamos exames médicos periódicos.
- ◯ Não sei informar

33. A empresa possui um sistema de monitoramento da saúde dos trabalhadores do setor galvânico, incluindo o registro de queixas e afastamentos por doenças relacionadas ao trabalho? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos um sistema de monitoramento eficiente.
- ◯ Monitoramos algumas informações, mas não de forma sistemática.
- ◯ Não possuímos um sistema de monitoramento.
- ◯ Não sei informar

34. A empresa investiga todos os acidentes de trabalho ocorridos, buscando identificar as causas e implementar medidas preventivas? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, investigamos todos os acidentes e tomamos medidas preventivas.
- ◯ Investigamos alguns acidentes, mas nem sempre tomamos medidas preventivas.
- ◯ Não investigamos os acidentes de trabalho.
- ◯ Não sei informar

35. A empresa monitora e registra os seguintes indicadores e taxas de saúde e segurança do trabalho: *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Taxa de frequência de acidentes com afastamento?
- [ ] Taxa de gravidade dos acidentes?
- [ ] Taxa de absenteísmo por doenças ocupacionais?
- [ ] Número de acidentes de trajeto?
- [ ] Número de doenças ocupacionais notificadas?
- [ ] Número de CATs (Comunicação de Acidente de Trabalho) emitidas?
- [ ] Não sei informar

36. A empresa possui uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA) ativa e atuante? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos uma CIPA ativa e atuante.
- ◯ Possuímos uma CIPA, mas não é muito atuante.
- ◯ Não possuímos uma CIPA.
- ◯ Não sei informar

37. Os níveis de exposição aos agentes químicos no setor de banho estão dentro dos limites de tolerância estabelecidos pela legislação? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, todos os níveis estão dentro dos limites.
- ◯ A maioria dos níveis está dentro dos limites, mas há algumas exceções.
- ◯ Os níveis de alguns agentes químicos ultrapassam os limites.
- ◯ Não sabemos, pois não realizamos monitoramento.
- ◯ Não sei informar

38. A empresa possui sistema de ventilação adequado no setor de banho para controlar a exposição aos agentes químicos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos um sistema de ventilação eficiente.
- ◯ Possuímos um sistema de ventilação, mas precisa de melhorias.
- ◯ Não possuímos sistema de ventilação adequado.
- ◯ Não sei informar

39. A empresa possui quais documentos obrigatórios em dia e disponíveis para consulta: *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)?
- ☐ Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)?
- ☐ Laudo Técnico das Condições Ambientais do Trabalho (LTCAT)?
- ☐ Perfil Profissiográfico Previdenciário (PPP)?
- ☐ Ordem de Serviço de Segurança e Saúde no Trabalho (OS)?
- ☐ Ficha de EPI (Equipamento de Proteção Individual)?
- ☐ Atestado de Saúde Ocupacional (ASO)?
- ☐ Não sei informar

40. A indústria possui o Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros (AVCB) válido e atualizado? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos o AVCB válido e atualizado.
- ◯ Estamos em processo de obtenção do AVCB.
- ◯ Não possuímos o AVCB.
- ◯ Não sei informar

41. Existem planos de emergência e evacuação claramente definidos e comunicados aos funcionários? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim
- ◯ Não
- ◯ Não sei informar

INDICADORES ECONÔMICOS

Esta seção tem como objetivo coletar informações sobre o desempenho econômico e financeiro da sua indústria. As respostas fornecidas serão utilizadas para analisar a competitividade do setor, identificar gargalos e oportunidades,

42. A empresa destina um valor específico do orçamento para atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, temos um orçamento anual dedicado a P&D.
- ◯ Temos um orçamento para P&D, mas não é anualmente definido.
- ◯ Não temos um orçamento específico para P&D.
- ◯ Não sei informar

43. A empresa possui parcerias com universidades ou centros de pesquisa para o desenvolvimento de projetos de P&D? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, possuímos parcerias ativas.
- ◯ Já tivemos parcerias, mas no momento não possuímos.
- ◯ Não possuímos parcerias com universidades ou centros de pesquisa.
- ◯ Não sei informar

44. Quais são as principais áreas de foco das atividades de P&D da empresa? *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Desenvolvimento de novos produtos/processos
- [ ] Melhoria de produtos/processos existentes
- [ ] Pesquisa de novas tecnologias,
- [ ] Não sei informar

45. A empresa destina um valor específico do orçamento para projetos de formação profissional dos empregados? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, temos um orçamento anual dedicado à formação profissional.
- ◯ Temos um orçamento para formação profissional, mas não é anualmente definido.
- ◯ Não temos um orçamento específico para formação profissional.
- ◯ Não sei informar

46. A empresa identifica e avalia os riscos e oportunidades relacionados às alterações climáticas que podem afetar suas atividades? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos uma avaliação completa e regular dos riscos e oportunidades climáticas.
- ◯ Realizamos uma avaliação parcial ou esporádica dos riscos e oportunidades climáticas.
- ◯ Não realizamos nenhuma avaliação dos riscos e oportunidades climáticas.
- ◯ Não sei informar

47. Quais os principais riscos climáticos identificados pela empresa? *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Aumento da temperatura
- [ ] Eventos climáticos extremos (secas, inundações, tempestades)
- [ ] Escassez de água
- [ ] Não sei informar

48. A empresa oferece benefícios aos seus funcionários além do salário? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, oferecemos diversos benefícios.
- ◯ Oferecemos alguns benefícios básicos.
- ◯ Não oferecemos benefícios além do salário.
- ◯ Não sei informar

49. Quais os benefícios oferecidos pela empresa? Assinale-os. *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] vale-alimentação/refeição
- [ ] vale-transporte
- [ ] plano de saúde
- [ ] plano odontológico
- [ ] seguro de vida
- [ ] previdência privada
- [ ] auxílio creche
- [ ] participação nos lucros e resultados
- [ ] bônus por desempenho
- [ ] Não sei informar
- [ ] Outro: _____

INDICADORES DA QUALIDADE

Esta seção tem como objetivo coletar informações sobre as práticas e o desempenho da sua indústria galvânica em relação à qualidade dos produtos e serviços. As respostas fornecidas serão utilizadas para avaliar a conformidade com padrões e normas,

50. A empresa mede a satisfação do cliente em relação à qualidade dos produtos vendidos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, realizamos pesquisas de satisfação regularmente.
- ◯ Realizamos pesquisas de satisfação esporadicamente.
- ◯ Não realizamos pesquisas de satisfação.
- ◯ Não sei informar

51. Como a indústria avalia o nível de satisfação dos clientes em relação à qualidade dos produtos vendidos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

52. A empresa utiliza os resultados das pesquisas de satisfação para identificar oportunidades de melhoria na qualidade dos produtos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, utilizamos os resultados para implementar melhorias contínuas.
- ◯ Utilizamos os resultados, mas nem sempre conseguimos implementar melhorias.
- ◯ Não utilizamos os resultados das pesquisas para melhoria da qualidade.
- ◯ Não sei informar

53. Quão eficientes são os processos de produção na indústria? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

54. Existem iniciativas para melhorar a eficiência e produtividade dos processos? * Quais? Assinale-as.

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Mapeamento e análise de processos: Realizamos o mapeamento e análise dos processos para identificar gargalos, desperdícios e oportunidades de melhoria.
- ☐ Implementação de ferramentas de gestão Lean: Utilizamos ferramentas como 5S, Kaizen, Kanban e Mapeamento do Fluxo de Valor para otimizar os processos e reduzir o desperdício.
- ☐ Automação de processos: Implementamos sistemas e tecnologias para automatizar tarefas repetitivas e manuais, liberando os funcionários para atividades de maior valor agregado.
- ☐ Treinamento e capacitação dos funcionários: Investimos em treinamento e desenvolvimento dos funcionários para que eles possam desempenhar suas funções com mais eficiência e qualidade.
- ☐ Melhoria contínua: Adotamos uma cultura de melhoria contínua, incentivando os funcionários a identificar e propor soluções para problemas e oportunidades de melhoria.
- ☐ Benchmarking: Realizamos benchmarking com outras empresas do setor para identificar boas práticas e implementar soluções inovadoras.
- ☐ Não possuímos iniciativas nesse sentido: Ainda não implementamos iniciativas específicas para melhorar a eficiência e produtividade, mas estamos abertos a sugestões e buscamos formas de aprimorar nossos processos.
- ☐ Não sei informar

55. Como você avaliaria o desempenho geral dos produtos/serviços/equipe em termos de qualidade, eficiência e inovação? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

56. Como você avaliaria o comprometimento da equipe em alcançar altos padrões de desempenho? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

57. Quão eficaz é a indústria em concluir os requisitos dentro dos prazos estabelecidos? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Excelente
- ◯ Satisfaz bastante
- ◯ Satisfaz
- ◯ Satisfaz pouco
- ◯ Não satisfaz
- ◯ Não sei informar

58. A empresa monitora e registra o número de reclamações de clientes? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, monitoramos e registramos todas as reclamações de forma sistemática.
- ◯ Monitoramos algumas reclamações, mas não todas.
- ◯ Não monitoramos nem registramos as reclamações.
- ◯ Não sei informar

59. Quais os principais motivos das reclamações dos clientes? Assinale-os. *

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Qualidade do produto
- ☐ Prazo de entrega
- ☐ Atendimento
- ☐ Preço
- ☐ Não sei informar
- ☐ Outro: _____

60. A empresa utiliza as reclamações como oportunidade de melhoria e feedback para aprimorar seus produtos e serviços? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, as reclamações são vistas como oportunidades de melhoria.
- ◯ As reclamações são registradas, mas nem sempre são utilizadas para melhorias.
- ◯ Não utilizamos as reclamações como feedback para melhorias.
- ◯ Não sei informar

AVALIAÇÃO DA IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DO SGI POR INDÚSTRIAS GALVÂNICAS.

61. **Você considera que a utilização de indicadores de sustentabilidade pode auxiliar na tomada de decisões estratégicas e na melhoria do desempenho da empresa?** *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Muito Importante
- ◯ Importante
- ◯ Desejável
- ◯ Não Prioritário
- ◯ Dispensável

62. Sua empresa utiliza indicadores de sustentabilidade para monitorar seu desempenho ambiental e social? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, utilizamos diversos indicadores de sustentabilidade para monitorar nosso desempenho.
- ◯ Ainda não utilizamos indicadores de sustentabilidade, mas estamos estudando a possibilidade de implementá-los. Reconhecemos a importância de monitorar nosso desempenho, mas ainda estamos avaliando as melhores opções de indicadores e ferramentas de gestão.
- ◯ Não utilizamos indicadores de sustentabilidade em nossa empresa. No momento, não consideramos a utilização de indicadores como uma prioridade para nossa gestão.

63. Se sim, quais indicadores são utilizados e como eles são medidos? Assinale-os.

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Consumo de água: Medimos o volume de água utilizado em nossos processos, buscando identificar oportunidades de redução e reúso.
- [ ] Consumo de energia: Monitoramos o consumo de energia elétrica e de outras fontes, buscando eficiência energética e o uso de fontes renováveis.
- [ ] Geração de resíduos: Quantificamos e classificamos os resíduos gerados, buscando reduzir a geração, aumentar a reciclagem e garantir o descarte adequado.
- [ ] Emissões atmosféricas: Monitoramos as emissões de gases do efeito estufa e outros poluentes, buscando reduzir nosso impacto ambiental.
- [ ] Segurança do trabalho: Acompanhamos o número de acidentes e incidentes, implementando medidas preventivas e promovendo a saúde e segurança dos colaboradores.

64. Você acredita que a implementação de um SGI pode contribuir para a melhoria da eficiência, redução de custos, conformidade legal e fortalecimento da imagem da empresa? *

Marcar apenas uma oval.

- ◯ Sim, acredito que a implementação de um SGI pode trazer benefícios significativos em todas essas áreas.
- ◯ Sim, já observamos melhorias em nossa empresa após a implementação do SGI.
- ◯ Sim, mas acredito que os resultados dependem do comprometimento da alta direção e de todos os colaboradores.
- ◯ Acredito que o SGI pode trazer benefícios, mas ainda não temos dados suficientes para comprovar sua efetividade em nossa empresa.
- ◯ A implementação de um SGI pode ser complexa e demandar investimentos, mas acredito que os benefícios a longo prazo podem compensar os custos iniciais.
- ◯ Não acredito que a implementação de um SGI seja necessária para nossa empresa.
- ◯ A implementação de um SGI pode gerar burocracia e dificultar a agilidade da empresa.
- ◯ O SGI pode ser útil para grandes empresas, mas não vejo benefícios para pequenas empresas como a nossa.

65. Em sua opinião, quais são os principais benefícios da implementação de um Sistema de Gestão Integrado (SGI) que englobe as normas ISO 9001 (gestão da qualidade), 14001 (gestão ambiental) e 45001 (gestão da saude e segurança do trabalho) em uma indústria galvânica? Assinale-os. *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Melhoria da organização e padronização dos processos
- [ ] Otimização do uso de recursos
- [ ] Facilidade na tomada de decisões
- [ ] Melhoria contínua
- [ ] Atendimento aos requisitos legais
- [ ] Redução de riscos e acidentes
- [ ] Gerenciamento de não conformidades
- [ ] Melhoria da imagem da empresa
- [ ] Acesso a novos mercados
- [ ] Atração de investimentos
- [ ] Aumento da motivação e engajamento dos colaboradores
- [ ] Desenvolvimento de competências
- [ ] Não sei responder

66. Na sua opinião, quais seriam os principais desafios enfrentados na implementação e manutenção de um SGI em uma indústria galvânica? Assinale-os. *

Marque todas que se aplicam.

- [ ] Resistência à mudança
- [ ] Falta de recursos financeiros
- [ ] Falta de pessoal qualificado
- [ ] Complexidade das normas ISO 9001, 14001 e 45001
- [ ] A integração dos sistemas pode ser um desafio
- [ ] Manutenção da certificação
- [ ] Falta de comprometimento da alta direção
- [ ] Dificuldade em medir resultados
- [ ] Variabilidade dos processos o que dificulta a padronização e o controle de processos

67. Sua empresa já possui um SGI implementado? Se não, existem planos para implementá-lo? *

68. Comentários e sugestões

AGRADECIMENTOS AOS EMPRESÁRIOS E GESTORES DE INDÚSTRIAS GALVÂNICAS

Em nome da equipe de pesquisa, gostaríamos de expressar nossa sincera gratidão a todos os empresários e gestores da indústria galvânica de Juazeiro do Norte que dedicaram seu tempo e conhecimento para participar desta pesquisa sobre indicadores de sustentabilidade.

Sua colaboração foi fundamental para o sucesso deste estudo, fornecendo informações valiosas sobre as práticas e desafios da sustentabilidade no setor galvânico local. As respostas e insights compartilhados por vocês serão de grande importância para o desenvolvimento de estratégias e ferramentas que promovam um futuro mais sustentável para a indústria e para toda a comunidade.

Acreditamos que a sustentabilidade é um caminho que devemos trilhar juntos, e a participação de cada um de vocês demonstra o compromisso do setor galvânico de Juazeiro do Norte com essa causa. Agradecemos por fazerem parte desta jornada conosco.

Esperamos que os resultados desta pesquisa possam contribuir para a construção de um futuro mais próspero e sustentável para todos.

Muito obrigada!

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

APÊNDICE VI – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO (CAPÍTULO I)

Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (2024): 11(28): 677-703.
ISSN 2359-1412
https://doi.org/10.21438/rbgas(2024)112810

Saúde do trabalhador na indústria galvânica: uma revisão integrativa da identificação dos riscos e medidas de controle

Sheilla da Silva Melo Figueirêdo[1,*], José Gonçalves de Araújo Filho[2], Thiago José Matos Rocha[3], Francisco José de Paula Filho[4] e Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti[1,5]

[1]Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. *Campus* I. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-970). *E-mail: sheilla.melo@gmail.com.
[2]Universidade Regional do Cariri. Centro de Ciências e Tecnologia. Departamento de Engenharia de Produção. Av. Leão Sampaio, 107. Lagoa Seca. Juazeiro do Norte-CE, Brasil (CEP 63041-145).
[3]Universidade Estadual de Ciências da Saúde de Alagoas. Curso de Medicina. Maceió-AL, Brasil (CEP 57010-382).
[4]Universidade Federal do Cariri. *Campus* Juazeiro do Norte. Avenida Tenente Raimundo Rocha, S/Nº. Cidade Universitária, Juazeiro do Norte-CE, Brasil (CEP 63048-080).
[5]Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências da Saúde. Departamento de Fisiologia e Patologia. *Campus* I. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-970).

Resumo. A indústria galvânica desempenha um importante papel em diversos setores da economia, mas apresenta riscos significativos à saúde e segurança dos trabalhadores. Este artigo de revisão integrativa aborda os principais riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes presentes nesse setor, com base em estudos científicos e diretrizes nacionais e internacionais. A exposição a substâncias químicas tóxicas, como metais pesados e ácidos, ruído excessivo, vibrações, calor, posturas inadequadas e movimentos repetitivos, são alguns dos desafios enfrentados pelos trabalhadores. O artigo destaca a importância da análise de risco, do monitoramento da exposição, do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), da implementação de medidas de controle de engenharia e da conscientização dos trabalhadores para a prevenção de doenças e acidentes. Além disso, enfatiza a necessidade de pesquisas futuras para aprofundar o conhecimento sobre os riscos emergentes e desenvolver soluções mais eficazes para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores do processo galvânico.

Palavras-chave: Saúde ocupacional; Segurança ocupacional; Riscos ocupacionais; Galvanoplastia.

Recebido
03/07/2024

Aceito
20/08/2024

Publicado
31/08/2024

Acesso aberto

ISSN 2359-1412/RBGAS-2024-0089/2024/11/28/10/677

Abstract. ***Worker health in the galvanic industry: An integrative review of risk identification and control measures.*** The galvanic industry plays an important role in several sectors of the economy, but presents significant risks to the health and safety of workers. This integrative review article addresses the main chemical, physical, ergonomic and accident risks present in this sector, based on scientific studies and national and international guidelines. Exposure to toxic chemical substances, such as heavy metals and acids, excessive noise, vibrations, heat, inadequate postures and repetitive movements, are some of the challenges faced by workers. The article highlights the importance of risk analysis, exposure monitoring, the use of personal protective equipment (PPE), the implementation of engineering control measures and the awareness of workers to prevent illnesses and accidents. Furthermore, it emphasizes the need for future research to deepen knowledge about emerging risks and develop more effective solutions to protect the health and safety of galvanic process workers.

Keywords: Occupational health; Occupational safety; Occupational hazards; Electroplating.

ORCID
0000-0002-7397-4207 Sheilla da Silva Melo Figueirêdo
0000-0002-8192-0284 José Gonçalves de Araújo Filho
0000-0001-5153-6583 Thiago José Matos Rocha
0000-0002-6253-461X Francisco José de Paula Filho
0000-0003-0131-0097 Marilia Gabriela dos Santos Cavalcanti

Introdução

A galvanoplastia é uma técnica de revestimento de superfícies metálicas amplamente utilizada na indústria brasileira (Giurlani et al., 2018). Ela desempenha um papel crucial nos setores automotivo e eletroeletrônico na produção de uma variedade de produtos, desde semijoias folheadas até componentes eletrônicos (SESI, 2007).

No entanto, o processo de galvanoplastia incorpora uma gama de riscos ocupacionais com potencial de danos sérios à saúde e à segurança dos trabalhadores dos setores onde é praticado (Tsao et al., 2018; Muller et al., 2020; Setyaningsih et al., 2021; Su et al., 2022).

Em geral, os ambienteslaborais na galvanoplastia apresentam desafios complexos para a higiene ocupacional toxicologia, ergonomia e áreas afins. A galvanização envolve o uso de substâncias químicas perigosas, como metais pesados e ácidos, e operações que apresentam riscos ocupacionais significativos, como exposição a ruído e vibrações (Silva e Neves, 2019). Além disso, condições ergonômicas desfavoráveis, como posturas inadequadas e movimentos repetitivos, contribuem para um cenário preocupante para o bem-estar e a qualidade de vida dos trabalhadores (FUNDACENTRO, 2010).

A intoxicação potencial por metais pesados pela via cutânea ou tegumentar é uma das principais preocupaçõesdos trabalhadores nas indústrias galvânicas. A exposição habitual a ambientes próprios do processo galvânico contendo névoas ácidas, gases e poeiras oriundos do níquel, cromo, cádmio e chumbo, podemcausardermatoses, úlceras, irritação nas vias respiratórias, bronquite, asma, pneumoconiose, câncer, danos renais e neurológicos, entre outros (Goyer e Clarkson, 2001).

Já os constrangimentos posturais, movimentos repetitivos, levantamento e transporte de peso, podem levar a dores musculares, lesões por esforços repetitivos (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), com consequências para os trabalhadores como afastamentos (temporários ou permanentes), incapacidade e invalidez (Gemma et al., 2021).

Por outro lado, as empresas também são atingidas com custos diretos substanciais, a partir das despesas médicas e indenizações, além de custos indiretos, como perda de produtividade, queda na qualidade dos produtos e danos à imagem da empresajunto aos clientes, aos fornecedores e à sociedade em geral. A ausência de trabalhadores experientes devido a acidentes ou doenças e a necessidade de treinamento de novos funcionários podem comprometer a eficiência e a qualidade da produção (Goyer e Clarkson, 2001).

Diante desse cenário preocupante, é fundamental que a indústria galvânica adote medidas efetivas para prevenir e controlar os riscos ocupacionais. Investir em saúde e segurança no trabalho não é apenas uma obrigação legal, mas também uma estratégia inteligente duradoura para proteger os trabalhadores, garantir a produtividade e a sustentabilidade das empresas em longo prazo.

Este artigo traz umasíntese de conhecimentos e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos sobre os principais riscos à saúde e segurança presentes no processo galvânico, destacando os desafios e as medidas para a promoção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. Na abordagem é dado destaque aos riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes mais comuns no processo, ressaltando seus impactos na saúde dos trabalhadores e as medidas de prevenção e controle que podem ser adotadas para mitigar esses riscos.

Materiais e métodos

Trata-se de um estudo de revisão sobre os principais riscos à saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica e as soluções já experimentadas e contempladas na ampla literatura científica sobre o tema., em especial em pesquisas científicas e diretrizes internacionais, como as da Organização Internacional do Trabalho (OIT), Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTO) e padrões normativos incorporados às normas regulamentadoras brasileiras (NR), editadas pelo Ministério do Trabalho (Brasil, 2021, 2022a,b,c).

O estudo bibliográfico compreendeu as seguintes etapas: formulação do problema e escolha do tema a ser investigado, elaboração do plano de trabalho, formulação dos objetivos, identificação, localização e obtenção de fontes que forneçam os dados adequados à pesquisa desejada, leitura do material obtido, análise e interpretação lógica dos dados e redação final do texto (Marconi e Lakatos, 2017; Gil, 2017; Severino, 2015).

Foram realizadas buscas nas bases de dados científicas PubMed, SciELO e *Google Scholar*, utilizando as palavras-chave, em português e inglês, “saúde do trabalhador”, “segurança do trabalho”, “indústria galvânica”, “riscos ocupacionais” e “galvanoplastia”. Para tanto, utilizou-se a combinação desses termos, utilizando os operadores booleanos “AND” e “OR”, para ampliar as buscas, garantindo o encontro de artigos que contivessem todos os termos da pesquisa, como “saúde do trabalhador” OR “segurança do trabalho” AND “indústria galvânica” OR “galvanoplastia” AND “riscos ocupacionais”.

A busca bibliográfica não restringiu o ano de publicação dos artigos, abrangendo estudos em português e inglês sem delimitação temporal. Não houve restrição por país de origem dos estudos, englobando pesquisas nacionais e internacionais.

A análise dos dados foi realizada de forma descritiva, buscando identificar os principais riscos à saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica e as soluções propostas pela literatura científica. Os dados extraídos dos artigos selecionados foram sintetizados e agrupados por categorias de risco (químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes), buscando identificar padrões, tendências e lacunas no conhecimento.

Os critérios de exclusão adotados foram (1) os artigos que não estivessem relacionados à indústria galvânica, e (2) artigos duplicados.

Foram incluídos artigos originais, revisões da literatura e estudos de caso que abordassem os riscos à saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica. A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Na primeira, os títulos e resumos foram avaliados para verificar a relevância para a questão de pesquisa. Na segunda, os artigos selecionados na primeira etapa foram lidos na íntegra para confirmar a elegibilidade.

A análise e a síntese dos dados extraídos dos artigos selecionados foram realizadas de forma descritiva, buscando identificar os principais riscos ocupacionais na indústria galvânica, seus impactos na saúde dos trabalhadores e as medidas de prevenção e controle propostas pela literatura científica, assim como, foram ainda observadas o que diz nas normas técnicas brasileiras e internacionais. Essa abordagem permitiu aos autores apresentar um panorama abrangente dos desafios e soluções relacionados à saúde e segurança no trabalho nesse setor.

Resultados e discussão

A revisão integrativa dos estudos sobre os riscos ocupacionais em trabalhadores de indústrias galvânicas revela um foco significativo nos riscos químicos associados ao processo de galvanoplastia, com um destaque especial para a exposição ao cromo e ao níquel. Os estudos analisados foram realizados em diversos países, incluindo Brasil, China, Reino Unido, Indonésia, Taiwan e Índia, proporcionando uma visão abrangente e internacional sobre o tema. A Tabela 1 destaca os principais estudos sobre os riscos ocupacionais na galvanoplastia.

Tabela 1. Principais estudos sobre os riscos ocupacionais na galvanoplastia.

Título	Autoria	Local	Objetivo	Conclusão
Exposição de trabalhadores a aerossol contendo níquel em duas oficinas de galvanoplastia: comparação entre aerossol inalável e total	Tsai et al. (1996)	China	Investigar os níveis de exposição pessoal a aerossóis inaláveis contendo níquel e o impacto da introdução de nova instrumentação de amostragem pessoal com desempenho consistente com os critérios mais recentes propostos pela International Standards Organisation, o Comité Européen Normalisation e a American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	Os resultados da análise de especiação em algumas amostras mostraram que as formas solúveis em água do níquel eram predominantes, mas que a proporção de níquel solúvel variou significativamente entre as duas lojas. Os resultados de experimentos como os descritos aqui são importantes à medida que a comunidade internacional de higiene industrial avança em direção a novos padrões de aerossol com base na fração inalável (conforme definido no último livreto de valores-limite do ACGIH).

Tabela 1. Continuação.

Título	Autoria	Local	Objetivo	Conclusão
Asma ocupacional devido à galvanoplastia de cromo e níquel.	Bright et al. (1997)	Reino Unido	Caracterizar a asma ocupacional devido à galvanoplastia de cromo e níquel em pacientes encaminhados a uma clínica especializada em doenças pulmonares ocupacionais	O cromo usado na galvanoplastia é uma causa potencial de asma ocupacional. A sensibilidade ao cromo em galvanoplastias pode ocorrer em situações em que os níveis de exposição provavelmente estão dentro dos padrões de exposição atuais. Pode haver reatividade cruzada com níquel. O desafio por inalação com solução nebulizada de dicromato de potássio é útil para fazer o diagnóstico específico quando há dúvida.
Lesões do septo nasal e função pulmonar em trabalhadores expostos ao ácido crômico em fábricas de galvanoplastia	Kuo et al. (1997)	Taiwan	Comparar trabalhadores de fábricas de galvanoplastia de cromo, níquel-cromo e zinco com relação a lesões do septo nasal e função pulmonar	Os resultados mostraram que a saúde dos trabalhadores está sendo severamente prejudicada pelo ambiente prejudicial das fábricas de galvanoplastia de cromo, os autores desejam sugerir que melhorias no local de trabalho são vitalmente necessárias para garantir a segurança dos trabalhadores.
Exposição ocupacional crônica ao hexavalente o cromo causa danos ao DNA em trabalhadores de galvanoplastia	Zhang et al. (2011)	China	Investigar se a exposição ao cromo hexavalente de baixo nível (Cr(VI)) pode causar danos ao DNA em trabalhadores de galvanoplastia	As descobertas deste estudo indicaram que houve exposição detectável ao cromo na galvanoplastia em trabalhadores. A exposição ocupacional de baixo nível ao cromo induziu danos ao DNA.

Tabela 1. Continuação.

Título	Autoria	Local	Objetivo	Conclusão
Efeitos na saúde ocupacional devido à exposição ao níquel e ao cromo em trabalhadores de galvanoplastia	Jeyamala et al. (2012)	Índia	Determinar alterações hematológicas no sangue e no cabelo em trabalhadores de galvanoplastia	Os achados neste estudo indicaram que houve exposição detectável ao Cr e Ni em trabalhadores de galvanoplastia. A exposição ocupacional de baixo nível ao Cr e Ni induziu maior sedimentação de eritrócitos e aumentou a porcentagem de eosinófilos em trabalhadores.
Características da função pulmonar diminuída e sintomas clínicos em trabalhadores de galvanoplastia de níquel	Tsao et al. (2018)	Taiwan	Investigar problemas de saúde, especialmente de função pulmonar, entre trabalhadores galvanizados expostos ao níquel	Os expostos ao níquel apresentaram níveis de níquel na urina significativamente mais elevados, com mais sintomas na pele e nas vias aéreas, bem como função pulmonar prejudicada. Foi observada uma relação dose-resposta entre a diminuição da função pulmonar e o estado de exposição ao níquel.
Avaliação de risco ocupacional da exposição a metais em trabalhadores de cromagem	Muller et al. (2020)	Brasil	Avaliar o risco ocupacional de exposição a metais em trabalhadores de cromagem	A exposição a xenobióticos presentes no ambiente ocupacional na indústria de cromagem pode desempenhar um papel crucial em relação à inflamação, danos genéticos e oxidativos.

Tabela 1. Continuação.

Título	Autoria	Local	Objetivo	Conclusão
O estado da função renal de trabalhadores de galvanização de metais expostos ao cromo VI	Setyaningsih et al. (2021)	Indonésia	Esta pesquisa analisou a relação entre exposição ao cromo, idade, tempo de emprego e estado nutricional com a função renal de galvanoplastia de metais	Este estudo não encontrou relação entre idade e níveis de cromo na urina e função renal. No entanto, o tempo de emprego e o estado nutricional foram considerados significativamente relacionados à função renal. Embora a exposição ao cromo não pareça significativamente associada à função renal, os níveis médios de cromo na urina de galvanoplastias de metal excederam os valores limite.
Aplicação de múltiplos modelos de avaliação de risco à saúde ocupacional na predição de risco à saúde ocupacional do tricloroetileno nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica	Su et al. (2022)	China	Este estudo avaliou os riscos de saúde ocupacional da exposição do grupo de trabalho ao tricloroetileno (TCE) nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica na China	A maioria dos grupos de trabalho expostos ao TCE nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica na China estão em alto risco. Os grupos de limpeza podem ter um risco maior de exposição ao TCE. O método do índice de exposição chinês e o método do índice de síntese são mais práticos do que os outros métodos.

Os estudos fornecem uma melhor compreensão dos riscos associados à exposição ocupacional em indústrias de galvanoplastia, destacando a necessidade de medidas de segurança aprimoradas, monitoramento contínuo da saúde dos trabalhadores e a aplicação de metodologias eficazes para avaliar e mitigar os riscos.

Su et al. (2022) avaliaram os riscos de saúde ocupacional da exposição ao tricloroetileno (TCE) nas indústrias de galvanoplastia e eletrônica na China. O TCE, solvente utilizado na limpeza e desengorduramento de peças, mostrou-se presente em concentrações alarmantes no ambiente de trabalho, ultrapassando os limites de segurança estabelecidos, que submete os trabalhadores a alto risco. Os autores evidenciaram que a

maioria dos grupos de trabalho analisados estava exposta a concentrações de TCE acima do permitido, com destaque para os grupos de limpeza, que apresentaram 100% de seus integrantes expostos a níveis inseguros do solvente. Essa situação crítica aumenta o risco de diversos problemas de saúde, como danos ao fígado, rins e sistema nervoso central, além de elevar significativamente a probabilidade de desenvolvimento de câncer.

Este estudo de Su et al. (2022) complementa os achados de Muller et al. (2020), que avaliaram o risco ocupacional da exposição a metais em trabalhadores de cromagem e identificaram a inflamação e danos genéticos como efeitos adversos significativos da exposição a xenobióticos presentes no ambiente ocupacional.

Estudos clínicos focados nos efeitos respiratórios, como os de Bright et al. (1997) e Tsao et al. (2018), caracterizaram a asma ocupacional devido à exposição ao cromo e níquel e investigaram problemas de saúde pulmonar entre trabalhadores expostos ao níquel, respectivamente. Bright et al. (1997) constataram que o cromo é uma causa potencial de asma ocupacional, com possível reatividade cruzada com o níquel, enquanto Tsao et al. (2018) observaram que trabalhadores expostos ao níquel apresentaram níveis elevados desse metal na urina, correlacionados com sintomas pulmonares e cutâneos.

Corroborando a gravidade da exposição química, Setyaningsih et al. (2021) revelaram que o tempo de emprego em atividades de galvanoplastia está significativamente relacionado à função renal. Isso significa que, quanto maior o tempo de exposição aos agentes químicos, como o cromo, maior o risco de desenvolver disfunção renal. Essa relação se dá pela acumulação progressiva de toxinas nos rins, levando a danos crônicos. O cromo hexavalente, por exemplo, pode causar inflamação e lesão celular nos rins, sobrecarregando os mecanismos de defesa do órgão e resultando em danos permanentes.

Outro ponto destacado por Setyaningsih et al. (2021) é a influência do estado nutricional na função renal dos trabalhadores. Tanto a desnutrição quanto a obesidade podem comprometer a saúde dos rins. A desnutrição prejudica a capacidade de filtração e eliminação de toxinas, enquanto a obesidade aumenta a demanda sobre os rins e está associada a um estado inflamatório crônico, fator de risco para doenças renais.

Embora esse estudo não tenha encontrado uma relação direta entre os níveis de cromo na urina e a função renal, os níveis médios de cromo na urina dos trabalhadores excederam os valores limite, complementando os achados de Zhang et al. (2011), que investigaram os danos ao DNA causados pela exposição crônica ao cromo hexavalente e confirmaram que mesmo exposições de baixo nível podem induzir danos genéticos.

Tsai et al. (1996) investigaram os níveis de exposição pessoal a aerossóis inaláveis contendo níquel, destacando a importância de métodos de amostragem consistentes com critérios internacionais. Já Kuo et al. (1997) compararam os trabalhadores expostos ao cromo, níquel-cromo e zinco em relação a lesões do septo nasal e função pulmonar, concluindo que a saúde dos trabalhadores está sendo severamente prejudicada pelo ambiente das fábricas de galvanoplastia.

Jeyamala et al. (2012), ao estudarem os efeitos na saúde ocupacional devido à exposição ao níquel e ao cromo, identificou alterações hematológicas, como maior sedimentação de eritrócitos e aumento da porcentagem de eosinófilos, corroborando a importância de monitoramento contínuo da saúde dos trabalhadores expostos a esses metais.

Esses estudos, quando analisados em conjunto, fornecem uma compreensão detalhada dos riscos ocupacionais na indústria de galvanoplastia, enfatizando a necessidade de uma abordagem multifacetada para mitigar esses riscos. A combinação de estudos clínicos, genotóxicos e de exposição destaca a complexidade dos efeitos adversos à saúde dos trabalhadores e a importância de intervenções preventivas e políticas de segurança baseadas em evidências (Tsai et al., 1996; Bright et al., 1997; Kuo et al., 1997;

Zhang et al., 2011; Jeyamala et al., 2012; Tsao et al., 2018; Muller et al., 2020; Setyaningsih et al., 2021; Su et al., 2022).

A literatura brasileira, composta predominantemente por monografias, dissertações e estudos técnicos, consistiu em estudos de caso, revisões de literatura ou pesquisas bibliográficas sobre o tema, abordando os riscos à saúde relacionados à exposição a cianeto e a outros produtos químicos em processos de galvanoplastia.

Esses riscos amplamente descritos na literatura científica abrangem as esferas química, física e ergonômica, demandando atenção e medidas preventivas eficazes. No âmbito dos riscos químicos, a intoxicação por metais pesados figura como um dos principais problemas. Deng et al. (2019) alertam para a carcinogenicidade do cromo hexavalente, presente em diversos processos de galvanoplastia, especialmente para o sistema respiratório.

Nogueira e Pasqualetto (2008) evidenciam a necessidade de adequação das empresas brasileiras às normas e legislação vigente, a fim de garantir a proteção dos trabalhadores e do meio ambiente. Outro ponto de convergência entre os estudos analisados é a necessidade de maior conscientização e treinamento dos trabalhadores sobre os riscos ocupacionais e ambientais presentes na galvanoplastia.

A revisão integrativa sobre saúde e segurança do trabalhador na indústria galvânica evidenciou que a maioria dos estudos apresenta limitações por se concentrarem em riscos específicos, como a exposição a substâncias químicas ou fatores ergonômicos, sem abordar a interação entre diferentes riscos. Além disso, muitos estudos são conduzidos em um único local de trabalho por meio de estudos de caso, o que restringe a generalização dos resultados para outras indústrias. A diversidade de métodos de pesquisa e a falta de padronização na avaliação dos riscos também dificultam a comparação entre os estudos.

Apesar dessas limitações, os estudos convergem na identificação dos principais riscos à saúde e segurança dos trabalhadores, como a exposição a substâncias químicas tóxicas, ruído, calor e riscos ergonômicos. Há também um consenso sobre a importância da adoção de medidas de controle, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), ventilação adequada, monitoramento da exposição e treinamento dos trabalhadores. No entanto, divergências foram observadas na avaliação da efetividade das medidas de controle e na identificação de riscos emergentes, indicando a necessidade de pesquisas futuras para abordar essas questões.

Foi observado que a literatura brasileira ainda é incipiente com relação ao tema, composta majoritariamente por monografias, dissertações e estudos técnicos, que não foram incluídos nesta seleção (Tabela 1), porém, foram utilizados para complementar as discussões, pois abrangem outros riscos associados ao processo de galvanoplastia. É que, no Brasil, todas as empresas e órgãos públicos que tenham empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) devem seguir rigorosamente as Normas Regulamentadoras (NR) de segurança e medicina do trabalho. Atualmente, 37 NR estão em vigor no país, estabelecendo direitos, deveres e obrigações para empregados e empregadores. A revisão também contextualizou os achados considerando essas normas e regulamentações vigentes no Brasil, bem como outras regulamentações internacionais.

As normas brasileiras estabelecem diretrizes para a prevenção e controle dos riscos ocupacionais, enquanto as regulamentações de outros países abordam a exposição a substâncias químicas, ruído, calor e outros riscos específicos do processo galvânico. Adicionalmente, as diretrizes da OIT fornecem recomendações para a proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em diversos setores, incluindo a indústria galvânica.

Substâncias químicas na galvanoplastia

O processo galvânico apresenta riscos consideráveis à saúde dos trabalhadores devido à exposição a substâncias químicas tóxicas. Ácidos como o sulfúrico e o clorídrico,

frequentemente utilizados no processo, podem causar irritação severa na pele e nos olhos, além de problemas respiratórios quando inalados (OSHA, 2021).

Metais pesados, como chumbo, cádmio e cromo, também representam uma ameaça significativa. A exposição prolongada a esses metais pode resultar em danos neurológicos, insuficiência renal e até mesmo câncer (ATSDR, 2019a,b). Além disso, os compostos orgânicos voláteis presentes em solventes e outros produtos químicos utilizados na indústria galvânica podem afetar o sistema nervoso central, causando dores de cabeça, náuseas e, em casos graves, complicações crônicas (EPA, 2020).

Santo e Santana (2002) analisaram os riscos ocupacionais associados à exposição a substâncias químicas em uma instalação de galvanoplastia. A pesquisa concluiu que essa exposição representa um risco significativo para a saúde dos trabalhadores, mesmo com algumas medidas de controle em vigor. Os autores recomendam uma revisão completa dos procedimentos de segurança, melhorias na ventilação e maior uso de equipamentos de proteção. Além disso, destacam a necessidade de regulamentações mais rigorosas e fiscalização para garantir a conformidade com os padrões de segurança.

Kato (2010) investigou a exposição a névoas ácidas, um risco específico presente nos processos de galvanoplastia, quantificando a presença de ácidos no ar e recomendando medidas de controle. Wünsch Filho (2018), por sua vez, aprofundou a discussão sobre os impactos na saúde, focando nas doenças respiratórias associadas à exposição a substâncias químicas na indústria galvânica. Já Cunha (2020) complementou os estudos anteriores ao investigar a exposição a metais através do monitoramento biológico, analisando a presença de metais no organismo dos trabalhadores.

É importante destacar a relevância da exposição a névoas ácidas para a saúde dos trabalhadores do processo galvânico. Essas substâncias podem causar irritação das vias aéreas, problemas respiratórios e outros agravos à saúde, sendo fundamental a adoção de medidas de proteção e controle para minimizar os riscos (FUNDACENTRO, 2012). Os possíveis efeitos ao meio ambiente e à saúde humana estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Principais metais presentes no processo galvânico e seus possíveis efeitos à saúde humana.

Metal	Possíveis efeitos
Cobre	Irritação: O contato direto com o cobre pode causar irritação na pele, olhos e mucosas. A inalação de poeira ou fumos de cobre pode irritar o nariz, garganta e pulmões, levando a sintomas como tosse, dificuldade respiratória e dor de garganta. Problemas gastrointestinais: A ingestão de cobre em excesso pode causar náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal e cólicas. Em casos graves, pode ocorrer dano hepático e renal. Doença de Wilson: A doença de Wilson é uma condição genética rara em que o organismo acumula cobre em excesso, principalmente no fígado e no cérebro. Essa condição pode levar a problemas neurológicos, hepáticos e psiquiátricos. Febre do metal: A febre do metal é uma reação semelhante à gripe que pode ocorrer após a exposição a fumos de óxido de cobre. Os sintomas incluem febre, calafrios, dores musculares, fadiga e sabor metálico na boca. Obs: É importante ressaltar que a maioria dos efeitos do cobre na saúde humana ocorre devido à exposição excessiva e prolongada. A exposição a níveis baixos de cobre geralmente não causa problemas de saúde.

Tabela 2. Continuação.

Metal	Possíveis efeitos
Chumbo	Sistema nervoso: O chumbo pode causar danos neurológicos, especialmente em crianças, resultando em problemas de desenvolvimento, dificuldades de aprendizado, alterações comportamentais e até mesmo diminuição do QI. Em adultos, a exposição pode levar a neuropatia periférica, tremores, fraqueza muscular e problemas de memória. Sistema hematológico: O chumbo interfere na produção de hemoglobina, podendo causar anemia. Sistema renal: A exposição prolongada pode levar a danos renais, incluindo insuficiência renal crônica. Sistema cardiovascular: O chumbo pode contribuir para o aumento da pressão arterial e doenças cardiovasculares. Sistema reprodutivo: Em homens, a exposição pode afetar a qualidade do esperma e a fertilidade. Em mulheres grávidas, o chumbo pode atravessar a placenta e prejudicar o desenvolvimento do feto.
Cromo	Efeitos respiratórios Irritação: O cromo hexavalente (Cr(VI)) é um forte irritante das vias respiratórias, podendo causar coriza, dor de garganta, tosse, dificuldade respiratória e bronquite. Câncer de pulmão: A inalação crônica de cromo hexavalente é um fator de risco comprovado para o desenvolvimento de câncer de pulmão. Perfuração do septo nasal: A exposição prolongada a altas concentrações de cromo hexavalente pode levar à perfuração do septo nasal. Efeitos na pele Dermatite de contato: O contato com o cromo hexavalente pode causar dermatite alérgica de contato, caracterizada por vermelhidão, coceira, inchaço e formação de bolhas na pele. Úlceras cutâneas: A exposição crônica pode levar à formação de úlceras na pele, que são lesões dolorosas e de difícil cicatrização. Outros efeitos Danos renais e hepáticos: A exposição prolongada ao cromo hexavalente pode causar danos aos rins e ao fígado. Efeitos reprodutivos: Estudos em animais sugerem que o cromo hexavalente pode afetar a fertilidade e causar danos ao feto em desenvolvimento. Câncer em outros órgãos: Há evidências de que a exposição ao cromo hexavalente pode aumentar o risco de câncer em outros órgãos, como o estômago e a bexiga.

Tabela 2. Continuação.

Metal	Possíveis efeitos
Cadmio	Efeitos respiratórios Irritação: A inalação de cádmio pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e edema pulmonar. Doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC): A exposição crônica ao cádmio pode contribuir para o desenvolvimento de DPOC, uma condição que causa dificuldade respiratória progressiva. Câncer de pulmão: Estudos epidemiológicos associam a exposição prolongada ao cádmio com um risco aumentado de câncer de pulmão. Efeitos renais Danos renais: O cádmio acumula-se nos rins e pode causar danos aos túbulos renais, levando à disfunção renal e, em casos graves, à insuficiência renal. Cálculos renais: A exposição ao cádmio pode aumentar o risco de formação de cálculos renais. Efeitos ósseos Osteoporose: O cádmio interfere no metabolismo do cálcio e pode levar à osteoporose, uma condição que enfraquece os ossos e aumenta o risco de fraturas. Doença "itai-itai": É uma forma grave de osteomalácia (amolecimento dos ossos) causada pela exposição ao cádmio, foi descrita no Japão em comunidades expostas a altos níveis de cádmio por meio da água e alimentos contaminados. Outros efeitos Efeitos cardiovasculares: O cádmio pode contribuir para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, como hipertensão e aterosclerose. Efeitos reprodutivos: Estudos em animais sugerem que o cádmio pode afetar a fertilidade masculina e feminina. Câncer: Além do câncer de pulmão, a exposição ao cádmio também tem sido associada a um risco aumentado de câncer de próstata, mama e bexiga.

Tabela 2. Continuação.

Metal	Possíveis efeitos
Níquel	Efeitos respiratórios: Irritação: A inalação de níquel pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta, dificuldade respiratória e bronquite. Asma ocupacional: A exposição ao níquel é uma das principais causas de asma ocupacional, uma condição que causa chiado no peito, falta de ar e tosse. Câncer de pulmão e dos seios nasais: A Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (IARC) classifica o níquel como carcinogênico para humanos, com evidências de que a exposição ocupacional aumenta o risco de câncer de pulmão e seios nasais. Efeitos na pele: Dermatite de contato alérgica: O níquel é um dos alérgenos mais comuns, e o contato com a pele pode causar dermatite de contato alérgica, caracterizada por vermelhidão, coceira, inchaço e formação de bolhas. Urticária de contato: Algumas pessoas podem desenvolver urticária de contato após a exposição ao níquel, com sintomas como coceira intensa e erupções cutâneas. Outros efeitos: Efeitos cardiovasculares: Estudos sugerem que a exposição ocupacional ao níquel pode aumentar o risco de doenças cardiovasculares, como doença arterial coronariana e infarto do miocárdio. Efeitos reprodutivos: Há evidências limitadas de que a exposição ao níquel pode afetar a fertilidade masculina e causar danos ao feto em desenvolvimento.
Ródio	Exposição ao ródio metálico: A exposição ao ródio metálico em si geralmente não causa problemas de saúde significativos. No entanto, a inalação de poeira ou fumos contendo ródio pode causar irritação nas vias respiratórias, levando a sintomas como tosse, dor de garganta e dificuldade respiratória. Exposição a compostos de ródio: Os compostos de ródio, como o cloreto de ródio, podem apresentar os seguintes riscos à saúde humana: Irritação: O contato com compostos de ródio pode causar irritação na pele, olhos e mucosas. A inalação de poeira ou fumos contendo compostos de ródio pode irritar as vias respiratórias. Sensibilização: Algumas pessoas podem desenvolver sensibilidade ao ródio, o que significa que a exposição repetida pode levar a reações alérgicas, como dermatite de contato. Toxicidade sistêmica: A ingestão ou inalação de grandes quantidades de compostos de ródio pode causar toxicidade sistêmica, afetando órgãos como rins e fígado.

Fontes: WHO (2003, 2019); ATSDR (2004, 2005, 2012, 2013, 2019a,b); IARC (2012a,b); NIOSH (2015); ECHA (2017, 2019).

A OIT (2008) apresenta um guia essencial para a promoção da segurança química no trabalho, em conformidade com as normas internacionais e as melhores práticas da indústria.

A necessidade de monitoramento regular dos níveis de exposição e dos impactos na saúde dos trabalhadores é destacada em todos os estudos. Isso inclui a análise de amostras de ar, efluentes e a implementação de programas de vigilância médica para detectar e prevenir doenças ocupacionais.

O uso de equipamentos de proteção individual, sistemas de ventilação, monitoramento da saúde dos trabalhadores e a implementação de boas práticas de higiene ocupacional são algumas das medidas essenciais para proteger a saúde dos trabalhadores e garantir um ambiente de trabalho mais seguro, conforme as recomendações disponíveis na Tabela 3.

Tabela 3. Recomendações para lidar com agentes químicos presentes na galvanoplastia.

Categoria	Recomendação
Eliminação ou substituição	Priorizar processos e substâncias menos perigosas: Sempre que possível, substituir substâncias químicas perigosas por alternativas menos tóxicas ou perigosas.
	Automatização de processos: Automatizar tarefas que envolvam manipulação, de produtos químicos.
Medidas de engenharia	Ventilação exaustora eficiente: Instalar sistemas de ventilação exaustora adequados para capturar e remover vapores, gases e partículas no ponto de origem, evitando a dispersão no ambiente de trabalho.
	Enclausuramento de processos: Isolar os processos que geram emissões de substâncias químicas, utilizando cabines fechadas ou sistemas de exaustão local.
	Lavadores de gases: Utilizar lavadores de gases para remover poluentes do ar antes de sua liberação para o ambiente externo.
	Sistemas de contenção: Implementar sistemas de contenção para evitar derramamentos e vazamentos de produtos químicos.
Equipamentos de proteção individual (EPIs)	Seleção e uso adequado de EPIs: Fornecer e garantir o uso correto de EPIs adequados aos riscos específicos, como luvas, máscaras, óculos de proteção, aventais e botas de segurança.
	Treinamento e conscientização: Treinar os trabalhadores sobre o uso correto dos EPIs, a importância de sua utilização e os riscos da exposição a substâncias químicas.
Boas práticas de higiene ocupacional	Instalações sanitárias e vestiários adequados: Disponibilizar instalações sanitárias e vestiários separados para evitar a contaminação de roupas e objetos pessoais.
	Procedimentos de higiene: Implementar procedimentos de higiene, como a lavagem das mãos antes das refeições e ao final do expediente, para evitar a ingestão de substâncias químicas.
	Proibição de comer, beber e fumar: Proibir o consumo de alimentos, bebidas e fumo nas áreas de trabalho para evitar a contaminação.
Monitoramento da saúde dos trabalhadores	Exames médicos ocupacionais: Realizar exames médicos periódicos para monitorar a saúde dos trabalhadores e identificar precocemente os efeitos da exposição a substâncias químicas.
	Monitoramento biológico: Realizar exames complementares, como análises de sangue e urina, para avaliar a exposição a substâncias químicas e seus efeitos no organismo.

Tabela 3. Continuação.

Categoria	Recomendação
Treinamento e informação	Treinamento sobre os riscos químicos: Informar os trabalhadores sobre os riscos à saúde associados às substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho, as medidas de prevenção e o uso correto dos EPIs.
	Comunicação de perigos: Elaborar e disponibilizar fichas de informações de segurança de produtos químicos (FISPQs) para todos os trabalhadores.
	Sinalização de segurança: Utilizar sinalização adequada para alertar sobre os riscos químicos presentes nas áreas de trabalho.
Gestão de produtos químicos	Inventário e rotulagem: Manter um inventário atualizado de todos os produtos químicos presentes na empresa, com informações sobre suas propriedades e perigos.
Armazenamento seguro	Armazenar os produtos químicos em locais adequados, de acordo com suas características e incompatibilidades, evitando o contato com outras substâncias e fontes de calor.
	Transporte seguro: Utilizar recipientes adequados e seguir os procedimentos de segurança para o transporte de produtos químicos.
	Descarte adequado: Dar destino adequado aos resíduos químicos, de acordo com a legislação ambiental vigente.
Plano de emergência	Elaborar e divulgar um plano de emergência: Preparar um plano de emergência para lidar com acidentes envolvendo produtos químicos, incluindo procedimentos de evacuação, primeiros socorros e comunicação com órgãos competentes.
	Treinamento para emergências: Treinar os trabalhadores sobre os procedimentos de emergência e o uso de equipamentos de combate a incêndio.
Participação dos trabalhadores	Envolver os trabalhadores: Incentivar a participação dos trabalhadores na identificação dos riscos, na avaliação das medidas de controle e na tomada de decisões relacionadas à segurança e saúde no trabalho.
	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA): Criar e manter uma CIPA ativa, com representantes dos trabalhadores e da empresa, para discutir e implementar medidas de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais.
Legislação e normas técnicas	Cumprir a legislação: Atender às exigências da legislação trabalhista e ambiental, como a Norma Regulamentadora nº 9 (NR-9) e a Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15).
	Seguir as normas técnicas: Utilizar as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e de outras entidades para garantir a segurança dos processos e produtos.

Fontes: NIOSH (2015); FUNDACENTRO (2016); Guidotti (2011); OSHA (2012); EU-OSHA (2017, 2019); Brasil, 2021, 2022b).

Problemas ergonômicos na galvanoplastia

Diversos estudos, incluindo Couto (2008), Silva e Vasconcelos (2014) e Santos e Iida (2016), revelaram a presença de fatores como levantamento e transporte manual de cargas pesadas, posturas inadequadas, movimentos repetitivos, longas jornadas de trabalho e falta de pausas para descanso. Esses fatores, presentes em diferentes empresas do setor, estão associados a queixas de dores musculares, fadiga e desconforto por parte dos trabalhadores, indicando um potencial para o desenvolvimento de doenças ocupacionais, como lesões musculoesqueléticas e distúrbios psicológicos.

Operações como a imersão e retirada de peças dos banhos galvânicos, montagem e desmontagem de equipamentos, exigem a repetição constante de determinados movimentos, identificada como uma das principais causas de lesões por esforço repetitivo

(LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT) (FUNDACENTRO, 2010; Silva e Vasconcelos, 2014; Silva e Santos, 2015).

Além disso, as posturas inadequadas adotadas durante o trabalho representam outro fator de risco ergonômico relevante. A permanência em pé por longos períodos, a necessidade de adotar posturas forçadas e a utilização de espaços de trabalho mal projetados podem sobrecarregar músculos e articulações, resultando em dores, fadiga e lesões (Couto, 2008; Romano e Batista, 2013; Silva e Vasconcelos, 2014; Silva e Santos, 2015).

Para os autores supracitados, o manuseio de cargas também é uma preocupação na indústria galvânica. O levantamento e transporte de peças, produtos químicos e equipamentos pesados, muitas vezes em posições desfavoráveis, podem causar lesões nas costas, ombros e braços.

Outro risco ergonômico presente na indústria galvânica é a exposição a vibrações, principalmente pelo uso de ferramentas vibratórias. Essa exposição pode levar a problemas de circulação sanguínea nas mãos e dedos, além de danos aos nervos e articulações (Nakamura et al., 2004). Na indústria galvânica, onde ferramentas vibratórias são frequentemente utilizadas, é crucial seguir as diretrizes estabelecidas por especialistas e normas para proteger a saúde dos trabalhadores.

Para mitigar esses riscos, os referidos estudos apresentam que é fundamental o investimento em medidas de prevenção e controle pelas empresas do setor. Na Tabela 4 são apresentadas recomendações para intervenção em riscos ergonômicos na indústria galvânica. A análise ergonômica do trabalho, o redesign de postos de trabalho, o rodízio de tarefas, a implementação de pausas para descanso, o treinamento e a conscientização dos trabalhadores, o fornecimento de equipamentos de proteção individual (EPIs) e o monitoramento da saúde dos trabalhadores são algumas das estratégias que podem contribuir para um ambiente de trabalho mais seguro e saudável na indústria galvânica (Schuler et al. 2012; Silva e Vasconcelos, 2014; Silva e Santos, 2015).

Tabela 4. Recomendações para lidar com problemas ergonômicos na galvanoplastia.

Categoria	Recomendação
Análise ergonômica do trabalho (AET)	Realizar AET detalhada: Identificar e analisar os riscos ergonômicos presentes em cada posto de trabalho, considerando as tarefas realizadas, as ferramentas utilizadas, as posturas adotadas, os movimentos repetitivos, os esforços físicos e a organização do trabalho.
	Envolver os trabalhadores: Incluir os trabalhadores na AET, ouvindo suas queixas e sugestões de melhorias.
Adequação do mobiliário e equipamentos	Mobiliário ajustável: Utilizar mesas, cadeiras e bancadas com altura regulável para adaptar-se às características físicas de cada trabalhador.
	Ferramentas ergonômicas: Utilizar ferramentas com design ergonômico, que reduzam o esforço muscular e facilitem o manuseio.
	Equipamentos auxiliares: Implementar equipamentos auxiliares para levantamento e transporte de cargas, como talhas, guindastes e carrinhos.
	Dispositivos antivibrantes: Utilizar dispositivos antivibrantes em ferramentas que geram vibração, como lixadeiras e politrizes.
Organização do trabalho	Rotação de tarefas: Implementar a rotação de tarefas para evitar a monotonia e a repetição de movimentos, distribuindo a carga de trabalho entre os músculos e articulações.
	Pausas para descanso: Estabelecer pausas regulares para descanso e recuperação muscular, de acordo com a intensidade e duração das tarefas.
	Enriquecimento do trabalho: Ampliar as tarefas e responsabilidades dos trabalhadores, proporcionando maior autonomia e variedade no trabalho.
	Jornadas de trabalho adequadas: Evitar jornadas de trabalho excessivamente longas e turnos noturnos, que podem aumentar o risco de fadiga e lesões.

Tabela 4. Continuação.

Categoria	Recomendação
Ginástica laboral	Implementar programa de ginástica laboral: Desenvolver um programa de exercícios específicos para cada setor do processo galvânico, com o objetivo de prevenir lesões, melhorar a postura e aliviar o estresse muscular.
	Realizar os exercícios regularmente: Incentivar a prática regular da ginástica laboral, antes, durante e após o expediente.
Treinamento e conscientização	Treinar os trabalhadores: Oferecer treinamento sobre os riscos ergonômicos, as medidas de prevenção e a importância da postura correta e dos movimentos adequados.
	Informar sobre os benefícios da ergonomia: Conscientizar os trabalhadores sobre os benefícios da ergonomia para a saúde e o bem-estar, incentivando a adoção de práticas ergonômicas no dia a dia.
Monitoramento da saúde dos trabalhadores	Realizar exames médicos periódicos: Monitorar a saúde dos trabalhadores através de exames médicos periódicos, com foco na identificação de sinais e sintomas de doenças ocupacionais relacionadas a fatores ergonômicos.
	Investigar queixas: Investigar prontamente as queixas dos trabalhadores relacionadas a dores, desconforto e fadiga, buscando identificar as causas e implementar medidas corretivas.
Adaptação do ambiente de trabalho	Iluminação adequada: Garantir iluminação adequada em todos os postos de trabalho, evitando reflexos e sombras que possam prejudicar a visão e a postura.
	Controle de temperatura e umidade: Manter a temperatura e a umidade do ambiente de trabalho em níveis confortáveis, para evitar o estresse térmico e a fadiga.
	Redução de ruído: Implementar medidas para reduzir o ruído excessivo, como o uso de protetores auriculares, o isolamento acústico de máquinas e equipamentos e a realização de manutenção preventiva.
Participação dos trabalhadores	Incentivar a participação: Estimular a participação dos trabalhadores na identificação dos riscos ergonômicos, na avaliação das medidas de controle e na tomada de decisões relacionadas à segurança e saúde no trabalho.
	Criar canais de comunicação: Estabelecer canais de comunicação abertos entre trabalhadores e gestores para facilitar a troca de informações sobre problemas ergonômicos e sugestões de melhorias.
Legislação e normas técnicas	Cumprir a legislação: Atender às exigências da legislação trabalhista e previdenciária, como a Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17), que trata da ergonomia no trabalho.
	Seguir as normas técnicas: Utilizar as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e de outras entidades para garantir a segurança e a ergonomia dos postos de trabalho.

Fonte: Brasil (2022c).

Riscos mecânicos na galvanoplastia

Os riscos mecânicos na galvanoplastia são aqueles que podem causar lesões por contato com objetos ou ferramentas afiadas, peças em movimento, quedas de objetos, etc. Alguns exemplos de riscos mecânicos na galvanoplastia (SESI, 2007), são:

1. **Máquinas e equipamentos sem proteção**: As partes móveis das máquinas, como polias, correias e engrenagens, devem ser protegidas para evitar o contato acidental com o operador.

2. **Ferramentas manuais**: As ferramentas manuais, como facas, alicates e martelos, devem ser mantidas em boas condições de conservação e utilizadas de forma adequada para evitar ferimentos.
3. **Peças e materiais**: As peças e materiais devem ser manuseados com cuidado para evitar quedas, cortes e outros ferimentos.
4. **Superfícies quentes**: As superfícies quentes, como fornos e tanques de galvanização, devem ser protegidas para evitar queimaduras.
5. **Quedas e tropeços**: Os pisos devem ser mantidos limpos e livres de obstáculos para evitar quedas e tropeços.

A Tabela 5 apresenta recomendações para as categorias de riscos relacionados a acidentes no processo galvânico. Os principais riscos incluem quedas, esmagamentos e choques elétricos. Quedas podem ocorrer durante a manutenção de equipamentos elevados ou em superfícies escorregadias. Esmagamentos podem resultar do manuseio impróprio de máquinas pesadas, enquanto choques elétricos são risco constante devido ao uso de equipamentos elétricos em ambientes potencialmente úmidos (NIOSH, 2018).

Tabela 5. Recomendações para Intervenção em riscos de acidentes na indústria galvânica.

Categoria	Recomendação
Mapeamento e avaliação dos riscos	Identificação dos perigos: Realizar um levantamento detalhado de todos os perigos presentes no ambiente de trabalho, como máquinas e equipamentos sem proteção, áreas de circulação desorganizadas, falta de sinalização, substâncias inflamáveis, entre outros.
	Avaliação dos riscos: Avaliar a probabilidade e a gravidade de cada perigo identificado, utilizando ferramentas como a matriz de risco
	Priorização dos riscos: Priorizar os riscos mais críticos, considerando a probabilidade de ocorrência, a gravidade das consequências e o número de trabalhadores expostos.
Medidas de engenharia	Proteção de máquinas e equipamentos: Instalar proteções físicas em máquinas e equipamentos, como grades, sensores e dispositivos de parada de emergência, para evitar o contato com partes móveis e energizadas.
	Organização do ambiente de trabalho: Manter as áreas de circulação livres de obstáculos, delimitar áreas de risco e garantir a organização dos materiais e ferramentas.
	Sinalização de segurança: Utilizar sinalização adequada para alertar sobre os perigos presentes no ambiente de trabalho, como placas de advertência, fitas de demarcação e luzes de segurança.
	Sistemas de alarme e detecção: Instalar sistemas de alarme e detecção de incêndio, vazamento de gás e outras emergências, para garantir a rápida resposta em caso de acidentes.
	Manutenção preventiva: Realizar manutenção preventiva em máquinas, equipamentos e instalações, para garantir o bom funcionamento e evitar falhas que possam causar acidentes.
Equipamentos de proteção individual (EPI)	Seleção e uso adequado de EPI: Fornecer e garantir o uso correto de EPI adequados aos riscos específicos, como capacetes, óculos de proteção, protetores auriculares, luvas, máscaras respiratórias, calçados de segurança e roupas de proteção.
	Treinamento e conscientização: Treinar os trabalhadores sobre o uso correto dos EPI, a importância de sua utilização e os riscos de não os utilizar.

Tabela 5. Continuação.

Categoria	Recomendação
Treinamento e capacitação	Treinamento sobre segurança no trabalho: Oferecer treinamento aos trabalhadores sobre os riscos presentes no ambiente de trabalho, as medidas de prevenção de acidentes e os procedimentos de emergência.
	Capacitação para operar máquinas e equipamentos: Garantir que os trabalhadores estejam devidamente capacitados para operar máquinas e equipamentos, conhecendo os riscos e as medidas de segurança específicas.
Procedimentos de trabalho seguros (PTS)	Elaborar e implementar PTS: Desenvolver procedimentos de trabalho seguros para todas as atividades que envolvam riscos de acidentes, detalhando as etapas a serem seguidas, os equipamentos de proteção a serem utilizados e as precauções a serem tomadas.
	Treinar os trabalhadores nos PTS: Garantir que todos os trabalhadores conheçam e sigam os procedimentos de trabalho seguros estabelecidos.
Gestão de segurança	Criar uma cultura de segurança: Promover uma cultura de segurança na empresa, incentivando a participação dos trabalhadores na identificação de perigos e na sugestão de medidas de prevenção.
	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA): Criar e manter uma CIPA ativa, com representantes dos trabalhadores e da empresa, para discutir e implementar ações de prevenção de acidentes.
	Investigação de acidentes: Investigar todos os acidentes e incidentes, identificando as causas e implementando medidas corretivas para evitar a sua repetição.
Legislação e normas técnicas	Cumprir a legislação: Atender às exigências da legislação trabalhista e previdenciária, como a Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12), que trata da segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.
	Seguir as normas técnicas: Utilizar as normas técnicas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e de outras entidades para garantir a segurança dos processos e equipamentos.

Fonte: OSHA (2021); Brasil (2022a).

Riscos físicos

Existe uma variedade de riscos físicos presentes em diferentes etapas do processo produtivo da galvanoplastia que demandam atenção e medidas de controle eficazes para garantir a segurança dos trabalhadores. Um dos riscos físicos mais prevalentes na indústria galvânica é a exposição ao ruído excessivo.

O funcionamento de máquinas e equipamentos, como bombas, ventiladores e retificadoras, gera níveis de ruído que podem ultrapassar os limites de tolerância estabelecidos pela legislação. A exposição prolongada a ruídos intensos pode causar perda auditiva irreversível, além de outros problemas de saúde, como estresse, distúrbios do sono e hipertensão (Seidman e Standring, 2010).

Além do ruído, a exposição ao calor excessivo também é uma preocupação. Trabalhadores de indústria galvânica estão expostos a níveis de estresse térmico acima dos limites de tolerância, especialmente em áreas como banhos químicos e polimento. A exposição a temperaturas extremas pode causar desidratação, exaustão por calor, hipotermia e outros problemas de saúde (FUNDACENTRO, 2012).

A prevenção e o controle dos riscos físicos na indústria galvânica exigem a adoção de medidas de engenharia, como o isolamento de fontes de ruído e vibração, a utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) adequados, como protetores auriculares e luvas antivibração, e a implementação de programas de monitoramento da saúde dos trabalhadores. Além disso, é fundamental que os trabalhadores sejam informados e

treinados sobre os riscos aos quais estão expostos e as medidas de prevenção necessárias para garantir sua segurança e saúde. A Tabela 6 apresenta as recomendações para prevenção dos riscos físicos.

Tabela 6. Recomendações para intervenção em riscos físicos na indústria galvânica.

Categoria	Recomendação
Avaliação de riscos	Realize uma avaliação completa dos riscos físicos presentes na indústria galvânica, incluindo ruído, calor, vibração.
	Identifique as fontes de risco, áreas críticas e atividades que apresentam maior probabilidade de causar danos à saúde dos trabalhadores.
Controle de ruído	Realize avaliações de ruído para identificar áreas onde os níveis de ruído estão acima dos limites permitidos e implemente medidas de controle, como isolamento acústico e uso de protetores auriculares.
	Considere a substituição de equipamentos ruidosos por modelos mais silenciosos sempre que possível.
Controle de temperatura e calor	Mantenha as áreas de trabalho adequadamente ventiladas e climatizadas para prevenir o superaquecimento dos trabalhadores.
	Forneça pausas regulares para os trabalhadores se reidratarem e descansarem em ambientes mais frescos durante períodos de calor intenso.
Controle de vibração	Avalie os níveis de vibração em equipamentos e ferramentas e implemente medidas para reduzir a exposição dos trabalhadores a vibrações excessivas, como o uso de dispositivos de absorção de choque e manutenção regular dos equipamentos.
Educação e treinamento	Fornecer treinamento regular para os trabalhadores sobre os riscos físicos associados à indústria galvânica, incluindo reconhecimento de sinais de exposição e medidas preventivas.
	Promova uma cultura de segurança onde os trabalhadores se sintam capacitados a relatar preocupações e contribuir para a identificação e implementação de medidas de controle.
Manutenção preventiva	Implemente programas de manutenção preventiva para garantir que os equipamentos estejam funcionando corretamente e que quaisquer problemas potenciais sejam identificados e corrigidos antes que causem acidentes ou lesões.

Fonte: Adaptado de SESI (2007).

A participação dos trabalhadores na identificação dos problemas e na busca por soluções é essencial para a construção de um ambiente de trabalho mais seguro e saudável. A conscientização sobre os riscos e a adoção de práticas preventivas são fundamentais para proteger a saúde dos trabalhadores e garantir a sustentabilidade industrial.

Ao identificar e analisar os principais riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores, o estudo contribui para a conscientização dos próprios trabalhadores, empregadores e órgãos governamentais sobre a importância da prevenção. A Tabela 7 apresenta identificação e avaliação dos riscos em indústrias galvânicas, a partir desse conhecimento, é possível desenvolver e implementar medidas de controle mais eficazes, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPI), a realização de exames médicos periódicos e a melhoria das condições de trabalho.

Tabela 7. Identificação e avaliação dos riscos em indústrias galvânicas.

Exposição	Fontes de risco	Áreas críticas	Atividades de risco	Medidas de controle
Substâncias químicas	Banhos galvânicos, produtos de limpeza, e aditivos químicos.	Setores de tratamento e revestimento, armazenamento de produtos químicos.	Manipulação de banhos químicos, mistura de produtos, descarte de resíduos.	Implementar ventilação local exaustora, uso de EPI (máscaras respiratórias, luvas, óculos de proteção), sistemas de contenção e armazenamento seguro.
Ruído	Equipamentos de polimento, máquinas de revestimento, bombas e compressores.	Setores de polimento e revestimento, áreas de maquinário pesado.	Operação de máquinas, manutenção de equipamentos.	Realizar avaliações de ruído, implementar isolamento acústico, fornecer protetores auriculares, substituir equipamentos ruidosos por modelos mais silenciosos.
Calor	Fornos de secagem, banhos de aquecimento.	Próximas a fornos e banhos quentes.	Operação e manutenção de fornos, manuseio de peças quentes.	Ventilação adequada, climatização das áreas de trabalho, fornecimento de pausas regulares e áreas de descanso, hidratação frequente.
Vibração	Ferramentas manuais vibratórias, equipamentos de polimento.	Setores de polimento e montagem.	Uso de ferramentas manuais, operação de máquinas vibratórias.	Avaliação dos níveis de vibração, uso de dispositivos de absorção de choque, manutenção regular dos equipamentos, substituição por modelos com menor vibração.
Riscos ergonômicos	Posturas inadequadas, movimentos repetitivos, levantamento de cargas pesadas.	Linhas de produção, áreas de montagem e embalagem.	Trabalho em posições forçadas, movimentação manual de materiais.	Mobiliário ajustável, ferramentas ergonômicas, rotação de tarefas, pausas para descanso, treinamento em ergonomia.

Fonte: FUNDACENTRO (2010; 2012; 2016).

A implementação das medidas de controle visa a reduzir significativamente os riscos físicos no processo galvânico, promovendo um ambiente de trabalho mais seguro e saudável para os trabalhadores. Além disso, o envolvimento ativo dos trabalhadores no processo de segurança é essencial para criar uma cultura de segurança robusta e eficaz.

Essa implementação é, por sua vez, uma responsabilidade compartilhada entre diferentes atores:

1. **Empregador/Empresa**: São os principais responsáveis por garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. Devem fornecer os recursos necessários para a implementação das medidas de controle, incluindo equipamentos de proteção individual (EPIs), dispositivos de proteção coletiva (EPCs), treinamentos e acompanhamento médico. Cabe ainda aos empregadores ou à empresa estabelecer e manter um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e um Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) eficazes. Devem também designar um responsável técnico capacitado para a gestão da segurança no trabalho. Por fim, é incumbência da empresa ou do empregador promover a participação dos trabalhadores na identificação de perigos e na elaboração de medidas de controle.

2. **Trabalhadores***:* Têm o dever de colaborar com a empresa na implementação das medidas de controle. Além disso, devem utilizar corretamente os EPIs e EPCs fornecidos e seguir as normas de segurança estabelecidas pela empresa. É também dever dos trabalhadores a participação ativa na identificação de perigos e na sugestão de medidas de controle. É também obrigação dos trabalhadores comunicar ao empregador qualquer situação de risco que identifiquem.

3. **Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT)**: Deve assessorar a empresa na implementação das medidas de controle. Cabe também ao SESMT realizar a análise de riscos e propor medidas de controle. Ademais, compete a esse serviço promover a capacitação dos trabalhadores em segurança e saúde no trabalho. Finalmente, o SESMT deve acompanhar a saúde dos trabalhadores por meio de exames médicos ocupacionais.

4. **Comissão Interna de Prevenção de Acidentes e de Assédio (CIPA)**: É atribuição da CIPA colaborar com a empresa na implementação das medidas de controle. Sua função é identificar os riscos existentes no ambiente de trabalho e propor medidas de controle. Também é obrigação dessa comissão realizar inspeções regulares nos locais de trabalho para verificar o cumprimento das normas de segurança. Outra atribuição importante da CIPA é promover a conscientização dos trabalhadores sobre a importância da prevenção de acidentes.

5. **Órgãos governamentais**: Têm o papel de fiscalizar o cumprimento da legislação de segurança e saúde no trabalho. Além disso, podem aplicar multas e outras penalidades às empresas que não cumprirem a legislação.

A implementação das medidas de controle, portanto, é uma responsabilidade compartilhada que exige a participação ativa de todos os envolvidos. A colaboração entre empresa, trabalhadores, SESMT, CIPA e órgãos governamentais é fundamental para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

Ao investir em saúde e segurança, as empresas reduzem custos com acidentes e doenças, melhoram a imagem da empresa e contribuem para o desenvolvimento sustentável do setor. Um processo galvânico livre de insalubridade e periculosidade é, portanto, mais produtivo e competitivo.

A pesquisa identificou algumas lacunas no conhecimento sobre saúde e segurança do trabalhador no processo galvânico:

1. **Riscos emergentes**: constatou-se a necessidade de mais pesquisas sobre os riscos emergentes no processo galvânico, como novas tecnologias e processos que podem introduzir novos perigos para a saúde dos trabalhadores.
2. **Soluções mais eficazes**: importância de desenvolver soluções mais eficazes para proteger a saúde e segurança dos trabalhadores, indicando que as medidas de controle existentes podem não ser suficientes para lidar com todos os riscos.
3. **Avaliação da efetividade das intervenções**: embora os estudos recomendem diversas medidas de controle para os riscos ocupacionais, não há uma avaliação da efetividade dessas intervenções em estudos científicos, o que dificulta a tomada de decisões baseadas em evidências.
4. **Impacto em longo prazo**: os estudos encontrados não discutem o impacto a longo prazo dos riscos ocupacionais na saúde dos trabalhadores do processo galvânico, como o desenvolvimento de doenças crônicas após anos de exposição. Mais pesquisas são necessárias para entender as consequências da exposição prolongada aos riscos ocupacionais nesse setor.
5. **Aspectos psicossociais**: a literatura foca nos riscos químicos, físicos, ergonômicos e de acidentes, mas não aborda os aspectos psicossociais do trabalho no processo galvânico, como o estresse, a carga mental e o assédio moral, que também podem afetar a saúde e o bem-estar dos trabalhadores.

Essas lacunas no conhecimento apontam para a necessidade de mais pesquisas na área de saúde e segurança do trabalhador na galvanoplastia, a fim de desenvolver intervenções mais eficazes e proteger a saúde dos trabalhadores em longo prazo.

Conclusão

O processogalvânico apresenta desafios complexos em relação à saúde e segurança dos trabalhadores, mas a pesquisa científica tem fornecido informações valiosas sobre os riscos e soluções eficazes para mitigá-los. A adoção de medidas de controle rigorosas, a promoção de práticas de trabalho seguras e a conscientização dos trabalhadores são essenciais para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

A revisão integrativa destaca a necessidade de mais pesquisas para aprofundar o conhecimento sobre os riscos ocupacionais no processo galvânico e para desenvolver soluções mais eficazes para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores. A contextualização dos achados com as normas e regulamentações vigentes no Brasil e em outros países, bem como com as diretrizes da OIT, reforça a importância da adoção de medidas de controle eficazes e da promoção de um ambiente de trabalho seguro e saudável no processo galvânico.

É importante adotar uma abordagem multidisciplinar e integrada para a prevenção e controle dos riscos ocupacionais no processo galvânico, com a participação dos trabalhadores, empregadores, órgãos governamentais e organizações internacionais, a fim de construir um ambiente de trabalho mais seguro, saudável e produtivo. Somente por

meio de um compromisso contínuo com a saúde e segurança ocupacional pode-se garantir o bem-estar dos trabalhadores e a sustentabilidade do processo galvânico em longo prazo.

Conflitos de interesses

Os autores declaram que não há interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado as inferências relatadas neste artigo.

Referências

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for copper**. Atlanta: ATSDR, 2004.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for nickel**. Atlanta: ATSDR, 2005.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for chromium**. Atlanta: ATSDR, 2012.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for cadmium**. Atlanta: ATSDR, 2013.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Lead toxicity**: What are the physiologic effects of lead exposure? Atlanta: ATSDR, 2019a.

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry. **Toxicological profile for heavy metals**. Atlanta: ATSDR, 2019b.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 09 (NR-09)**: avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2021.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 12 (NR-12)**: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022a.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15)**: Atividades e operações insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022b.

Brasil. **Norma Regulamentadora nº 17 (NR-17)**: Ergonomia. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022c.

Bright, P.; Burge, P. S.; O'hickey, S. P.; Gannon, P. F.; Robertson, A. S.; Boran, A. Occupational asthma due to chrome and nickel electroplating. **Thorax**, v. 52, n. 1, p. 28-32, 1997. https://doi.org/10.1136/thx.52.1.28

Deng, Y.; Wang, M.; Tian, T.; Lin, S.; Xu, P.; Zhou, L.; Dai, C.; Hao, Q.; Wu, Y.; Zhai, Z.; Zhu, Y.; Zhuang, G.; Dai, Z. The effect of hexavalent chromium on the incidence and mortality of human cancers: A meta-analysis based on published epidemiological cohort studies. **Frontier Oncology**, v. 9, 24, 2019. https://doi.org/10.3389/fonc.2019.00024

ECHA - European Chemicals Agency. **Rhodium**. Helsink: ECHA, 2017.

EPA - United States Environmental Protection Agency. Volatile organic compounds' impact on indoor air quality. 2023. Disponível em: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>. Acesso em: 22 fev. 2024.

EU-OSHA - Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. **Substituição de substâncias perigosas**: um guia prático para micro e pequenas empresas. Bibau: EU-OSHA, 2017.

EU-OSHA - Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho. **Vibrações**. Bibau: EU-OSHA, 2019.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Ergonomia na indústria galvânica**: estudo de caso. São Paulo: FUNDACENTRO, 2010.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Riscos químicos na indústria galvânica**: estudo de caso. São Paulo: FUNDACENTRO, 2012.

FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Ventilação industrial**: teoria e prática. 2. ed. São Paulo: FUNDACENTRO, 2016.

Gemma, S. F. B.; Lima, F. T.; Viganô, M. M. S. **Produção de semijoias em Limeira-SP**: conexões entre vida, trabalho e família. Campinas: BCCL/UNICAMP, 2021.

Gil, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Giurlani, W.; Zangari, G.; Gambinossi, F.; Passaponti, M.; Salvietti, E.; Di Benedetto, F.; Caporali, S.; Innocenti, M. Electroplating for decorative applications: Recent trends in research and development. **Coatings**, v. 8, n. 8, 260, 2018. https://doi.org/10.3390/coatings8080260

Goyer, R. A.; Clarkson, T. W. Toxic effects of metals. In: Klaassen, C. D. (Ed.). **Casarett & Doull's toxicology**: The basic science of poisons. 6. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 2001. p. 811-868.

Guidotti, T. L. **Global occupational health**. Nova Iorque: Oxford University Press, 2011.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Chromium(VI) compounds**. Lyon: IARC, 2012a.

IARC - International Agency for Research on Cancer. **Nickel compounds**. Lyon: IARC, 2012b.

ILO - International Labour Organization. **Ergonomic checkpoints**: Practical and easy-to-implement solutions for improving safety, health and working conditions. Genebra: ILO, 2011.

Jeyamala, S.; Kumaraguru, A. K.; Nagarani, N. Occupational health effects due to nickel and chromium exposure in electroplating workers. **Toxicological & Environmental Chemestry**, v. 94, n. 8, p. 1583-1590, 2012. https://doi.org/10.1080/02772248.2012.715382

Kuo, H. W.; Lai, J. S.; Lin, T. I. Nasal septum lesions and lung function in workers exposed to chromic acid in electroplating factories. **International Archives of Occupational and Environmental Health**, v. 70, n. 4, p. 272-276, 1997. https://doi.org/10.1007/s004200050218

Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

Muller, C. D.; Garcia, S. C.; Brucker, N.; Goethel, G.; Sauer, E.; Lacerda, L. M.; Oliveira, E.; Trombini, T. L.; Machado, A. B.; Pressotto, A.; Rech, V. C.; Klauck, C. R.; Silva, L. B.; Gioda, A.; Feska, L. R. Occupational risk assessment of exposure to metals in chrome plating workers. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 45, n. 2, p. 560-567, 2020. https://doi.org/10.1080/01480545.2020.1731527

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Rhodium**. Washington: NIOSH, 2015.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health. **Preventing occupational exposures to lead and other metals in the industrial sector**. Washington: NIOSH, 2018.

Nogueira, L. S.; Pasqualetto, A. **Plano de prevenção de riscos ambientais (PGRA) para empresas de galvanoplastia**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2008.

OIT - Organização Internacional do Trabalho. **Segurança na utilização de produtos químicos no trabalho**. Genebra: OIT, 2008.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. **Occupational health and safety manual**. Washington: OSHA, 2012.

OSHA - Occupational Safety and Health Administration. **Safety and health topics**: Chemical hazards and toxic substances. Washington: OSHA, 2021.

Seidman, M. D.; Standring, R. T. Noise and quality of life. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 7, n. 10, p. 3730-3738, 2010. https://doi.org/10.3390/ijerph7103730

SESI - Serviço Social da Indústria. **Manual de Segurança e Saude no Trabalho**. São Paulo: SESI, 2007.

Setyaningsih, Y.; Wahyuni, I.; Ekawati; Ginandjar, P. The renal function status of metal electroplating workers exposed to chromium VI. **Malaysian Journal of Public Health Medicine**, v. 21, n. 1, p. 297-302, 2021. https://doi.org/10.37268/mjphm/vol.21/no.1/art.863

Severino, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2018.

Silva, M.; Neves, M. C. Risk assessment for occupational exposure to chemicals in na electroplating industry. In: Arezes, P.; Carvalho, P. (Eds.). **Advances in safety management and human factors**. New York: AHFE International Conference, 2019. v. 5. https://doi.org/10.54941/ahfe100175

Su, S.; Liang, Z.; Zhang, S.; Xu, H.; Chen, J.; Zhao, Z.; Zhang, M.; Wang, T. Application of multiple occupational health risk assessment models in occupation health risk prediction of trichloroethylene in the electroplating and electronics industries. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 29, n. 1, p. 70-76, 2022. https://doi.org/10.1080/10803548.2021.2022956

Tsai, P.-J.; Werner, M. A.; Vincent, J. H.; Maldonado, G. Worker exposure to nickel-containing aerosol in two electroplating shops: Comparison between inhalable and total aerosol. **Applied Occupational and Environmental Hygiene**, v. 11, n. 5, p. 484-492, 1996. https://doi.org/10.1080/1047322X.1996.10389360

WHO - World Health Organization. **Gold in drinking-water**: Background document for development of WHO guidelines for drinking-water quality. Genebra: WHO, 2003.

WHO - World Health Organization. **Cadmium**. Genebra: WHO, 2019.

Zhang, X.-H.; Zhang, X.; Wang, X.-C.; Jin, L.-F.; Yang, Z.-P.; Jiang, C.-X.; Chen, Q.; Ren, X.-B.; Cao, J.-Z.; Wang, Q.; Zhu, Y.-M. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. **BMC Public Health**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2011. https://doi.org/10.1186/1471-2458-11-224

Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.

APÊNDICE VII – PUBLICAÇÃO DE ARTIGO (CAPÍTULO II)

Journal of Management and Sustainability; Vol. 14, No. 2; 2024
ISSN 1925-4725 E-ISSN 1925-4733
Published by Canadian Center of Science and Education

Sustainability Indicators in the Integrated Management of Industries with Galvanic Activities

Sheilla da S. M. Figueirêdo[1], José G. de Araujo Filho[2], Thiago J. M. Rocha[3], Francisco J. de Paula Filho[4] & Marilia G. dos S. Cavalcanti[1]

[1] Center for Exact and Nature Sciences, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Paraíba, Brazil

[2] Regional University of Cariri, Department of Production Engineering, Science and Technology Center, Juazeiro do Norte, Ceará, Brazil

[3] Alagoas State University of Health Sciences (UNCISAL), Medicine Course, Maceió, Alagoas, Brazil

[4] Federal University of Cariri, Science and Technology Center, Juazeiro do Norte, Ceará, Brazil

Correspondence: Sheilla Figueirêdo, Federal University of Paraiba, João Pessoa, Paraíba, Brazil.

Received: June 20, 2024 Accepted: August 18, 2024 Online Published: September 8, 2024

doi:10.5539/jms.v14n2p53 URL: https://doi.org/10.5539/jms.v14n2p53

Abstract

Growing concern for sustainability has driven industries, including the galvanic sector, to adopt more responsible practices due to their significant environmental and occupational impacts. This article discusses the importance of integrating quality, environmental, and occupational safety management (ISO 9001, 14001, and 45001) and highlights the need for specific indicators to measure sustainability in this sector. Using the Delphi technique, experts and workers from the galvanic industry identified and validated relevant performance indicators. The results improve management and performance, promoting the competitiveness and sustainability of the galvanic industry. The research identified 39 key indicators covering resource consumption, waste generation, occupational safety, governance, and quality. These indicators help companies monitor and enhance their socio-environmental performance, aligning with the Sustainable Development Goals (SDGs) and ESG (Environmental, Social, and Governance) practices.

Keywords: sustainable development, indicators, Galvanic Industry, Integrated Management

1. Introduction

The growing concern about the global environmental crisis has driven the search for more sustainable development, prompting companies to integrate socio-environmental factors into their management (Klein, 2014). Despite its economic importance, the galvanic industry poses significant environmental and occupational hazards (Innocenzi et al., 2020; Figueirêdo et al., 2021; Oliveira et al., 2019; Lositska, 2018), requiring an integrated management system that addresses quality, environment, and occupational safety, in line with the Sustainable Development Goals (SDGs) (UN, 2015).

ISO standards 9001, 14001, and 45001 offer guidelines for implementing this integrated management system, promoting process optimization, cost reduction, and improving the company's image (Bertolino & Couto, 2018). However, measuring sustainability in the galvanic industry remains challenging due to the lack of specific and relevant indicators for the sector (Mengistu & Panizzolo, 2023).

Currently, companies use generic indicators that do not reflect the specific characteristics and needs of the galvanic industry. However, this practice hinders strategic decision-making and implementing improvements, leading to inefficient management and difficulties in identifying bottlenecks, opportunities for improvement, and monitoring progress in sustainability (Ahmad & Wong, 2019).

Investors and consumers increasingly value companies that adopt ESG (Environmental, Social, and Governance) practices, emphasizing the importance of integrating these practices into organizational processes to meet the growing demands for sustainability. This demand reflects a growing awareness of the importance of considering environmental, social, and governance impacts in investment and consumption decisions (Vanham & Schwab, 2021; Henderson, 2020; Khan, Serafeim, & Yoon, 2016).

By incorporating ESG principles into their operations, companies demonstrate a commitment to sustainable

development, which can generate benefits such as increased attractiveness to investors, strengthened reputation, and customer loyalty. Moreover, adopting these practices directly enhances corporate sustainability, positively impacting organizational processes and business performance. Additionally, risk management improves as ESG companies are better prepared to handle socio-environmental issues that may affect their business (Eccles & Serafeim, 2014).

In this context, creating sustainable alternatives for the industrial sector is crucial. Implementing an Integrated Management System (IMS) serves as a primary instrument for the sustainable development of companies and industries (Tachizawa & Pozo, 2010).

The IMS combines processes, procedures, and practices to implement policies and achieve objectives more efficiently than separate systems. Management has evolved from focusing solely on accounting and finance to including quality, environmental, and occupational health and safety aspects, which are essential for competitiveness. Systems that centralize customers, production, and labor significantly increase company value (Bertolino & Couto, 2018).

Therefore, identifying and validating a set of specific, relevant, and effective performance indicators for the galvanic industry is crucial. These indicators should enable companies to assess and improve performance, considering their particularities, challenges, and management needs.

The Delphi technique, involving a panel of experts, is a promising methodology for identifying and validating these indicators (Rozados, 2015; Munaretto, Corrêa, & Cunha, 2013). The expertise and diversity of perspectives from the specialists in the Delphi panel will help construct a comprehensive system of indicators that address the sector's needs, including ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001 standards, and ESG aspects.

From this perspective, this study aims to identify and validate specific performance indicators for the galvanic industry using the Delphi technique. The research results are expected to improve management and performance in the sector, promoting competitiveness and sustainability.

2. Research Methods

This descriptive and exploratory investigation involved experts and workers in the galvanic industry. Due to the nature of the findings, we used a quantitative approach in all three research stages and a qualitative approach for the data obtained in the first stage (Munaretto et al., 2013).

Qualitative and quantitative approaches complement each other, providing a better understanding of the sector's sustainability issues and contributing to effective analysis and solutions (Lakatos & Marconi, 2010). The Delphi technique was used to achieve the general objective of defining sustainability indicators for the management of galvanic industries (Tachizawa & Pozo, 2010; Veiga, 2014).].

The Delphi technique gathers experts' experience and knowledge in a specific field, using a multidisciplinary approach to gain a deeper understanding of the study's focus (Rozados, 2015; Munaretto et al., 2013). This method also aims to achieve expert consensus on sustainability indicators for the galvanic industry. Additionally, it maintains participants' anonymity and eliminates biases related to academic or professional status, encouraging more active and unbiased participation (Munaretto et al., 2013; Dalkey, 2018).

This study was submitted to and approved by the Research Ethics Committee of the Federal University of Paraíba, under Protocol no. 5.722.746 (CE/CCS/UFPB), through Platform Brazil, CAAE no. 63118022.4.0000.5188.

2.1 Study Area

The study area involved the municipality of Juazeiro do Norte-CE, part of the Cariri Metropolitan Region (RMC), one of the most important regions of the State of Ceará, northeastern Brazil. The municipality occupies an area of 249 km² and has a population of 270,383 inhabitants, according to estimates from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2017).

A study with the Municipal Environmental Authority of Juazeiro do Norte (AMAJU) identified 19 licensed veneer semi-jewelry industries in the municipality. Managers and workers from these industries participated in the research.

2.2 Selection of Subjects for Participation in the Validation of Indicators

The original Delphi interviewees were not chosen randomly but were carefully selected from all areas related to the research topic: galvanic industry processes, administration, quality management, environmental management, occupational safety management, and sustainable development. The Delphi technique emphasizes the importance of diversity and expertise among participants to ensure the quality and validity of the resulting forecasts and

decisions, but it does not set fixed rules regarding the number of specialists involved (Nutt, 2002; Rowe & Wright, 1999).

Participants were chosen based on the following inclusion criteria: being from the scientific field with research related to the study topics (electroplating, sustainable development, quality management, environmental management, occupational safety management), being a manager or worker in the galvanic industry, or being an environmental inspection professional. The exclusion criteria used in this study were: not being from the study topic area (electroplating, sustainable development, quality management, environmental management, occupational safety management) or not being an environmental inspection professional. A total of 70 invitations were sent for participation in the research.

2.3 Research Steps

The Delphi technique involves several well-defined stages designed to systematically and iteratively collect and refine expert opinions. The main stages of this process are described below:

- First stage: Initial collection and suggestions. In this stage, experts evaluate a preliminary set of indicators. They can suggest new indicators or alter the text of the proposed ones if necessary. To facilitate suggestions, a space is provided at the end of the instrument for participants to record their contributions descriptively.

- Second Stage: Analysis and Resubmission. The data collected in the first stage are analyzed to identify trends and areas of consensus or divergence. Based on this analysis, a second instrument (Instrument 2) is developed and sent to participants via Google Forms. This instrument, along with the consolidated feedback from the first stage, allows experts to reassess their responses considering contributions from others.

- Third Stage: Refinement and New Feedback. After analyzing the responses from the second stage, a third round of data collection is conducted. Instrument 3, accompanied by the tabulated results from the second stage, is sent to participants. This comprehensive feedback enables experts to adjust their responses based on the consolidated opinions of the group. This stage continues refining the responses and aims to further reduce divergences.

- Final Stage: Consolidation and Consensus. At the end of multiple rounds, the experts' opinions are consolidated to achieve a final consensus. The resulting list contains validated sustainability indicators for the galvanic industry, representing the convergence of the experts' opinions and ensuring that the indicators are robust and reflective of collective perspectives.

2.4 Bibliographic Survey

- Literature review and document survey: The goal was to identify models used for developing sustainability indicators. This review gathered information on the process of constructing the concept of sustainable development, its historical context, and its interrelationships with socio-environmental impacts caused by Industries with galvanic activities. It also covered the Brazilian legal foundations under which this concept has developed. The review, combined with document research on specific legislation, data, and reports related to indicators in Brazilian business management, formed the basis for developing the first data collection instrument.

- Comparative Analysis of Management System Standards: A comparative analysis of the Quality Management System ISO 9001 (NBR ISO 9001, 2015), the Environmental Management System ISO 14001 (NBR ISO 14001, 2015), and the Occupational Health and Safety Management System ISO 45001 (NBR ISO 45001, 2018) was conducted. This analysis combined the covered requirements, resulting in the Integrated Management System as the first step toward structuring the indicator system.

2.5 Elaboration of the Instrument

The initial indicators for the instrument were based on the Ethos Indicators for Sustainable and Responsible Businesses (Instituto Ethos, 2013). These indicators focus on evaluating the integration of sustainability and social responsibility into business practices, helping define strategies, policies, and processes (Pescador, Briere, & Novak, 2016). They enable self-assessment of management regarding the incorporation of social responsibility into strategic planning and overall monitoring (Penteado & Duarte, 2014).

Indicators meeting the requirements of ISO 9001 (quality management), ISO 14001 (environmental management), and ISO 45001 (occupational health and safety management) standards were added, along with ESG aspects. The ESG (Environmental, Social, and Governance) aspects emphasize integrating sustainable and socially responsible practices into business strategies, demonstrating that business prosperity and social progress can, and should, coexist (Porter & Kramer, 2011).

In this context, the proposed **environmental** indicators cover resource consumption (water, energy, raw materials, packaging materials, and fossil fuels), waste generation and treatment (hazardous waste, galvanic sludge, liquid

and gaseous effluents), and atmospheric emissions, aiming to reduce the sector's environmental impact. The **social** indicators address workers' health and safety, including accident and illness rates, exposure to chemicals, training, awareness campaigns, and workplace improvement programs. Indicators like job quality, additional payments and benefits, and monitoring the health and safety of third parties demonstrate the company's concern for employee well-being and social responsibility.

Governance indicators evaluate investment in infrastructure and services for public benefit, methods for monitoring quality, efficiency, and productivity, customer impact, and the performance of products, services, and teams. These indicators reflect the pursuit of transparent, efficient, and responsible management.

Additionally, the Sustainable Development Goals (SDGs) (UN, 2015) were considered. The relevant SDGs for the galvanic industry address water consumption and pollution (SDG 6), energy use and greenhouse gas emissions (SDG 7), health and safety risks for workers (SDG 8), innovation and cleaner technologies (SDG 9), hazardous waste generation (SDG 12), and contribution to climate change (SDG 13).

The responses were classified using the Likert scale (Linstone & Turoff, 2002), allowing participants to express the importance of each indicator (5—Very important; 4—Important; 3—Desirable; 2—Not a priority; 1—Dispensable). Indicators were selected if 75% of evaluations rated them as "important" or "very important." Data collection was conducted via Google Forms due to its ease of use, remote access, and anonymity. These features encourage participation and honesty, which are crucial for the success of the Delphi technique (Greener & Martelli, 2015; Gordon, 1994; Linstone & Turoff, 2002). Figure 1 presents the content of the instruments applied in the three stages of the Delphi Technique.

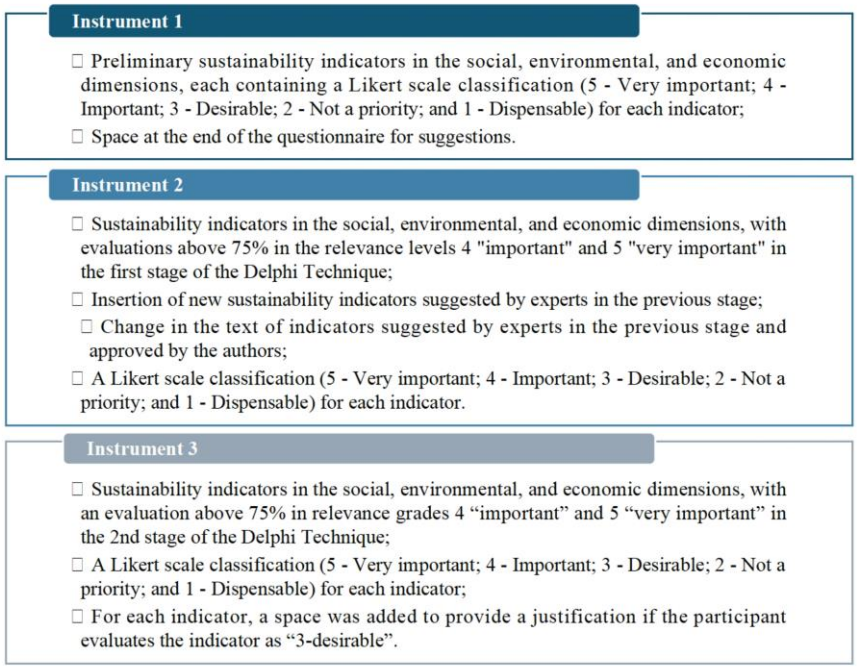


Figure 1. Content of the Instruments applied in the 3 stages of the Delphi Technique

Source: The authors, 2024.

2.6 Data Analysis

2.6.1 Data Organization

The collected data were systematically organized into tables and graphs, facilitating analysis and comparison across different rounds. This structuring allowed for clear visualization of the responses and changes in opinions throughout the process. Descriptive statistics and Spearman's correlation coefficient were used to analyze the data, providing a comprehensive view of the experts' opinions. Measures of central tendency, dispersion, position, and graphical representation facilitated data interpretation, while Spearman's coefficient assessed the consistency and relationship between responses across rounds, contributing to the robustness and validity of the research results.

- Data organization was done in Microsoft Excel spreadsheets and then imported into the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) and Statistica 12 for descriptive analysis and calculation of measures of central tendency. This process demonstrated the reference values that established the degree of consensus among the respondents.

2.6.2 Descriptive Statistics

To summarize and interpret the data from the experts, various descriptive statistical measures were employed. The general linear model (Ostertagova & Ostertag, 2013) with post-hoc tests (Nogueira, 2004) identified where differences occurred. Welch's correction was used to infer the F statistic for non-homogeneous variances among groups (Hajji & Leyrat, 2018), and Dunnett's post-hoc test was applied for heterogeneous variances (Sauder & DeMars, 2019).

Analyses were conducted in two stages: first, determining if there was a significant difference in at least one variable. If so, post-hoc tests identified which variables differed and in which profiles.

2.6.3 Spearman Correlation Coefficient

Spearman's correlation coefficient was used to analyze the relationship between experts' responses and evaluate the consistency of opinions across rounds (Genest, Nešlehová, & Rémillard, 2013), including the coefficient of determination and the regression line (Altman & Krzywinski, 2015). This non-parametric measure was chosen for its suitability for ordinal data and its lack of assumption about normal data distribution.

Descriptive statistical analysis combined with Spearman's correlation provided a detailed understanding of the patterns and trends in the experts' responses. Comparing rounds revealed the degree of consensus achieved and identified areas of greater or lesser agreement. This analytical approach was essential for synthesizing the experts' opinions and supporting decisions based on collective evaluations.

- Calculation of Spearman's Coefficient: Spearman's Coefficient was calculated for each pair of questionnaire rounds by measuring the strength and direction of the association between experts' response rankings.

- Interpretation of Results: Coefficient values close to "+1" indicated a strong positive correlation, suggesting high consistency in experts' responses between rounds. Values close to -1 indicated a negative correlation, while values close to 0 suggested little or no correlation.

The research methodology combined measures of central tendency (mean, median, mode), measures of dispersion (range, standard deviation, variance), and measures of position (quartiles, percentiles) to analyze experts' responses. Measures of central tendency provided an overview of the opinions, while measures of dispersion and position allowed for a detailed analysis of variability and distribution. These statistical measures were essential for interpreting the results of the Delphi technique, providing a robust and detailed analysis of the experts' opinions.

3. Results

The researchers participated significantly throughout the three stages of the Delphi Technique, representing an average of 50% of the respondents. Employees of industries with galvanic activities also had a relevant participation, averaging 27.4%, followed by industry managers at 14.5% and environmental inspectors at 4.8%.

The participating researchers had diverse academic backgrounds, including production engineering, industrial chemistry, environmental sciences, and economics. Many held postgraduate degrees in Sustainable Regional Development (Master's), Development and Environment (Doctorate), and Occupational Safety.

This diversity of profiles is desirable, as the proposed instrument encompasses indicators related to different areas of knowledge and is relevant to various stakeholders in the galvanic industry, such as environmental inspectors, managers, and employees. In the initial phase of the research, 62 individuals participated, as detailed in Table 1, however, 18 participants withdrew in the second stage and 12 in the third resulting in 32 participants in the final stage of the Delphi Technique.

Table 1. Profile of the interviewee for the 3 stages of the Delphi Technique

INSTRUMENT 1				
Profile of the interviewee	Frequency	Percentage	Valid percentage	Cumulative percentage
Environmental Inspector	3	4.8	4.8	4.8
Employee of the Galvanic Industry	17	27.4	27.4	32.2
Manager of the Galvanic Industry	9	14.5	14.5	46.7
Researcher	31	50.0	50.0	96.7
Unidentified	02	3.3	3.3	100.0
Total	62	100.0	100.0	
INSTRUMENT 2				
Profile of the interviewee	Frequency	Percentage	Valid percentage	Cumulative percentage
Environmental Inspector	2	4,5	4,5	4,5
Employee of the Galvanic Industry	9	20,5	20,5	25,0
Manager of the Galvanic Industry	8	18,2	18,2	43,2
Researcher	25	56,8	56,8	100,0
Unidentified	44	100,0	100,0	
INSTRUMENT 3				
Profile of the interviewee	Frequency	Percentage	Valid percentage	Cumulative percentage
Environmental Inspector	2	6.3	6.3	6.3
Employee of the Galvanic Industry	10	31.3	31.3	37.6
Manager of the Galvanic Industry	4	12.5	12.5	50.1
Researcher	16	50.0	50.0	100.0
Unidentified	32	100.0	100.0	

Source: The authors, 2024.

3.1 First stage of Delphi Method

Among the 62 participants in the first stage, only 50 evaluated all the indicators in Instrument 1. Incomplete responses were more frequent for the indicators related to occupational safety, possibly due to the participants' lack of specific knowledge in this area. Additionally, these topics are complex and specific, which may have led participants to ignore them or respond to them partially, depending on their prior knowledge in the area (Table 2).

Table 2. Descriptive statistics—Instrument 1

Indicators	N	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
A1 - Energy consumption	62	3	5	4.68	0.621
A2 - Water consumption	62	3	5	4.74	0.599
A3 - Water reuse	62	1	5	4.73	0.728
A4 - Consumption of packaging materials	62	2	5	4.15	0.973
A5 - Consumption of raw materials	62	3	5	4.4	0.735
A6 - Generation of hazardous waste - Class I	62	1	5	4.39	1.077
A7 - Generation of galvanic sludge	62	1	5	4.26	1.115
A8 - Generation of liquid effluents	61	1	5	4.26	1.063
A9 - Generation of gaseous effluents	60	1	5	4.17	1.122
A10 - Recycling of solid waste	62	3	5	4.55	0.670
A11 - Effluent recycling	62	1	5	4.65	0.726
A12 - Consumption of fossil fuels	60	1	5	3.75	1.244
A13 - Physicochemical standards of effluents	62	1	5	4.53	0.762
A14 - Atmospheric emissions	61	1	5	4.38	0.969
S1 - Lost workdays by employees	60	1	5	4.13	0.929
S2 - Specific incidence rate for occupational diseases	61	2	5	4.62	0.610
S3 - Incidence rate of typical work accidents	60	2	5	4.58	0.645
S4 - Level of exposure to chemical agents in the plating sector	62	3	5	4.77	0.493
S5 - Legal documentation related to occupational health and safety	62	3	5	4.69	0.561
S6 - Compliance with regulatory labor standards regarding emergencies and fire hazards	62	3	5	4.74	0.571
S7 - Monitoring of indicators and rates related to occupational health and safety	61	2	5	4.66	0.602
S8 - Collective and personal protective equipment	61	3	5	4.77	0.529
S9 - Training in occupational health and safety for employees	62	3	5	4.77	0.525
S10 - Awareness campaigns on the topic and/or campaigns aimed at employee well-being	62	3	5	4.35	0.704
S11 - Programs for risk reduction and promotion of workplace improvements	62	2	5	4.56	0.692
S12 - Monitoring of third-party occupational health and safety performance	62	2	5	4.29	0.876
E1 - Direct economic value generated: revenues, operating costs, remuneration, employees, donations, other community investments, retained earnings, and payments to capital providers and governments	60	2	5	4.17	0.806
E2 - Risk and opportunity rate for activitie due to environmental changes (climate)	62	2	5	4.39	0.710
E3 - Value and description of benefits paid to employees	62	2	5	4.26	0.700
E4 - Value of financial assistance received from the government	62	2	5	3.85	0.865
E5 - Proportion of spending on local suppliers in significant operational units	62	2	5	4	0.830
E6 - Proportion of senior management members recruited to work in significant operational units	62	2	5	3.87	0.799
E7 - Value of investment in infrastructure and services for public benefit (health, education, safety, and related areas)	62	2	5	4.26	0.808
Q1 - Efficiency and productivity	62	3	5	4.74	0.477
Q2 - Impact (customer satisfaction levels regarding the quality of sold products)	62	3	5	4.74	0.477
Q3 - Effectiveness (number of product defects over time)	62	1	5	4.34	0.848
Q4 - Customer service (number of complaints)	62	3	5	4.42	0.666
Q5 - Production safety	62	3	5	4.79	0.449
Q6 - Completion of requirements on time	61	3	5	4.49	0.698
Q7 - Product/service/team performance	62	3	5	4.5	0.695
Evaluated all indicators	50				

Source: The authors, 2024.

Most indicators received evaluations ranging from 3 to 5, with some ranging from 2 to 5. The response "dispensable" was rarely considered by the panel of experts, highlighting the relevance of the listed indicators.

The indicator with the greatest variation in evaluation was A12—Consumption of Fossil Fuels, showing the highest standard deviation. This indicator received 66.2% in evaluations rated as 4 and 5 on the relevance scale (Figure 1). This low score can be partly attributed to a lack of awareness about the consequences of fossil fuel consumption, a topic frequently discussed in academic literature.

In "Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming" (2010), Naomi Oreskes and Erik Conway expose obfuscation strategies adopted by political and economic interests regarding fossil fuel consumption. Bill McKibben's "The End of Nature" (1989) warned about the dangers of fossil fuels and the urgent need for renewable energy. David Wallace-Wells' "The Uninhabitable Earth: Life After Warming" (2019) presents a grim vision of the future if climate change is not addressed. These authors highlight the adverse impacts of fossil fuel consumption and the urgency of mitigating climate change effects.

3.1.1 Assessment by Degree of Relevance—First Stage of the Delphi Method:

Of the seven quality management indicators proposed, three received the highest evaluations (above 98% for relevance levels 4 and 5). These were Q1—Efficiency and productivity, Q2—Customer satisfaction levels regarding product quality (both with 98% evaluations), and Q5—Production safety (98.3%). The best-evaluated indicators are related to quality management. Figure 2 presents the assessment by degree of relevance for the indicators in Instrument 1.

Except for A12—Consumption of Fossil Fuels, the other environmental indicators received evaluations above 75% for relevance levels 4 and 5. Listed in order of relevance, these are: A11—Effluent recycling (93.6%), A2—Water consumption and A3—Water reuse (both 92%), A13—Physicochemical standards of effluents and A1—Energy consumption (both 91.9%), A10—Solid waste recycling (90.3%), A14—Atmospheric emissions (87.1%), A6—Generation of hazardous waste—Class I (85.5%), A5—Raw material consumption (85.4%), A8—Generation of liquid effluents (83.8%), A7—Generation of galvanic sludge (82.3%), A9—Generation of gaseous effluents (79%), and A4—Consumption of packaging materials (75.8%). There were no suggestions for new indicators in this category.

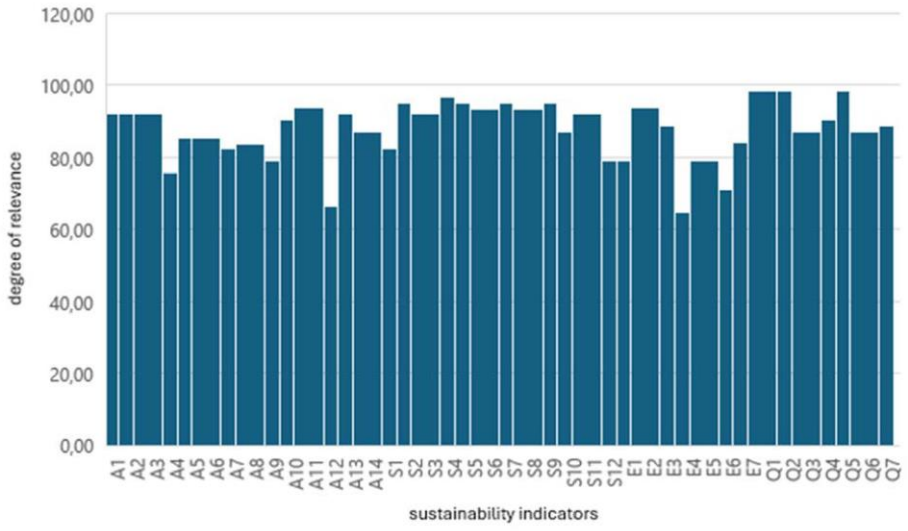


Figure 2. Assessment by degree of relevance—Indicators of Instrument 1

Source: The authors, 2024.

With regard to economic indicators, the analysis of relevance levels showed the greatest divergence and was judged most critically. Only 5 of the 7 proposed indicators received ratings of 4 or 5 above 75%. These were E2—Risk and opportunity rate due to environmental (climate) changes (93.6%), E3—Value and description of benefits paid to employees (88.7%), E7—Value of investment in infrastructure and services for public benefit (83.9%), and E5—Proportion of spending on local suppliers in significant operational units (79.0%).

Indicators E4—Value of financial assistance received from the government and E6—Proportion of senior management members recruited for significant operational units did not reach 75% consensus for relevance levels 4 and 5, scoring 64.0% and 71.0%, respectively.

For social indicators, all proposed indicators were deemed important. The highest scores were for S4—Level of exposure to chemical agents in the plating sector (96.7%); S7—Monitoring of indicators and rates related to occupational health and safety, S5—Legal documentation related to occupational health and safety, and S9—Training in occupational health and safety for employees (all 95.2%). S2—Specific incidence rate for occupational diseases and S6—Compliance with regulatory labor standards regarding emergencies and fire hazards scored 93.5% and 95.2%, respectively.

Three new indicators were suggested for this category: SN1—Quality of work from the worker's perspective, SN2—Payments of additional benefits as stipulated by law or collective agreement, and SN3—Adequacy of Personal Protective Equipment (PPE) for the work performed. Participants provided their evaluations for the proposed indicators, except for SN3, which did not receive a prior evaluation. Table 3 presents the suggested and evaluated indicators from the first stage.

Table 3. Indicators suggested and evaluated in the first stage.

Suggested Indicators	Degree of relevance				
	5	4	3	2	1
SN1 - Quality of work from the worker's perspective		X			
SN2 - Payments of additional benefits as stipulated by law or collective agreement		X			
SN3 - Adequacy of Personal Protective Equipment (PPE) for the work performed					
QN1 - Use of methods to monitor quality levels			X		
EN1 - Amount allocated to R&D activities		X			
EN2 - Amount allocated to employee professional training projects		X			

Source: The authors, 2024.

3.2 Second Stage of the Delphi Method

In the second stage of the Delphi method, Instrument 2 was sent out. It contained indicators that received over 75% ratings for relevance levels 4 and 5 in the first stage, along with the indicators suggested by participants, totaling 41 indicators. The instrument was sent to all previous participants via a Google Forms link through email and WhatsApp. This stage had 44 respondents, as shown in Table 4.

Statistical analysis revealed that the indicator with the greatest variation in evaluation was S1—Workdays lost by employees, which had the highest standard deviation. Indicators with the least variation, meaning the lowest standard deviation, were those related to water consumption and collective and personal protective equipment, as presented in Table 4.

Table 4. Descriptive statistics for Instrument 2

Indicators	N	Minimum	Maximum	Mean	Standard Deviation
A1 - Energy consumption	44	3	5	4.8	0.509
A2 - Water consumption	44	3	5	4.86	0.409
A3 - Water reuse	44	3	5	4.82	0.446
A4 - Packaging material consumption	44	2	5	4.16	0.861
A5 - Raw material consumption	43	3	5	4.44	0.700
A6 - Generation of hazardous waste - Class I	44	1	5	4.43	0.998
A7 - Generation of galvanic sludge	44	1	5	4.52	0.902
A8 - Generation of liquid effluents	44	1	5	4.52	1.023
A9 - Generation of gaseous effluents	44	1	5	4.36	1.059
A10 - Recycling of solid waste	44	2	5	4.59	0.757
A11 - Effluent recycling	44	2	5	4.64	0.650
A13 - Physical-chemical standards of effluents	44	3	5	4.66	0.608
A14 - Atmospheric emissions	44	1	5	4.34	1.077
SN1 - Quality of work from the worker's perspective	44	3	5	4.55	0.627
SN2 - Payments of additional benefits as stipulated by law or collective agreement	43	3	5	4.49	0.668
SN3 - Adequacy of Personal Protective Equipment (PPE) for the work performed	44	3	5	4.8	0.462
S1 - Workdays lost by employees	43	1	5	3.93	1.242
S2 - Specific incidence rate of occupational diseases	44	3	5	4.52	0.698
S3 - Incidence rate of typical work accidents	44	3	5	4.5	0.665
S4 - Level of exposure to chemical agents in the plating sector	43	3	5	4.72	0.549
S5 - Legal documentation related to Occupational Health and Safety	44	3	5	4.64	0.532
S6 - Compliance with regulatory labor standards concerning emergencies and fire risks	44	3	5	4.75	0.488
S7 - Monitoring of indicators and rates related to occupational health and safety	44	2	5	4.68	0.674
S8 - Collective and personal protective equipment	44	3	5	4.86	0.409
S9 - Occupational health and safety training for employees	44	3	5	4.59	0.583
S10 - Awareness campaigns on the topic and/or campaigns aimed at employee well-being	44	3	5	4.34	0.776
S11 - Programs to reduce risks and promote improvements in the work environment	44	3	5	4.57	0.625
S12 - Monitoring the performance of third parties in occupational health and safety	44	2	5	4.16	0.939
EN1 - Amount allocated to R&D activities	42	3	5	4.19	0.740
EN2 - Amount allocated to employee professional training projects	44	2	5	4.07	0.846
E1 - Direct economic value generated	43	2	5	4.09	0.971
E2 - Risk and opportunity rates for activities due to environmental (climate) changes	44	2	5	4.25	0.811
E3 - Amount and description of benefits paid to employees	44	2	5	4.18	0.843
E5 - Proportion of spending on local suppliers in important operational units	44	1	5	3.93	1.087
E7 - Amount of investment in infrastructure and services for public benefit (health, education, security, etc.)	42	2	5	4.02	1.024
QN1 - Use of methods to monitor quality levels	44	2	5	4.45	0.730
Q1 - Efficiency and productivity	44	3	5	4.43	0.728
Q2 - Impact (customer satisfaction levels regarding the quality of products sold)	44	1	5	4.45	0.951
Q3 - Effectiveness (number of product defects over time)	44	1	5	4.34	0.963
Q4 - Customer service (number of complaints)	44	1	5	4.16	1.010
Q5 - Production safety	44	3	5	4.75	0.576
Q6 - Completion of requirements within the deadline	44	1	5	4.41	0.897
Q7 - Performance of the product/service/team	44	1	5	4.41	0.871
Answered all	39				

Source: The authors, 2024.

In this stage, out of the 44 participants, only 39 evaluated all the indicators in Instrument 2. Incomplete responses occurred mainly in indicators related to occupational safety and economic indicators.

3.2.1 Assessment by Degree of Relevance—Second Stage of the Delphi Method

The results from Instrument 2 (Figure 2) show the best-evaluated indicators were: S6—Compliance with regulatory labor standards concerning emergencies and fire risks (97.8%); SN3—Adequacy of Personal Protective Equipment (PPE) for the work performed; S5—Legal documentation related to Occupational Health and Safety; A2—Water consumption; A3—Water reuse; and S8—Collective and personal protective equipment, all with 97.7% consensus. Figure 3 presents the assessment by degree of relevance for the indicators in Instrument 2.

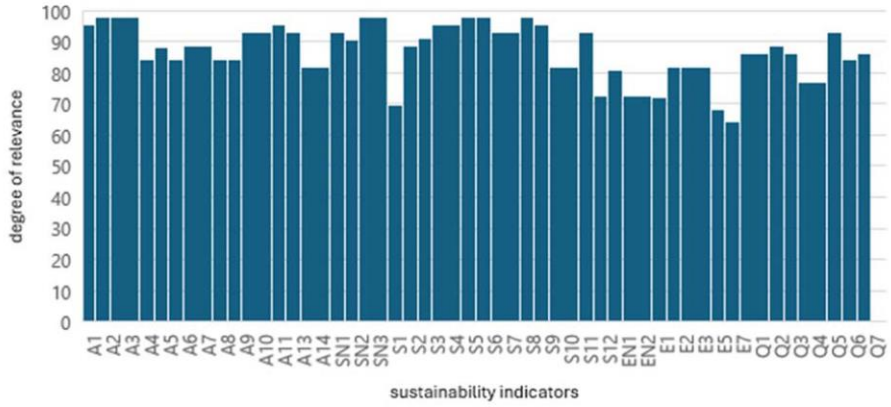


Figure 3. Assessment by degree of relevance – Indicators of Instrument 2

Source: The authors, 2024.

Indicators not achieving over 75% for relevance levels 4 and 5 were excluded from the final list of sustainability indicators for the galvanic industry. These included EN2—Amount allocated to employee professional training projects (72.8%), S12—Monitoring the performance of third parties in occupational health and safety (72.7%), E1—Direct economic value generated (72.1%), S1—Workdays lost by employees (69.8%), E5—Proportion of spending on local suppliers in important operational units (68.1%), and E7—Amount of investment in infrastructure and services for public benefit (64.2%).

3.3 Third Stage of the Delphi Method

In the third and final stage, the instrument included only three relevance levels: 5 for "Very important," 4 for "Important," and 3 for "Desirable," aiming to validate and determine the final importance of the selected indicators. A space was provided for participants to justify their evaluation if they rated an indicator as "Desirable." This allowed participants to highlight relevant factors not addressed by others. After returning the questionnaires, data were organized and tabulated using descriptive statistics. Table 5 presents the statistical analysis for Instrument 3.

Table 5. Statistical analysis—Instrument 3

Sustainability indicators for the galvanic industry		% Important	% Very Important
A1	Energy consumption	15.6	84.4
A2	Water consumption	9.4	90.6
A3	Water reuse	15.6	84.4
A4	Consumption of packaging materials	31.3	59.4
A5	Raw material consumption	25.0	71.9
A6	Generation of Hazardous Waste - Class I	34.4	59.4
A7	Generation of Galvanic Sludge	25.0	71.9
A8	Generation of Liquid Effluents	25.0	68.8
A9	Generation of Gaseous Effluents	37.5	56.3
A10	Recycling of Solid Waste	18.8	81.3
A11	Effluent Recycling	18.8	78.1
A13	Physicochemical Standards of Effluents	25.0	75.0
A14	Atmospheric Emissions	18.8	75.0
SN1	Job quality from the worker's perspective	31.3	68.8
SN2	Payments of legal or collective agreement bonuses	12.5	84.4
SN3	Adequacy of Personal Protective Equipment for the work performed	28.1	71.9
S2	Specific incidence rate for occupational diseases	28.9	78.1
S3	Incidence rate of typical work accidents	34.4	74.6
S4	Level of exposure to chemical agents in the plating sector	25.0	75.0
S5	Legal documentation related to Occupational Health and Safety	37.5	62.5
S6	Compliance with Labor Regulatory Standards regarding emergencies and fire hazards	21.9	78.1
S7	Monitoring of health and safety indicators and rates	37.5	62.5
S8	Collective and Personal Protective Equipment	15.6	84.4
S9	Training in occupational health and safety with employees	25.0	75.0
S10	Awareness campaigns on the topic and/or campaigns aimed at employee well-being	34.4	62.5
S11	Programs for risk reduction and workplace improvement	31.3	61.6
S12	Monitoring the health and safety performance of third parties	50.0	46.9
EN1	Amount allocated to R&D activities	62.5	34.4
EN2	Amount allocated to employee professional training projects	56.3	43.8
E2	Rate of risks and opportunities for activities due to environmental (climatic) changes	50.0	50.0
E3	Value and description of benefits paid to employees	43.8	53.3
QN1	Use of methods for monitoring quality levels	40.6	59.4
Q1	Efficiency and productivity	31.3	68.8
Q2	Impact (customer satisfaction levels regarding product quality)	40.6	59.4
Q3	Effectiveness (number of product defects over time)	43.8	56.3
Q4	Customer service (number of complaints)	56.3	43.8
Q5	Production safety	9.4	90.6
Q6	Completion of requirements within the deadline	40.6	59.4
Q7	Performance of the product / or service / or team	37.5	62.5

Source: The authors, 2024.

Figure 4 highlights sustainability indicators in the galvanic industry, classified by their degree of relevance and including only those rated as "very important" by experts. Two indicators achieved over 90% agreement: water consumption and production safety, both with 90.6% of evaluations rated as "very important."

Four indicators received 84.4% of evaluations: energy consumption, water reuse, collective and personal protective equipment, and payments of bonuses as stipulated by law or collective agreements. The indicator related to solid waste recycling received 81.3% of evaluations rated as "very important." The remaining indicators received less than 80% of evaluations rated as "very important" and are listed in Table 6 below, in order of relevance.

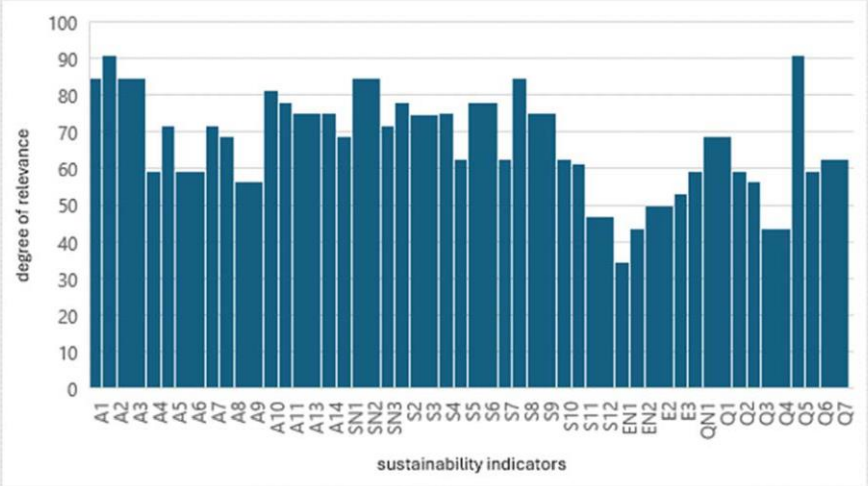


Figure 4. Assessment by degree of relevance – Indicators of Instrument 3

Source: The authors, 2024.

The remaining indicators, receiving less than 80% of evaluations rated as "very important," are listed in Table 6 below, in order of relevance. The final list contains 39 sustainability indicators agreed upon by participants, as shown in Table 6. These chosen indicators aim to measure sustainable management specific to the galvanic industry, directing it towards integrated management of quality, environment, and occupational health and safety.

Table 6. Final list of sustainability indicators for the galvanic industry

Sustainability indicators for the galvanic industry by degree of relevance		% Very Important
A2	Water consumption	90.6
Q5	Production safety	90.6
A1	Energy consumption	84.4
A3	Water reuse	84.4
SN2	Payments of bonuses as stipulated by law or collective agreement	84.4
S8	Collective and Personal Protective Equipment	84.4
A10	Recycling of Solid Waste	81.3
A11	Effluent Recycling	78.1
S2	Specific incidence rate for occupational diseases	78.1
S6	Compliance with Labor Regulatory Standards regarding emergencies and fire hazards	78.1
A13	Physicochemical Standards of Effluents	75.0
A14	Atmospheric Emissions	75.0
S4	Level of exposure to chemical agents in the plating sector	75.0
S9	Training in occupational health and safety for employees	75.0
S3	Incidence rate of typical work accidents	74.6
A5	Raw material consumption	71.9
A7	Generation of Galvanic Sludge	71.9
SN3	Adequacy of Personal Protective Equipment for the work performed	71.9
A8	Generation of Liquid Effluents	68.8
SN1	Job quality from the worker's perspective	68.8
Q1	Efficiency and productivity	68.8
S5	Legal documentation related to Occupational Health and Safety	62.5
S7	Monitoring of health and safety indicators and rates	62.5
S10	Awareness campaigns on the topic and/or campaigns aimed at employee well-being	62.5
Q7	Performance of the product / or service / or team	62.5
S11	Programs for risk reduction and workplace improvement	61.6

A4	Consumption of packaging materials	59.4
A6	Generation of Hazardous Waste - Class I	59.4
QN1	Use of methods for monitoring quality levels	59.4
Q2	Impact (customer satisfaction levels regarding product quality)	59.4
Q6	Completion of requirements within the deadline	59.4
A9	Generation of Gaseous Effluents	56.3
Q3	Effectiveness (number of product defects over time)	56.3
E3	Value and description of benefits paid to employees	53.3
E2	Rate of risks and opportunities for activities due to environmental (climatic) changes	50.0
S12	Monitoring the health and safety performance of third parties	46.9
EN2	Amount allocated to employee professional training projects	43.8
Q4	Customer service (number of complaints)	43.8
EN1	Amount allocated to R&D activities	34.4

Source: The authors, 2024.

4. Discussion

The indicators considered most relevant in this study were “Water Consumption” and “Production Safety,” both with 90.6% consensus for the “very important” relevance level.

The “Water Consumption” indicator is crucial for assessing sustainability and operational efficiency in industries with galvanic activities. It encompasses environmental, economic, and regulatory aspects. Environmentally, it measures the water footprint and efficient resource management, essential in the context of increasing water scarcity (Hoekstra et al., 2011). From a regulatory standpoint, it ensures compliance with environmental standards, avoiding fines and sanctions. Thus, monitoring and reducing water consumption is vital for the sustainability, efficiency, economy, and compliance of industries with galvanic activities, enhancing overall business performance.

Similarly, the “Production Safety” indicator is essential due to the various risks associated with galvanization processes, including handling hazardous chemicals, operating heavy equipment, and exposure to dangerous environments. Worker protection is a priority given the toxicity of substances such as chromium, zinc, and nickel (NIOSH, 2018). Additionally, compliance with government regulations is crucial to ensure the sustainability and social responsibility of operations (ABNT NBR ISO, 2018). In summary, production safety directly influences various aspects of industries with galvanic activities, making the implementation and monitoring of safe practices necessary for sustainable and responsible operations.

The indicator with the lowest percentage of consensus among experts was “Amount Allocated to R&D Activities,” with 34.4% consensus for the “very important” relevance level. This lower consensus is due to differing views among experts on the role of research and development in an organization’s success. Some consider it crucial for long-term innovation and growth, while others prioritize investments in areas such as marketing or production.

4.1 Valorization of Galvanic Sludge Waste: A Sustainable Approach for the Galvanic Industry

Galvanic sludge, a byproduct of the electroplating industry, contains various heavy metals. Its specific composition varies depending on the processes and chemicals used in plating. Several studies identify zinc (Zn) and copper (Cu) as the predominant metals in galvanic sludge (Alves & Seo, 2014; Rodrigues et al., 2020). While nickel (Ni), cadmium (Cd), manganese (Mn), iron (Fe), chromium (Cr), and cobalt (Co) are also present, they typically appear in lower concentrations. The presence of these metals, even in trace amounts, raises concerns due to their potential toxicity and environmental impact (Alves & Seo, 2014; Costalonga, Lelis, & Pertel, 2011; Rodrigues et al., 2020).

The Brazilian standard NBR10004/04 classifies and characterizes waste as hazardous based on certain chemical elements. Cadmium (Cd) and chromium (Cr) are the primary constituents responsible for this classification. Known for their toxicity, these elements can cause significant harm to the environment and human health. Therefore, the presence of Cd and Cr in galvanic sludge requires special attention and appropriate treatment to prevent environmental and health risks.

Valorizing galvanic sludge waste (GSW) is a feasible and realistic approach for the galvanic industry to avoid the negative impacts associated with landfill disposal. This method mitigates environmental hazards and promotes the sustainable reuse of materials. Transforming GSW into valuable resources offers significant environmental and economic benefits (Nasyrov et al., 2019; Cubas et al., 2014). The technological domain of Integrated Management in industries with galvanic activities plays a crucial role in achieving sustainability goals (Lositska, 2018). By incorporating technological advancements, industries can optimize processes, reduce waste, and minimize

environmental impact (Innocenzi et al., 2020). Implementing cleaner production technologies, such as advanced filtration systems, recycling units, and automation, significantly decreases resource consumption, particularly water and energy (Oliveira et al., 2019). Additionally, adopting innovative treatment methods for effluents and waste mitigates pollution and promotes a circular economy (Figueirêdo et al., 2021).

4.2 Technological Integration for Sustainable Galvanic Industry Management

Technological advancements can enhance occupational safety in industries with galvanic activities. Sensors, monitoring systems, and personal protective equipment help identify and mitigate potential hazards, ensuring a safer working environment for employees (NIOSH, 2018). Investing in research and development allows industries to continuously improve their technologies, leading to more sustainable and efficient practices.

Integrating technology into the management systems of industries with galvanic activities is essential for achieving long-term sustainability. Embracing technological solutions enables industries to comply with environmental regulations, reduce costs, improve efficiency, and meet the growing demand for sustainable products and services. This integration provides a competitive advantage and supports overall sustainability goals.

4.3 Contribution to SGDs

SDG 6 (Clean Water and Sanitation): The industries with galvanic activities consumes considerable amounts of water and generates potentially polluting effluents. Indicators that measure water consumption per produced piece, water reuse rate, and effluent quality help monitor and reduce environmental impact, promoting sustainable water use.

SDG 7 (Clean and Affordable Energy): The industries with galvanic activities can reduce energy consumption by optimizing processes, using more efficient equipment, and adopting renewable energy sources such as solar and wind. Evaluating the possibility of generating clean energy for consumption contributes to the renewable energy matrix.

SDG 8 (Decent Work and Economic Growth): The industries with galvanic activities exposes workers to chemical and physical risks. Indicators related to occupational health and safety, such as accident rates, number of occupational diseases, and absenteeism index, promote safer and healthier work environments, enhancing worker well-being and sustainable economic growth.

SDG 9 (Industry, Innovation, and Infrastructure): Research encourages innovation and the development of cleaner, more efficient technologies in the galvanic sector by proposing indicators like investment in research and development and the adoption of clean technologies. This modernizes the industry and reduces environmental impacts.

SDG 12 (Responsible Consumption and Production): The generation of hazardous waste is a challenge for the industries with galvanic activities. Indicators measuring waste quantity, recycling rate, and proper disposal encourage more responsible consumption and production practices, promoting a circular economy.

SDG 13 (Climate Action): The galvanic industry contributes to greenhouse gas emissions. Indicators such as the carbon footprint and emissions per produced piece encourage the adoption of mitigation and adaptation measures to climate change, aligning the sector with global emission reduction commitments.

4.4 Contribution to ESG in Industries with galvanic activities

Environmental (E): The proposed indicators help industries with galvanic activities monitor and reduce environmental impacts such as water consumption, waste generation, and greenhouse gas emissions. This strengthens the company's image as environmentally responsible and improves stakeholder relationships;

Social (S): Including occupational health and safety indicators shows a commitment to employee well-being, enhancing the organizational climate and the industry's reputation as an employer;

Governance (G): The research promotes transparent and responsible management practices, such as disclosing social and environmental performance information and implementing integrated management systems. This strengthens corporate governance and increases investor and stakeholder trust.

5. Conclusion

The research resulted in expert consensus on 39 sustainability indicators specific to the industries with galvanic activities through the Delphi Technique. Besides indicators related to the sustainability tripod (environmental, economic, and social), the instrument also included indicators for integrated management of quality, environment, and occupational safety.

Adopting an Integrated Management System (IMS) with an effective system of indicators is crucial for the

sustainability of the galvanic sector. By integrating the dimensions of quality, environment, and occupational safety, companies can achieve significant economic and socio-environmental results.

Indus

This research provides a sustainability framework adaptable to other environmentally burdened industries beyond galvanic operations. The IMS, encompassing quality (ISO 9001), environmental (ISO 14001), and occupational safety (ISO 45001) standards, offers a holistic approach to addressing sustainability challenges. This approach can be tailored to other sectors like mining, textiles, or chemical manufacturing by incorporating relevant indicators.

Aligning with SDGs and ESG principles ensures sustainability efforts are environmentally sound, socially responsible, and economically viable. The SDGs offer a universal framework for global challenges, while ESG principles guide businesses towards responsible practices. By adapting these research findings, other industries can develop comprehensive sustainability strategies for a more sustainable future.

These indicators are part of a primary study for subsequent implementation in the industries with galvanic activities to verify their applicability. This approach aims to contribute significantly to comprehensive sustainability analyses of the sector, both nationally and internationally, ensuring clear and unbiased results.

References

Ahmad, S., & Wong, K. Y. (2019). Development of weighted triple-bottom line sustainability indicators for the Malaysian food manufacturing industry using the Delphi method. *Journal of Cleaner Production*, *229*, 1167–1182. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.399

Altman, N., & Krzywinski, M. (2015). Simple linear regression. *Nature Methods*, *12*, 999–1000. https://doi.org/10.1038/nmeth.3627

Alves, L. C., & Seo, E. S. M. (2014). Characterization of solid waste from the galvanic process for environmental economic valuation. *Sanitary and Environmental Engineering*, *19*(4), 423–434.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015a). *NBR ISO9001: 2015—Quality management systems—requirements*.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2015b). *NBR ISO14001: 2015—Environmental management systems—requirements with guidance for use*.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2018). *NBR ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems—Requirements with guidance for use*.

Bertolino, M. T., & Couto, M. (2018). *Integrated Management Systems: ISO 9001, ISO 14001 and ISO 45001, Quality, Environmental and Occupational Health and Safety Management with Focus on Results* (1st ed.). Qualitymark Editora.

Costalonga, L. E. O., Lelis, M. F. F., & Pertel, M. (2011). *III-139—Assessment of the toxic load of galvanic sludge from the cyanide-free effluent treatment process*. 26th Brazilian Congress of Sanitary and Environmental Engineering.

Cubas, A. L. V., Machado, M. de M., Machado, M. de M., Gross, F., Magnago, R. F., Moecke, E. H. S., & Souza, I. G. de. (2014). Inertization of Heavy Metals Present in Galvanic Sludge by DC Thermal Plasma. *Environmental Science & Technology*, *48*(5), 2853–2861. https://doi.org/10.1021/es404296x

Dalkey, N. C. (2018). Delphi. In *An Introduction to Technological Forecasting* (pp. 25–30). https://doi.org/10.4324/9781351106450-3

Eccles, R. G., & Serafeim, G. (2014). The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance. *Management Science*, *60*(11), 2835–2857. https://doi.org/10.1287/mnsc.2014.1984

Figueirêdo, S. S. M., Pinto, L. A., Oliveira, L. S., Menezes, J. M. C., & de Paula Filho, F. J. (2021). Overview of industrie with galvanic activitie in Juazeiro do Norte, Brazil: emphasis on trace metal content in effluents and solid waste. *Sanitary and Environmental Engineering*, *26*(6), 1111–1121. https://doi.org/10.1590/s1413-415220190063

Genest, C., Nešlehová, J. G., & Rémillard, B. (2013). On the estimation of Spearman's rho and related tests of independence for possibly discontinuous multivariate data. *Journal of Multivariate Analysis*, *117*, 214–228. https://doi.org/10.1016/j.jmva.2013.02.007

Gordon, T. J. (1994). *The Delphi Method: Techniques and Applications*. Addison-Wesley.

Greener, S., & Martelli, J. (2015). *An Introduction to Business Research Methods*. Bookboon.

Hajji, Y., & Leyrat, C. (2018). *ANOVA, Welch correction, Satterthwaite correction and Kruskal-Wallis test comparison of type I error rate and power*.

Henderson, R. (2020). *Reimagining Capitalism in a World on Fire*. Public Affairs.

Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., & Mekonnen, M. M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual: Setting the Global Standard*. Earthscan.

Innocenzi, V., Cantarini, F., Amato, A., Morico, B., Ippolito, N. M., Beolchini, F., … Vegliò, F. (2020). Case study on technical feasibility of galvanic wastewater treatment plant based on life cycle assessment and costing approach. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *8*(6), 104535. https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104535

Instituto Ethos. (2013). *Ethos Indicators for Sustainable and Responsible Business*.

Khan, M., Serafeim, G., & Yoon, A. (2016). Corporate Sustainability: First Evidence on Materiality. *The Accounting Review*, *91*(6), 1697–1724. SSRN. https://doi.org/10.2308/accr-51383

Klein, N. (2014). *This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate*. Simon & Schuster.

Lakatos, E. M., & Marconi, M. A. (2010). *Fundamentals of scientific methodology*. Atlas.

Linstone, H., & Turoff, M. (2002). *The Delphi Method*.

Lositska, T. (2018). Innovative Technologies: Essence and Importance of Galvanic Production Development. *Technology Transfer: Innovative Solutions in Social Sciences and Humanities*, *1*, 7–9. https://doi.org/10.21303/2613-5647.2018.00618

McKibben, B. (1989). *The End of Nature*. Random House.

Mengistu, A. T., & Panizzolo, R. (2023). Analysis of indicators used for measuring industrial sustainability: a systematic review. *Environment, Development and Sustainability*, *25*, 1979–2005. https://doi.org/10.1007/s10668-021-02053-0

Munaretto, L. F., Corrêa, H. L., & Cunha, J. A. C. (2013). A study on the characteristics of the Delphi Method and Focus Group as techniques to obtain data in exploratory research. *Revista de Administração da UFSM*, *6*(1), 9–24. https://doi.org/10.5902/198346596243

Nasyrov, I. A., Lukina, K. S., Mavrin, G. V., & Kharlyamov, D. A. (2019). Emission of heavy metals from galvanic production sludge in water objects and soil. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, *23*(3), 734–745. https://doi.org/10.37200/IJPR/V23I3/PR190362

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2018). *Preventing Occupational Exposures to Lead and Other Metals in the Industrial Sector*.

Nutt, P. C. (2002). *Making Tough Decisions: Tactics for Improving Managerial Decision Making*. Jossey-Bass.

Oliveira, L. S., Pinto, L. A., Figueiredo, S. S. M., Menezes, J. M. C., & Filho, F. J. P. (2019). *Analysis of effluents generated by industrie with galvanic activitie in the production of plated jewelry*. SBRNS Brazilian Semiarid Natural Resources Symposium.

Oreskes, N., & Conway, E. M. (2010). *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*. Bloomsbury Press.

Ostertagova, E., & Ostertag, O. (2013). Methodology and Application of One-way ANOVA. *American Journal of Mechanical Engineering*, *1*(7), 256–261.

Penteado, E. J. S., & Duarte, C. G. (2014). An evaluation of the Ethos Indicators based on the Bellagio Principles. In *International Meeting on Business Management and the Environment* (Vol. 16). FEA USP. Retrieved from https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/76.pdf

Pescador, S. V. B., Briere, F., & Novak, P. (2016). The impact of the results of the assessment of corporate social responsibility using the ethos sebrae-2013 indicators on the actions of the companies investigated. *Social Sciences in Perspective Magazine*, *15*(29), 115–138. https://doi.org/10.5935/1981-4747.20160006

Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating Shared Value. *Harvard Business Review*, *89*(1/2), 62–77.

Rodrigues, M. F. S., Veldhuis, R., Gomes, L. K. M., Menezes, J. M. C., Teixeira, R. N. P., & Silva, J. H. (2020). Evaluation of the retentive capacity of toxic metals from galvanoplasty industries using ceramic matrices. *Research, Society and Development*, *9*(7).

Rozados, H. B. F. (2015). The use of the Delphi technique as a methodological alternative for the field of

Information Science. *Em Questão*, *21*(3), 64–86. https://doi.org/10.19132/1808-5245213.64-86

Rowe, G., & Wright, G. (1999). The Delphi technique as a forecasting tool: questions and analysis. *International Journal of Forecasting*, *15*(4), 353–375. https://doi.org/10.1016/s0169-2070(99)00018-7

Sauder, D. C., & DeMars, C. E. (2019). An Updated Recommendation for Multiple Comparisons. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, *2*(1), 26–44. https://doi.org/10.1177/2515245918808784

Vanham, P., & Schwab, K. (2021). *Stakeholder Capitalism: A Global Economy that Works for Progress, People and Planet*. Wiley. ISBN: 978-1-119-75614-9

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author, with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).