

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**CRISLAINE MARQUES FRIZO**

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA ANÁLISE DA PUREZA DO CIANETO DE  
SÓDIO**

**Londrina**

**2023**

**CRISLAINE MARQUES FRIZO**

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA ANÁLISE DA PUREZA DO CIANETO DE  
SÓDIO**

**Application of the PDCA cycle in the analysis of Sodium Cyanide puruty**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Guilherme Duenhas Machado

Coorientador(a): Larissa Maria Gatti Fernandes

**LONDRINA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**CRISLAINE MARQUES FRIZO**

**APLICAÇÃO DO CICLO PDCA NA ANÁLISE DA PUREZA DO CIANETO DE  
SÓDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Química da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 07/Dezembro/2023

---

Ana Flávia Cornacini  
Bacharelado em Engenharia Química  
PADO SA Indústria Comercial e Importadora

---

Sidmara Bedin  
Doutora em Engenharia Química  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Guilherme Duenhas Machado  
Doutor em Engenharia Química  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Larissa Maria Gatti Fernandes  
Doutora em Engenharia Química  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**LONDRINA**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, expresso minha gratidão à minha família, que foi meu suporte fundamental ao longo desta jornada acadêmica. Agradeço especialmente aos meus pais, Izabel e Agenor, e ao meu irmão, Conrado; sem o apoio deles, nada disso seria possível. Destaco meu irmão pelo compartilhamento de sabedoria e conselhos valiosos durante a graduação, e aos meus pais, que sempre me motivaram a não desistir.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Prof. Dr. Guilherme Duenhas Machado, pela orientação dedicada e suporte ao longo deste processo. Também expresso minha gratidão à minha coorientadora, Prof. Larissa Maria Gatti, por fornecer as primeiras orientações para a elaboração do trabalho, além do apoio contínuo durante o curso.

Aos amigos que estiveram ao meu lado, oferecendo apoio e incentivo, em particular à Larissa e Theodora, que nunca me abandonaram e sempre estiveram dispostas a ajudar. Um agradecimento especial ao Eduardo, que esteve presente desde o dia da matrícula na universidade.

Àqueles que não foram mencionados, peço desculpas, mas quero que saibam que amigos e familiares desempenharam papéis cruciais nesta jornada. O apoio de todos vocês foi fundamental para que eu enfrentasse os desafios da graduação.

Finalmente, expresso minha gratidão a Deus por me conceder a força necessária para superar cada desafio desta fase da minha vida, mostrando-me que seria capaz mesmo nos momentos em que duvidava das minhas próprias habilidades.

## RESUMO

O banho de cobre alcalino desempenha um papel crucial na galvanoplastia, proporcionando aderência no revestimento de peças como maçanetas. O cianeto de sódio (NaCN) nesse banho desempenha função vital na solubilização do cianeto de cobre, sendo um componente-chave para o sucesso do processo. Em virtude disso, é fundamental monitorar e analisar a concentração e a pureza do cianeto de sódio para evitar variações prejudiciais ao banho e ao produto final. Este trabalho se concentrou na análise desses aspectos, avaliando dados que revelaram erros substanciais, impactando adversamente a qualidade do banho de cobre alcalino. A metodologia padrão de teste adotada pela empresa envolve a pesagem de 3 a 5 gramas de cianeto de sódio fornecido e a subsequente titulação com nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ). Observou-se que, conforme a quantidade de massa aumenta, o volume gasto também aumenta, mas os dados coletados neste estudo indicaram variações não lineares nessa relação. Além disso, ao analisar a equação pré-estabelecida para calcular a pureza no laboratório, observou-se uma relação inversamente proporcional entre o volume gasto e a massa. As principais falhas identificadas incluem a falta de repetição nos testes, a utilização de cianeto de sódio com concentração inferior ao padrão estipulado e uma ampla faixa de peso nas análises. Diante dessas deficiências, reconheceu-se a necessidade de aprimorar o processo, optando pelo Ciclo PDCA como metodologia corretiva. Essa escolha reflete um compromisso estratégico com a melhoria contínua, estabelecendo um ciclo iterativo de planejamento, execução, verificação e ação. A implementação do PDCA não buscou apenas corrigir falhas imediatas, mas também estabelecer padrões duradouros de eficiência e qualidade para a empresa PADO S.A. A integração do PDCA à análise da pureza do cianeto de sódio visou assegurar a conformidade do banho de cobre alcalino, evitando danos ao produto final e reduzindo retrabalho no processo. Essa abordagem contribuiu significativamente para a eficiência operacional e a redução de custos.

Palavras-chave: Galvanoplastia; Cobre Alcalino; Cianeto de Sódio; Ciclo PDCA.

## ABSTRACT

Alkaline copper plating plays a crucial role in electroplating, providing adhesion in the coating of parts such as door handles. The sodium cyanide (NaCN) in this bath plays a vital role in the solubilization of copper cyanide, being a key component for the success of the process. Because of this, it is essential to monitor and analyze the concentration and purity of sodium cyanide to avoid harmful variations in the bath and the final product. This work focused on analyzing these aspects, evaluating data that revealed substantial errors, adversely impacting the quality of the alkaline copper bath. The standard testing methodology adopted by the company involves weighing 3 to 5 grams of supplied sodium cyanide and subsequent titration with silver nitrate (AgNO<sub>3</sub>). It was observed that, as the amount of mass increases, the volume spent also increases, but the data collected in this study indicated non-linear variations in this relationship. Furthermore, when analyzing the pre-established equation to calculate purity in the laboratory, an inversely proportional relationship was observed between the volume spent and the mass. The main flaws identified include the lack of repetition in the tests, the use of sodium cyanide with a concentration lower than the stipulated standard and a wide weight range in the analyses. Given these deficiencies, the need to improve the process was recognized, opting for the PDCA Cycle as a corrective methodology. This choice reflects a strategic commitment to continuous improvement, establishing an iterative cycle of planning, execution, verification and action. The implementation of PDCA not only sought to correct immediate failures, but also to establish lasting standards of efficiency and quality for the company PADO S.A. The integration of PDCA into the analysis of the purity of sodium cyanide aimed to ensure the conformity of the alkaline copper bath, avoiding damage to the final product and reducing rework in the process. This approach contributed significantly to operational efficiency and cost reduction.

Keywords: Electroplating; Alkaline Copper; Sodium Cyanide; PDCA Cycle.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Eletrolítico .....	16
Figura 2 - Fluxograma resumido da linha de produção da indústria Pado .....	17
Figura 3 - Diagrama de predominância para o Cianeto .....	19
Figura 4 - Peças após o banho de cobre alcalino .....	20
Figura 5 - Preparação para a auditoria da qualidade .....	26
Figura 6 - Ciclo PDCA .....	28
Figura 7 - Exemplo do Diagrama de Pareto .....	31
Figura 8 - Palavras utilizadas no Diagrama de Ishikawa .....	32
Figura 9 - Exemplo de estrutura da "espinha de peixe" .....	33
Figura 10 - Etapas do Brainstorming.....	34
Figura 11 - Correlação Positiva.....	35
Figura 12 - Correlação negativa .....	36
Figura 13 - Correlação nula .....	36
Figura 14 - Relação entre a Massa de NaCN (g) e o Volume consumido de AgNO <sub>3</sub> (mL) .....	45
Figura 15 - Relação entre o volume/massa e a pureza do NaCN .....	46
Figura 16 - Ciclo PDCA para a Indústria PADO S.A .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do monitoramento da Concentração do NaCN .....	42
Tabela 2 - Resultados da análise da Pureza do NaCN .....	44

## LISTA DE SÍMBOLOS

NaCN	Cianeto de Sódio
CuCN	Cianeto de Cobre
HCN	Ácido Cianídrico
CN <sup>-</sup>	Íon Cianeto

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	15
2.1	Cianeto de sódio.....	15
2.2	Uso do cianeto de sódio na galvanoplastia .....	16
2.2.1	Banho de cobre ácido .....	21
2.2.2	Níquel Brilhante .....	22
2.2.3	Cromo Decorativo .....	22
2.3	Gestão da Qualidade.....	23
2.3.1	ISO 9000 .....	25
2.3.2	Auditoria da Qualidade .....	26
2.4	Ferramentas da Qualidade .....	27
2.4.1	Ciclo PDCA .....	28
2.4.2	Folha de Verificação.....	29
2.4.3	Diagrama de Pareto.....	30
2.4.4	Diagrama de Causa e Efeito .....	31
2.4.5	<i>Brainstorming</i> .....	33
2.4.6.	Diagrama de Dispersão.....	34
2.4.7.	Controle Estatístico de Processos (CEP).....	37
3.	MATERIAIS E METÓDOS.....	40
3.1.	Acompanhamento da concentração do Cianeto de Sódio .....	40
3.2.	Análise da pureza do Cianeto de Sódio .....	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
4.1	Acompanhamento da Concentração do Cianeto de Sódio.....	42
4.2	Análise da Pureza do Cianeto de sódio.....	43
4.2	Implementação do ciclo PDCA.....	47
5.	CONCLUSÃO .....	50
6.	REFERÊNCIAS.....	51

## 1. INTRODUÇÃO

O cianeto de sódio (NaCN) é um composto sólido, de cor branca e com grande afinidade por ambientes úmidos, sendo capaz de absorver partículas de água ao redor. É comercializado em forma de sal e quando dissolvido em solução aquosa se decompõe de forma rápida e, ao ter contato com sais ácidos ou ácidos, forma o cianeto de hidrogênio, composto altamente tóxico. Pode ser encontrado naturalmente em pequenas quantidades na água, no solo e em algumas plantas (FIT, 2012).

As principais fontes de emissão do cianeto de sódio são causadas pela atividade humana incluem mineração, as indústrias químicas, os processamentos de materiais e exaustão de gases veiculares. Este é utilizado em diversas aplicações industriais, como agente de fumigação, gaseificação do carvão e na síntese orgânica. Além disso, o uso deste ganha destaque para a galvanoplastia (FIT, 2012).

A galvanoplastia é um processo utilizado para peças metálicas, no qual uma camada fina de um metal mais nobre é depositada sobre a superfície da peça por meio da eletrodeposição. Esse revestimento externo protege a base metálica, aumentando sua resistência e durabilidade. Ainda, a galvanoplastia melhora a estética das peças, conferindo-lhes brilho e disfarçando pequenas imperfeições (FOGAÇA, 2023).

Neste processo, uma etapa amplamente empregada é a imersão das peças em um banho de cobre alcalino, que contém cianeto de cobre, cianeto de sódio e hidróxido de sódio. As concentrações específicas de cada componente são importantes para garantir que a eletrodeposição promovida de acordo com as especificações desejadas e que a camada de metal adquirida pela peça seja eficiente (SOUZA, 2022).

Algumas etapas de preparação da superfície das peças são necessárias antes de imergi-las no banho. A primeira é a limpeza, a qual é realizada utilizando desengraxantes químicos, com o objetivo de remover impurezas oleosas ou substâncias presentes devido a processos anteriores. Posteriormente, as peças sofrem uma ativação ácida, onde são colocadas em contato com uma solução que contém ácido sulfúrico, capaz de remover sujeiras sólidas. Tais fases de iniciação são essenciais para garantir uma superfície limpa e adequada, permitindo que o banho de cobre alcalino se fixe de maneira uniforme e eficiente às peças, resultando em uma camada de metal de qualidade, com boa aderência e propriedades desejáveis.

A Pado S.A., fundada em 1936, é uma das principais indústrias no ramo de cadeado, fechaduras e acessórios. A empresa é referência na produção desses produtos, oferecendo qualidade e tecnologia avançada, transformando a matéria-prima em produtos de excelência e apresentando um compromisso com a garantia de qualidade, implementando rigorosos controles e procedimentos em todas as etapas de fabricação (PADO, 2023).

Neste sentido, a garantia de qualidade é um conjunto de atividades sistemáticas realizadas para verificar a conformidade com os requisitos normativos, garantindo que os padrões estabelecidos sejam alcançados e mantidos, resultando em produtos de excelência, livres de não conformidades e eficientes para o consumidor (PARREIRAS, 2023).

Na empresa, o cianeto de sódio é recebido por um único fornecedor para o uso nos banhos de galvanoplastia. Para garantir o padrão de superioridade dos produtos da PADO, são realizados testes cujo objetivo é assegurar que o composto fornecido atenda aos padrões de pureza necessários para obter revestimentos metálicos de alta qualidade.

Para evitar erros e garantir a consistência nos testes de pureza do cianeto de sódio, foi essencial estabelecer uma metodologia padronizada. A adoção de um método unificado permite resultados confiáveis e comparáveis, facilitando a avaliação da qualidade do cianeto de sódio recebido. Isso contribui para a garantia da qualidade nos banhos de galvanoplastia e assegura a consistência dos revestimentos metálicos produzidos.

Através do uso de uma metodologia unificada neste trabalho buscou-se minimizar variações e erros nos testes, assegurando que todas as análises fossem realizadas de forma consistente, seguindo critérios pré-estabelecidos e proporcionando uma avaliação objetiva e confiável da qualidade do cianeto de sódio utilizado na empresa.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cianeto de sódio

Os cianetos pertencem a uma classe de compostos químicos que apresentam o íon cianeto (altamente reativo) em sua estrutura. No meio ambiente, é fácil encontrar compostos de cianeto, como o cianeto de hidrogênio, líquido intenso ou gás incolor com odor característico intenso, o cianeto de sódio e o cianeto de potássio, ambos materiais sólidos com grande capacidade de dissolução em água (ECYCLE, 2023).

O cianeto de sódio foi descoberto por Carl Wilhelm Scheele em 1782, enquanto ele estava envolvido na preparação do corante Azul da Prússia - um pigmento de cor azul escuro bastante utilizado em tintas, pigmentos, impressões, plásticos e outros produtos. A produção em larga escala do cianeto de sódio começou apenas no início do século XX, sendo utilizada principalmente na remoção de ouro e prata de minérios. Antes disso, foi produzido em laboratório a partir de sódio fundido, amônia e carvão (COELHO, 2023).

Já nos processos realizados na atualidade, o cianeto de sódio é produzido em escala industrial por meio de operações de neutralização ou processos úmidos, envolvendo a reação do cianeto de hidrogênio líquido ou gasoso com uma solução de hidróxido de sódio. Na forma comercial, é predominantemente encontrado como um sólido e está disponível em várias apresentações, como pó, grânulos (com tamanhos de 0,1 a 5 mm), briquetes moldados (com pesos de 15 a 40 g) e comprimidos cilíndricos (com pesos de 20 a 40 g). Além disso, o composto pode ser comercializado como uma solução aquosa com concentração de 30% (COELHO, 2023).

O cianeto é uma substância altamente tóxica que bloqueia o transporte de oxigênio para as células, afetando organismos aquáticos, terrestres e aéreos. A exposição dele ocorre principalmente por ingestão de alimentos e água contaminada. O íon cianeto é o principal agente tóxico, ligando-se a enzimas e inibindo sua atividade, causando graves problemas de saúde, especialmente na cadeia respiratória e metabolismo do oxigênio. Os efeitos agudos incluem sintomas como falta de ar, tontura e convulsões, podendo levar à morte em casos extremos. Devido à alta toxicidade, há limites rigorosos de concentração de cianeto em ambientes de trabalho e água potável, regulados por legislações ambientais (TECNAL, 2023).

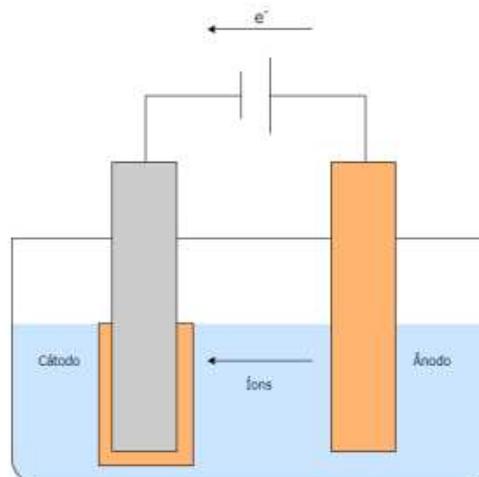
A Resolução CONAMA nº 430, do Conselho Nacional do Meio Ambiente no Brasil, regula os lançamentos de efluentes poluentes em corpos de água, tendo sido

publicada em 13 de maio de 2011 e alterada para a Resolução CONAMA nº 357. O propósito desta normativa é estabelecer limites máximos para diferentes poluentes despejados em rios, lagos e represas, buscando preservar a qualidade da água e proteger o meio ambiente. Além do cianeto, esta resolução aborda outros poluentes como metais pesados, compostos orgânicos e efluentes industriais e domésticos, incluindo critérios para descarte de esgoto sanitário. A concentração de cianeto na água potável é rigidamente controlada, com um limite máximo de 1,0 mg/L de cianeto total e 0,2 mg/L de cianeto livre, visando garantir a segurança da população e dos recursos hídricos (CONAMA, 2011).

## 2.2 Uso do cianeto de sódio na galvanoplastia

A galvanoplastia, conhecida como eletrodeposição, é um processo eletroquímico utilizado para aplicar uma camada uniforme de metal em objetos metálicos ou não metálicos. Neste procedimento, o objeto a ser revestido (cátodo) é imerso em um banho eletrolítico contendo íons do metal que se deseja colocar, além de sais sintéticos e aditivos químicos que controlam a taxa de deposição, a adesão dos revestimentos e a qualidade final do objeto. A aplicação de corrente elétrica atrai os íons metálicos da solução, depositando-os no objeto e se forma o revestimento metálico desejado (FOGAÇA, 2023). A Figura 1 mostra um esquema que representa o processo de eletrodeposição.

**Figura 1 - Sistema Eletrolítico**



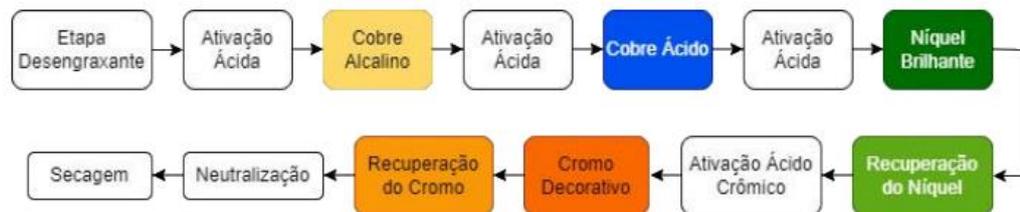
Fonte: Cornacini (2022)

Na eletrodeposição, é necessário contar com diversos equipamentos para executar a galvanização de forma eficiente. Entre eles, destacam-se os tanques, a fonte de energia (geralmente um retificador de corrente contínua), os barramentos, as gancheras, os cestos de ânodos, as resistências, a agitação e a filtração (CORNACINI, 2022).

Os tanques devem ser fabricados com materiais resistentes a produtos químicos, banhos e variações de temperatura, como chapa de aço revestida em PVC. A fonte de energia é essencial para distribuir a corrente elétrica e permitir a eletrólise. Os barramentos conectam as peças a serem revestidas ao polo negativo do retificador, enquanto os cestos de ânodos estão ligados ao polo positivo. As gancheras são utilizadas para suportar as peças durante o processo de galvanização, adaptando-se conforme o formato das peças. As resistências são empregadas para aquecer os banhos à temperatura ideal de funcionamento, enquanto a agitação tenta garantir a homogeneização da solução, assegurando uma galvanização uniforme em todas as cavidades da peça. Esta pode ser realizada por meio de agitadores mecânicos e garante o revestimento completo da peça. Por fim, a filtração é necessária para manter a qualidade do banho (WIERCINSKI, 2015).

Além dos equipamentos, a indústria Pado possui uma linha de produção galvânica com algumas etapas importantes, as quais são representadas por meio do fluxograma resumido na Figura 2 e descritas na sequência.

**Figura 2** - Fluxograma resumido da linha de produção da indústria Pado



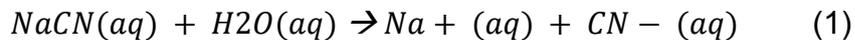
Fonte: Cornacini (2022)

A primeira delas é a etapa desengraxante, que se inicia-se após as peças serem polidas. Nesse estágio da galvanização, são utilizados desengraxantes químicos ou limpeza mecânica para garantir uma adesão adequada da camada de metal durante a eletrodeposição. Os desengraxantes alcalinos são aplicados para remover óleos e gorduras, seguidos por uma limpeza com ondas de ultrassom para desalojar sujidades. Em seguida, as peças são submetidas a duas lavagens com água

para evitar qualquer contaminação nos banhos subsequentes. A etapa seguinte é a decapagem ácida, onde ácidos sulfúrico, clorídrico ou fluorídrico são empregados para eliminar resíduos. Por fim, o desengraxe eletrolítico é realizado por meio de eletrólise para eliminar sujidades invisíveis a olho nu, mas que podem comprometer a qualidade do revestimento (SOUZA, 2022).

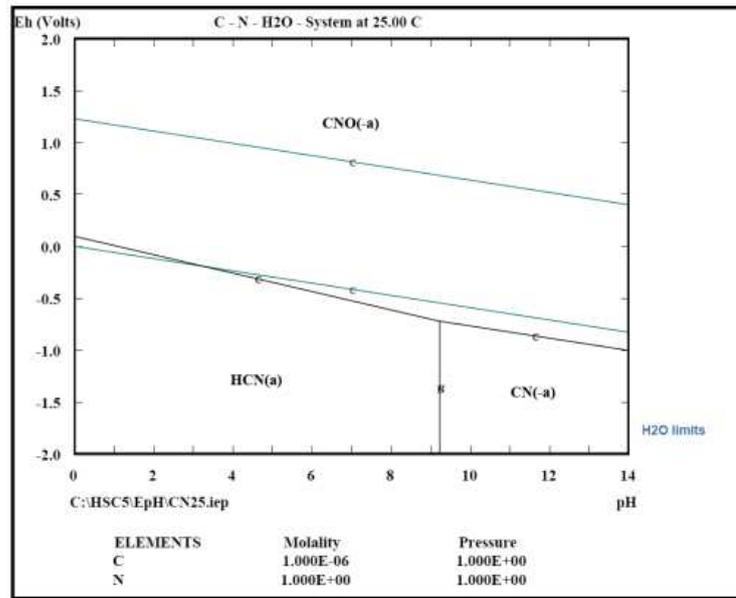
Após este processo, as peças são direcionadas para a etapa de ativação ácida, onde são imersas em uma solução de água e ácido sulfúrico, a fim de preparar a superfície metálica para receber o revestimento e remover óxidos ou hidróxidos que possam prejudicar a deposição do metal. Assim, posteriormente, as peças seguem para um tanque de enxágue evitando o arraste de substâncias não essenciais para o segmento do processo (SOUZA, 2022).

A etapa seguinte, é o banho de cobre alcalino, composto por cianeto de cobre (CuCN), hidróxido de potássio (KOH) e cianeto de sódio (NaCN). O uso do cianeto de cobre é fundamentado na capacidade de promover uma aderência eficaz do revestimento à peça. Além disso, o cianeto de cobre é solúvel em uma solução de cianeto simples, que, por sua vez, é solúvel em água, resultando na geração de cátions alcalinos livres e ânions de cianeto, conforme a reação 1.



O cianeto livre pode ser gerado de duas maneiras, seja como íon cianeto (CN<sup>-</sup>) ou na forma de ácido cianídrico (HCN). A proporção entre essas duas formas de cianeto é influenciada pelo pH do sistema, conforme demonstrado na Figura 3.

**Figura 3** - Diagrama de predominância para o Cianeto

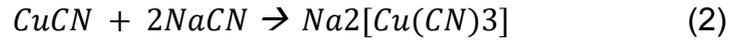


**Fonte:** Montalvo (2004)

O pH e a temperatura exercem impactos significativos na toxicidade do cianeto livre. Em condições de pH inferiores a 9, a formação do HCN é favorecida, sendo aproximadamente 60% mais tóxica do que a forma  $\text{CN}^-$ . Em valores de pH em torno de 9,3, o cianeto se distribui de maneira equitativa entre HCN e  $\text{CN}^-$ . Já um pH superior a 9,3 favorece a formação da forma  $\text{CN}^-$  (MARSDEN e HOUSE, 2006).

Para preservar um pH que evite a formação de ácido cianídrico, recorre-se ao uso do hidróxido de potássio, assegurando que o pH permaneça acima de 13. Esse valor representa uma medida de segurança para a empresa devido à rápida decomposição do hidróxido de potássio no banho. Essa manutenção do pH alcalino permite um ambiente seguro e eficiente para a eletrodeposição do cobre (SILVA; AFONSO; SOBRAL, 2008).

O cianeto de sódio, é indispensável no banho de cobre alcalino, pois sua função é formar complexos com o cobre, facilitando a dissolução na solução e liberando íons de cobre, que são essenciais para a eletrodeposição no cátodo. Além disso, o cianeto de sódio mantém o banho altamente condutivo, tornando o processo eficiente e também garante o pH alcalino, formando íons cianeto que reagem com a água e aumentam a concentração de íons hidróxido, evitando a decomposição do cianocomplexo de cobre e a liberação de gás cianídrico (SOUZA, 2022). A reação 2 ilustra a interação entre o  $\text{NaCN}$  e o  $\text{CuCN}$ .



Na reação 2, ocorre um processo de complexação, no qual o íon cianeto (CN<sup>-</sup>) desempenha o papel de ligante, coordenando-se com o íon cobre (Cu<sup>+</sup>). O íon cianeto é um ligante forte e tem a capacidade de formar complexos com diversos metais. Na reação, o íon cianeto se liga ao íon cobre, resultando na formação do complexo [Cu(CN)<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>. Vale destacar que o íon cianeto atua como um ligante monodentado, o que significa que este pode se unir a um átomo central em apenas um ponto. Por sua vez, o íon cobre é um átomo central capaz de se ligar a vários ligantes. Nesse processo, dois íons cianeto se coordenam com um íon cobre, originando o complexo [Cu(CN)<sub>3</sub>]<sup>2-</sup>. Posteriormente, esse complexo é neutralizado pela adição de dois íons sódio (Na<sup>+</sup>), culminando na formação do sal Na<sub>2</sub>[Cu(CN)<sub>3</sub>]. (UFRJ, 2023)

O cobre alcalino oferece uma camada inicial de proteção para evitar danos à peça causados por substâncias corrosivas. A eletrodeposição do metal de cobre na peça resulta em um nivelamento aprimorado do banho, proporcionando uma base aderente para as próximas camadas a serem depositadas. Após essa etapa, as peças exibem uma tonalidade rosê fosca, conforme ilustrado na Figura 4.

**Figura 4** - Peças após o banho de cobre alcalino



**Fonte:** Cornacini (2022)

É importante manter a quantidade adequada de cianeto livre no banho para evitar a precipitação do CuCN na superfície do ânodo, o que pode prejudicar a reação de corrosão e a eficiência da corrente anódica (SILVA; AFONSO; SOBRAL, 2008).

A empresa Pado utiliza cianeto de sódio fornecido por um único fornecedor, sujeito a variações de pureza em diferentes lotes. Essas variações devem ser verificadas regularmente para assegurar a conformidade do processo. Impurezas podem impactar a dissolução do cobre e a formação dos íons essenciais para a eletrodeposição. Portanto, análises laboratoriais são essenciais para garantir a qualidade do cianeto de sódio, assegurando assim a eficiência e confiabilidade do processo de eletrodeposição do cobre.

Ademais, as condições do cianeto de sódio são verificadas regularmente, pois a concentração deste composto é fundamental. Quaisquer variações que acontecem ao longo do processo podem danificá-la, principalmente se houver baixas concentrações, pois a camada protetora da peça pode se deteriorar. É necessário realizar no mínimo dois reforços por dia de cianeto de sódio em cada tanque, para que a concentração se mantenha adequada. Para que ocorra esse reforço, o processo é interrompido, ocasionando uma perda de tempo e a desestabilização do banho (SOUZA, 2022).

Antes dos tanques de cobre alcalino se juntarem, acontece uma ativação ácida utilizando ácido sulfúrico e, caso haja um arraste deste ácido para os tanques, pode-se formar ácido cianídrico, um gás tóxico uma vez que reage com o cianeto de sódio presente no banho. Isso demanda maior reposição de cianeto, resultando em prejuízos financeiros e riscos de segurança. A falta de íons cianeto adequados pode levar à deposição inadequada do cobre, causando incrustações nos ânodos e reduzindo a qualidade do revestimento metálico (SOUZA, 2022).

Sendo assim, fica evidente a necessidade de um controle rigoroso nesta etapa do processo.

### 2.2.1 Banho de cobre ácido

Após o banho de cobre alcalino, é realizada mais uma ativação ácida e em seguida o banho de cobre ácido, o qual contém ácido sulfúrico e sulfato de cobre. Os íons necessários são fornecidos pelo sal de cobre, e a condutividade do meio aumenta com a adição do ácido. Essa etapa é realizada para que a peça seja nivelada, eliminando a necessidade de polimento e lustramento antes de prosseguir o processo (SOUZA, 2022).

Ainda, o banho de cobre ácido garante uma distribuição uniforme da camada de cobre sobre a superfície da peça. Isso proporciona um acabamento mais refinado, maior brilho e maior ductilidade ao cobre depositado. Adicionalmente, ajuda a reduzir a porosidade na superfície tratada, resultando em uma excelente qualidade final do produto acabado (VIEIRA, 2022).

### 2.2.2 Níquel Brilhante

Níquel brilhante é um revestimento metálico obtido por meio do banho de níquel, o qual é composto por sulfato de níquel, cloreto de níquel, que aumentam a condutividade da solução e o ácido bórico, que age como tamponador de pH. Este banho é operado em uma faixa de temperatura entre 58 °C e 62 °C, permitindo a eletrodeposição do níquel na peça (CORNACINI, 2022).

Esta etapa acontece após o banho de cobre ácido e de outra ativação ácida. O banho de níquel não apenas evita o embaçamento do metal, mas também cria uma camada uniforme e brilhante, eliminando a necessidade de polimento antes do processo de cromação. Isso resulta em uma superfície cromada mais suave e esteticamente atraente (SOUZA, 2022).

Em seguida, as peças são levadas para o tanque de recuperação de níquel, o qual contém uma solução de banho de níquel em menor concentração, onde não há deposição eletrolítica de metal na peça. A principal finalidade é permitir que o barramento seja imerso, facilitando a remoção do excesso de níquel brilhante que pode ter sido arrastado dos tanques de níquel anteriores, durante o processo. E assim, segue-se para a ativação crômica com uma solução de mesmo íon com concentração de 0,4 g/L, cuja finalidade é preparar as peças para receber o banho de cromo (CORNACINI, 2022).

### 2.2.3 Cromo Decorativo

O Cromo decorativo e o Cromo duro são as duas formas mais utilizadas no banho de cromo em indústrias e se diferem por suas propriedades e princípios. O cromo duro é um processo eletroquímico para revestir peças com uma camada espessa de cromo metálico, aumentando a resistência mecânica e proteção contra

desgaste e pode ser usado em máquinas, equipamentos industriais e cilindros hidráulicos. Já o cromo decorativo, predominante na Indústria Pado, é uma variante do processo de cromagem que tem o objetivo de melhorar a aparência estética das peças, e também cria um revestimento cromado de espessura mais fina, mas com um acabamento altamente brilhante e espelhado (NOVA ERA, 2023).

O objetivo do tanque de recuperação do cromo é similar ao do tanque de recuperação do níquel. Este permite imergir as peças no banho para recuperar parte do cromo que foi arrastado do processo anterior, sem a necessidade de aplicar uma nova camada de cromo por eletrodeposição na peça (CORNACINI, 2022).

Na etapa de neutralização, o objetivo é reduzir o cromo hexavalente presente na solução da peça, convertendo-o em cromo trivalente, devido à alta toxicidade. Em seguida, as peças são submetidas a uma lavagem com água quente e, posteriormente, passam por uma secagem com ar quente para remover a maior parte da água retida na superfície. Ao longo do processo ocorrem outras etapas de lavagem, tanto antes quanto depois dos desengraxantes, ativações e banhos metálicos. Essas lavagens adicionais são úteis para garantir a qualidade do acabamento e o sucesso no tratamento das peças (CORNACINI, 2022).

Após todas as etapas do processo, as peças são inspecionadas pelo setor da qualidade.

### **2.3 Gestão da Qualidade**

A concepção de qualidade evoluiu com o tempo e se torna mais clara quando se faz uma análise da sua interpretação e implementação por parte de empresas líderes em diversas áreas. Antes da Segunda Guerra Mundial, a qualidade estava focada nas características físicas do produto, devido ao ambiente monopolista onde a demanda excedia a oferta. Nesse cenário, a produção estava centrada na inspeção e no controle de qualidade, com uma distinção clara entre os produtores e os responsáveis pela avaliação do produto conforme um padrão predefinido (LOBO, 2020).

Já nos anos 1950, o aumento da concorrência e as alterações nas exigências do mercado conduziram a uma abordagem mais orientada ao consumidor e um controle mais rígido nos processos. Os estudos iniciais de mercado expandiram o entendimento da qualidade, enfatizando a ligação não apenas com as características

do produto, mas também com elementos como *design*, distribuição, público-alvo e suporte pós-venda. Apesar disso, os métodos de produção permanecem quase intactos, com ênfase na inspeção final, o que levou a mais rejeições e aumento dos custos. Com a competição intensificada, o declínio dos monopólios e as crises econômicas, a qualidade passou a envolver conformidade a custos acessíveis (alta qualidade a baixo custo) (LOBO, 2020).

A crescente necessidade por produtos de excelência provocou o surgimento de um sistema de produção revisado, que dava maior ênfase ao controle do processo quando comparado com a inspeção tradicional. Nesse sistema renovado, o processo produtivo foi dividido em etapas, sendo que a avaliação do produto ocorria ao final de cada uma delas. Apenas os produtos que atendiam aos critérios de qualidade eram permitidos a avançar para a etapa seguinte, mantendo-se ainda a inspeção final. Apesar de uma notável diminuição nas falhas de qualidade no produto, essa abordagem também acarretou um aumento dos custos relacionados a correções e ajustes (LOBO, 2020).

A resposta ao desafio foi envolver os operadores no aprimoramento do processo produtivo, concedendo-lhes autonomia e usando ferramentas de qualidade. Isso permitiu que empresas atingissem alta qualidade a custos acessíveis, resultando em produtos altamente competitivos (LOBO, 2020).

Na década de 1980, o desafio se intensificou com a concorrência asiática. Surgiu a necessidade de criar produtos baseados em necessidades latentes dos clientes, antecipando seus desejos. Identificar e satisfazer essas necessidades temporariamente ofereceu vantagem competitiva, respaldada por ferramentas de qualidade (LOBO, 2020).

Tal abordagem, apoiada por ferramentas como o *Quality Function Deployment* (QFD) e as Sete Ferramentas de Gestão da Qualidade, transformam necessidades latentes em produtos inovadores, permitindo às empresas agir como monopólios temporários, alcançando alta rentabilidade ao atenderem demandas emocionais dos clientes (LOBO, 2020).

É fundamental que as empresas definam as metas de qualidade em sua estratégia e considerem sempre que a diferenciação entre elas está associada à excelência de seus produtos e serviços, e na habilidade de satisfazer completamente as necessidades e expectativas dos clientes. Nos dias atuais, a qualidade desempenha um papel decisivo no mercado. Os consumidores procuram por produtos

altamente confiáveis e bem elaborados a preços competitivos, enquanto também exigem um padrão de excelência nos serviços oferecidos (LOBO, 2020).

### 2.3.1 ISO 9000

A ISO 9000 representa um conjunto abrangente de padrões internacionais que balizam os critérios e as orientações para sistemas de gestão de qualidade em organizações. Elaboradas pela Organização Internacional de Normalização (ISO), essas normas são amparadas por um amplo reconhecimento e servem como diretrizes para auxiliar as empresas na formulação e otimização de seus processos de gestão da qualidade (GESTÃO DE QUALIDADE, 2023).

Além disso, no contexto da gestão da qualidade, a ISO 9000 engloba um grupo de padrões que inclui as normas ISO 9000, 9001, 9004 e 19011, as quais são aplicáveis a diversos tipos de organizações, tais como indústrias, empresas e instituições, priorizando especialmente a qualidade dos processos organizacionais, e não dos produtos ou serviços em si. Essa sequência de normas estabelece orientações para a implantação, desenvolvimento, avaliação e manutenção do Sistema de Gestão da Qualidade. Essas diretrizes foram criadas originalmente em 1987, baseando-se em padrões britânicos, e desde então, foram oficializadas, passando por revisões contínuas ao longo dos anos (GESTÃO DE QUALIDADE, 2023).

Ao buscar a implementação de um certificado de qualidade, a empresa precisa estar familiarizada com as normas ISO 9000, avaliar a possibilidade de assistência de consultoria, treinar seus colaboradores nas bases da qualidade, estabelecer um plano de ação, criar um manual de qualidade e agendar uma auditoria por um organismo certificador (LOBO, 2020).

Embora o processo seja demorado, os resultados são favoráveis quando executados com dedicação e seriedade. É importante compreender que a certificação não é um prêmio, mas uma validação de conformidade com um conjunto de requisitos, refletindo o grau de organização interna alcançado (LOBO, 2020)

Para esse fim, a empresa deve organizar e elaborar diversas documentações e procedimentos que serão examinados por auditorias. Isso abrange a elaboração do manual de qualidade, procedimentos de garantia da qualidade alinhados com as

normas, processos operacionais, instruções de trabalho específicas para áreas ou tarefas e registros de qualidade (LOBO, 2020)

### 2.3.2 Auditoria da Qualidade

A auditoria de qualidade avalia se os procedimentos foram definidos, controlados, comunicados e implementados corretamente, conforme as medidas corretivas no caso de desvios. Cada empresa deve criar seus próprios procedimentos para garantir a consistência na qualidade de seus produtos ou serviços, o que é especialmente importante para aquelas que buscam certificações de qualidade, como a ISO 9001 (LOBO, 2020). A Figura 5 apresenta um resumo de como deve ser a preparação para a auditoria da qualidade.

**Figura 5 - Preparação para a auditoria da qualidade**

Foco	Os procedimentos devem cobrir todos os aspectos do trabalho em conformidade e padrões necessários para alcançar os níveis desejados de qualidade. Por exemplo, pode-se estabelecer testes de programas de controle final, mas deixar os testes preliminares de um protótipo para o programador executar.
Procedimentos	Qualquer aspecto recorrente de trabalho pode merecer regulamentação. O estilo e a profundidade da descrição variam de acordo com as necessidades e as preferências, desde que a referida descrição seja suficientemente clara para ser seguida.
Definição	Um princípio importante é que os procedimentos definidos sejam bons e levem a empresa aos níveis desejados de qualidade. Análises, consultas e testes devem ser aplicados com o objetivo de definir os procedimentos adequados, o que muitas vezes também exige formas definidas ou ferramentas de software.
Controle	Como ocorre com qualquer gestão de boa qualidade, os procedimentos devem ser devidamente controlados em termos de acessibilidade, controle de versão, atualização de autoridades etc.
Comunicação	Todos os participantes precisam conhecer os procedimentos definidos, assim como onde os encontrar e o que eles atendem. Multiplicadores da qualidade são responsáveis por verificar o que os membros da equipe entenderam sobre os procedimentos criados.

Fonte: LOBO (2020)

A abordagem de auditoria de qualidade impacta todo o ciclo de trabalho, influenciando o planejamento, a definição de requisitos de qualidade, a adoção de procedimentos específicos, a implementação consistente de métodos de qualidade e

a revisão periódica do trabalho e dos resultados para garantir a qualidade (LOBO, 2020).

Embora a influência de uma auditoria de qualidade seja sentida em todas as áreas e departamentos de uma empresa, as atividades específicas geralmente se manifestam como análises e observações dos procedimentos já estabelecidos que ocorrem na fase final e durante a conclusão de um projeto de auditoria, com o objetivo principal de promover a conformidade em relação aos processos que não estão atendendo aos critérios de eficácia (LOBO, 2020).

As observações e comentários resultantes deste processo são valiosos para identificar áreas onde as práticas podem ser aprimoradas, garantindo que a organização continue aperfeiçoando sua qualidade e desempenho. Dessa forma, a auditoria de qualidade serve como uma ferramenta para impulsionar a melhoria contínua e a conformidade com os padrões estabelecidos (LOBO, 2020).

## **2.4 Ferramentas da Qualidade**

O planejamento da produção é crucial para o sucesso de uma organização na busca pela alta qualidade. Este se divide em duas partes: o plano estratégico, que estabelece objetivos amplos e estratégias de longo prazo; e o plano tático, que detalha táticas específicas para períodos determinados, abrangendo aspectos operacionais.

Ao desenvolver um plano de produção, é essencial considerar fatores como mercado, custos, concorrência, projeções de vendas e estratégia de marketing. Este plano oferece vantagens como a identificação de oportunidades e ameaças, gestão orientada por metas, tomada de decisões fundamentadas, identificação de pontos fortes e fracos, fixação de objetivos e otimização de recursos e resultados.

Nesse cenário, as ferramentas da qualidade desempenham um papel crucial, pois representam o primeiro passo na melhoria da lucratividade do processo, permitindo a otimização das operações por meio da análise, medição e aperfeiçoamento contínuo da qualidade. Estas são essenciais para identificar oportunidades de melhoria e aumentar a eficiência, contribuindo para o sucesso geral da organização (LOBO, 2020).

### 2.4.1 Ciclo PDCA

O PDCA teve sua origem nos Estados Unidos na década de 1920, sendo desenvolvido pelo estatístico americano Walter Andrew Shewhart. Inicialmente era conhecido como o "Ciclo de Shewhart" e composto por apenas três estágios que se repetiam continuamente: especificação, produção e inspeção (NAPOLEÃO, 2018).

Mais tarde, em 1951, William Edwards Deming identificou a necessidade de incorporar um estágio adicional, dando origem à "Roda de Deming". Essa versão expandida do ciclo também consistia em quatro etapas que se repetiam continuamente: especificação, produção, colocação no mercado e reprojetar (NAPOLEÃO, 2018).

Após muitos anos de aprimoramento, o PDCA se tornou um método amplamente reconhecido em todo o mundo como uma ferramenta de melhoria contínua, o qual desempenha um papel crucial na identificação e organização das atividades envolvidas em um processo de solução de problemas. Sua finalidade principal é assegurar que o desenvolvimento das atividades planejadas ocorra de forma eficaz. Isso é particularmente importante porque, em muitos casos, o crescimento desordenado e a ausência de planejamento e metas bem definidas podem levar a uma base instável para a empresa, tornando-a vulnerável a flutuações sazonais e desafios imprevistos (LOBO, 2020). A Figura 6 apresenta as quatro etapas que constituem o ciclo PDCA, sendo elas *Plan* (Planejamento), *Do* (executar), *Check* (Verificar) e *Act* (Agir)

**Figura 6 - Ciclo PDCA**



**Fonte:** NAPOLEÃO (2018)

As etapas do PDCA seguem um padrão cíclico, o que significa que a última fase se conecta à primeira e esse processo continua indefinidamente até que se alcance o resultado desejado com a implementação do ciclo. O efeito pode assumir diversas formas, como a realização de um objetivo, a resolução de um problema, o cumprimento de uma meta ou até mesmo a introdução de melhorias contínuas em um processo. No último cenário mencionado, o ciclo não possui um fim determinado, pois novos objetivos podem ser estabelecidos (NAPOLEÃO, 2018).

Na etapa do Planejamento, ocorre a análise do cenário ou problema, resultando na elaboração de um plano com os passos a serem seguidos. Outras ferramentas, como o "5 Porquês" e o "Diagrama de Ishikawa," podem complementar o PDCA, especialmente na resolução de problemas. A clareza do problema ou objetivo é essencial para um planejamento eficaz. O "5W2H" é útil para criar um plano de ação detalhado.

Já a Execução é a etapa central, colocando em prática o plano. É fundamental que o planejamento esteja completo e que os recursos necessários estejam disponíveis antes de iniciar a execução.

A etapa de Verificação avalia o que foi feito durante a execução, identificando sucessos e falhas. Indicadores definidos no planejamento ajudam a medir o desempenho e identificar áreas para melhorias.

E por fim, a etapa Agir está relacionada ao ato de fazer com base na verificação. Se os resultados esperados forem alcançados, as melhorias são incorporadas. Caso contrário, as falhas são identificadas e o ciclo reinicia (NAPOLEÃO, 2018).

#### 2.4.2 Folha de Verificação

A folha de verificação se destaca como a ferramenta mais empregada na gestão da qualidade, devido à sua aplicação descomplicada. Esta representa um documento projetado para coletar dados de maneira sistemática, ao mesmo tempo em que estabelece um padrão e simplifica a verificação e execução dos processos (GRUPO FORLOGIC, 2016).

Esta ferramenta facilita o registro estruturado e eficiente dos dados, utilizando um formato específico para anotar as informações de forma uniforme. A folha de

verificação reduz a ocorrência de erros e duplicações, garantindo procedimentos corretos (GRUPO FORLOGIC, 2016).

Ainda, a folha de verificação desempenha um papel essencial em várias áreas de gestão de processos, como o controle das linhas produtivas, consistência na coleta de dados, identificação de itens defeituosos, análise das causas de defeitos, coleta de dados diversos, monitoramento de processos e facilitação na delegação de tarefas (GRUPO FORLOGIC, 2016).

Não existe uma metodologia padronizada para a folha de verificação, mas é importante que tenha alguns itens que contribuem para sua eficácia (GRUPO FORLOGIC, 2016). Esses itens são:

- Definir o objetivo;
- Listar os campos necessários;
- Criar uma folha de fácil compreensão;
- Conscientizar a equipe;
- Realizar um pré-teste;
- Coletar dados;
- Utilizar ferramentas de análise para tomar decisões.

Assim, ao criar uma folha de verificação, é de suma importância integrar esses componentes essenciais, para assegurar que ela desempenhe seu papel de forma eficaz na coleta de dados e no apoio à tomada de decisões embasadas em informações sólidas.

### 2.4.3 Diagrama de Pareto

Formulado no século XIX pelo economista Vilfredo Pareto, o princípio de Pareto encontrava aplicação na análise da disparidade na distribuição de riqueza na Itália da época. Nesse contexto, destacava-se o fato de que aproximadamente 20% da população controlava em torno de 80% das riquezas geradas.

Posteriormente, com a contribuição de Joseph Jura, esse princípio sofreu modificações que o levaram a se transformar em uma das 7 ferramentas da Qualidade, empregando a relação 80/20 como base para a análise de problemas. A utilização dessa ferramenta viabiliza a identificação e análise das ocorrências mais significativas, orientando assim a priorização das ações necessárias para abordá-las (GRUPO FORLOGIC, 2016).

O Diagrama de Pareto é uma representação que consiste em duas partes essenciais. A primeira parte é um gráfico de colunas que organiza os fatores a serem analisados, como: ocorrências, não conformidades, reclamações de clientes e defeitos, em ordem de frequência, indo dos mais frequentes aos menos frequentes. A segunda parte é uma linha que mostra a porcentagem acumulada da frequência das ocorrências. A Figura 7 apresenta um exemplo do Diagrama de Pareto.

**Figura 7 - Exemplo do Diagrama de Pareto**



**Fonte:** Grupo Forlogic (2016)

Em suma, o Diagrama de Pareto é uma valiosa ferramenta que ajuda a identificar e priorizar os principais desafios ou causas em diversas áreas, desde a gestão da qualidade até o planejamento estratégico. Ao organizar dados de forma clara e destacar as ocorrências mais significativas, permite que as organizações direcionem seus esforços e recursos de forma mais eficaz, buscando melhorias substanciais. Assim, o legado do economista Vilfredo Pareto perdura na gestão moderna, oferecendo uma abordagem prática para lidar com complexidades e tomar decisões.

#### 2.4.4 Diagrama de Causa e Efeito

O diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta gráfica utilizada para identificar

e analisar as causas de um problema específico. Este foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, e oficializado como uma ferramenta da qualidade em 1982 (GRUPO FORLOGIC, 2016).

Essa ferramenta desempenha um papel crucial na identificação, organização, categorização, documentação e representação visual das causas associadas a um problema específico. As causas são agrupadas em categorias, facilitando a geração de ideias durante o processo de *brainstorming* e a análise da situação (LOBO, 2020). A Figura 8 mostra palavras que são utilizadas na elaboração do Diagrama de Ishikawa.

**Figura 8 -** Palavras utilizadas no Diagrama de Ishikawa

<b>Efeito</b>	aquilo que é produzido por uma causa, resultado, consequência
<b>Problema</b>	dificuldade na obtenção de um determinado objetivo ou resultado esperado, situação difícil que pede uma solução, no Diagrama de Ishikawa, é comum que o problema apareça como uma pergunta.
<b>Causa</b>	origem, motivo, razão de algo.
<b>Causa primária ou Principal</b>	causas mais notáveis, causas de primeiro nível que agruparão subcausas
<b>Causa Secundária</b>	subcausas das causas principais, ramificação das causas principais

**Fonte:** Grupo Forlogic (2016)

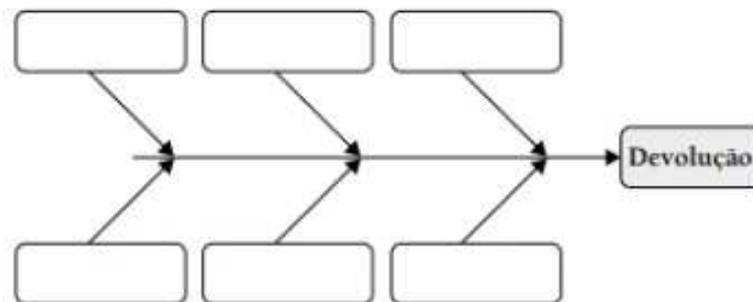
Para criar um diagrama de causa e efeito, é necessário seguir um conjunto de etapas bem definidas. Primeiro, identificar claramente o problema que se deseja analisar e colocá-lo no lado direito do diagrama. Em seguida, listar as categorias relevantes de causas no lado esquerdo do diagrama, formando as conhecidas "espinhas" que serão a base para a análise. Dentro de cada categoria, realizar um *brainstorming* minucioso, listando todas as possíveis causas que podem estar contribuindo para o problema em questão (LOBO, 2020).

Em seguida, é necessário conectar essas causas às espinhas usando linhas, criando assim uma representação visual das relações entre as causas e o efeito. Esse

diagrama gráfico permite uma visão clara das conexões entre as diferentes variáveis envolvidas no problema (LOBO, 2020).

Com o diagrama completo, é fundamental dedicar um tempo a uma análise minuciosa, observando as conexões e padrões, identificando as causas mais prováveis e significativas que podem estar contribuindo para o problema (LOBO, 2020). A Figura 9 apresenta um exemplo de como deve ser estruturada a “espinha de peixe”.

**Figura 9** - Exemplo de estrutura da "espinha de peixe"



Fonte: Lobo (2020)

Em resumo, o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta valiosa que desempenha um papel fundamental na identificação e resolução de problemas. Ao seguir as etapas mencionadas, é possível visualizar as complexas relações de causa e efeito que afetam a qualidade de um processo ou produto. Ao priorizar as causas identificadas, as organizações podem direcionar seus esforços para resolver as fontes principais dos problemas, buscando uma melhoria contínua e sustentável.

#### 2.4.5 *Brainstorming*

O *brainstorming* é uma técnica de geração de ideias que visa estimular a criatividade e a colaboração de um grupo de pessoas para resolver problemas, tomar decisões ou gerar novas soluções. Foi desenvolvido originalmente por Alex Osborn na década de 1930 e tem sido amplamente adotado em ambientes empresariais, educacionais e criativos (PRADA, 2023).

A ideia fundamental por trás desta ferramenta é criar um ambiente no qual os participantes se sintam à vontade para compartilhar livremente suas ideias, sem

críticas ou julgamentos precipitados. Isso estimula a criatividade, permitindo que as pessoas pensem fora da caixa e considerem uma ampla variedade de perspectivas e soluções (PRADA, 2023). A Figura 10, mostra as etapas em que o *Brainstorming* é realizado.

**Figura 10 - Etapas do Brainstorming**

Etapas	Descrição
Definição do problema	<p>O líder/coordenador deve apresentar brevemente o assunto ou o problema que será abordado.</p> <p>O líder/coordenador deve expressar o problema na forma de uma pergunta iniciada por: o quê?, como? ou por quê?, dependendo do problema escolhido, e destacá-lo em uma lousa ou flip-chart.</p> <p>O objetivo é deixar os integrantes cientes sobre o que vão opinar.</p> <p>O líder/coordenador deve conceder um tempo para que os integrantes pensem sobre o assunto.</p>
Fase criativa	<p>O líder/coordenador convida o time a apresentar as ideias.</p> <p>Cada integrante deve colocar suas ideias verbalmente ou por escrito.</p> <p>Todos devem apresentar o maior número de ideias possível.</p> <p>À medida que os integrantes geram ideias, o líder ou outro integrante do time anota cada uma na lousa ou flip-chart.</p>
Fase crítica	<p>O time analisa as ideias, comparando-as e eliminando as que são iguais ou de mesmo sentido e as inadequadas, e selecionando as melhores.</p> <p>Cada integrante deve esclarecer suas ideias, quando necessário.</p> <p>Depois da análise das ideias geradas é que se pode chegar a uma decisão bem fundamentada para a solução do problema.</p>

**Fonte:** Lobo (2020)

O *brainstorming* é uma abordagem valiosa que não apenas desbloqueia a criatividade individual, mas também promove a sinergia de grupo e a geração de soluções inovadoras. Ao criar um ambiente onde todas as vozes são ouvidas e todas as ideias são valorizadas, o *brainstorming* permite que equipes atinjam resultados surpreendentes e, muitas vezes, descubram soluções que nunca teriam surgido de outra forma. É uma ferramenta poderosa para inspirar a inovação, fomentar a diversidade de pensamento e encontrar respostas para os desafios mais complexos.

#### 2.4.6. Diagrama de Dispersão

O diagrama de dispersão é uma ferramenta gráfica usada para representar a relação entre duas variáveis em um conjunto de dados. Também é conhecido como

gráfico de dispersão ou gráfico XY. Essa técnica é frequentemente utilizada em estatística e análise de dados para entender se existe alguma correlação ou relação entre as variáveis e, em caso afirmativo, qual é a natureza dessa relação (LOBO, 2020).

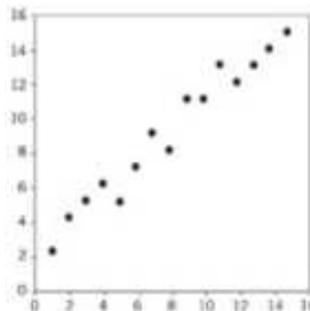
Geralmente, a relação entre variáveis é estabelecida entre uma variável que atua como causa independente e outra que é influenciada por essa primeira variável. Ou seja, a variável independente é o fator que desencadeia o efeito, enquanto a variável dependente representa a consequência resultante dessa causa (GRUPO FORLOGIC, 2016).

A relação mencionada anteriormente é conhecida como correlação, e pode ser classificada em três tipos diferentes:

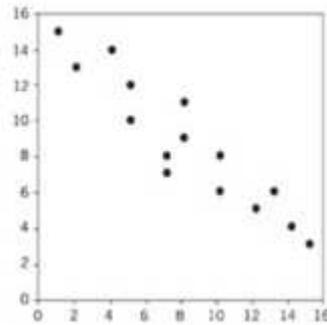
- Correlação positiva: Os pontos tendem a se agrupar em uma inclinação positiva, o que indica que, à medida que uma variável aumenta, a outra também tende a aumentar.
- Correlação negativa: Os pontos tendem a se agrupar em uma inclinação negativa, sugerindo que, à medida que uma variável aumenta, a outra tende a diminuir.
- Correlação neutra: Os pontos estão dispersos aleatoriamente, sem uma tendência clara, o que sugere uma correlação fraca ou nenhuma correlação entre as variáveis.

As correlações são apresentadas nas Figuras 11, 12 e 13, respectivamente.

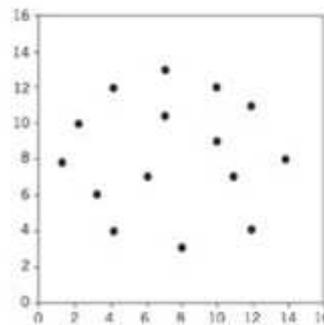
**Figura 11 - Correlação Positiva**



**Fonte:** Grupo Forlogic (2016)

**Figura 12 - Correlação negativa**

Fonte: Grupo Forlogic (2016)

**Figura 13 - Correlação nula**

Fonte: Grupo Forlogic (2016)

A dispersão dos pontos fornece uma indicação da força da relação entre as variáveis. Quanto menor for a dispersão, maior será a correlação, que é considerada forte. Por outro lado, quando a dispersão é maior, isso indica um grau mais fraco de relação entre os dados (GRUPO FORLOGIC, 2016).

Para que seja possível essa análise dos pontos, é necessário identificar e definir claramente as duas variáveis que se deseja analisar. Uma delas será representada no eixo horizontal (eixo x), enquanto a outra estará no eixo vertical (eixo y).

Em seguida, é feita a coleta de dados relacionados às duas variáveis. Isso pode envolver a realização de experimentos, pesquisas, observações ou a aquisição de dados de fontes confiáveis, dependendo do contexto da análise.

Os dados são organizados de forma que cada ponto de dados contenha um par de valores correspondentes das duas variáveis. Cada ponto representará uma observação ou uma combinação específica de valores das variáveis.

Para criar o gráfico de dispersão, os valores da variável independente são colocados no eixo x e os valores da variável dependente no eixo y. Em seguida, para cada observação ou conjunto de valores, é necessário localizar as coordenadas adequadas no gráfico e marcar um ponto.

Após ter plotado todos os pontos, o padrão de dispersão é observado e se analisa se os pontos tendem a seguir uma inclinação positiva (correlação positiva), uma inclinação negativa (correlação negativa), se estão dispersos aleatoriamente (correlação fraca) ou se há pontos atípicos.

Portanto, a criação de pontos em um gráfico de dispersão é um processo fundamental na análise de relações entre variáveis. Essa representação visual permite uma compreensão mais clara dos padrões de dispersão dos dados, facilitando a identificação de tendências e correlações. Ao interpretar cuidadosamente a disposição dos pontos, é possível extrair informações valiosas sobre as relações subjacentes entre as variáveis em estudo, fornecendo uma base sólida para análises estatísticas mais detalhadas e tomada de decisões (GRUPO FORLOGIC, 2016).

#### 2.4.7. Controle Estatístico de Processos (CEP)

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é uma ferramenta de qualidade amplamente empregada para supervisionar e gerenciar a qualidade em uma linha de produção. Utilizando indicadores estatísticos, o CEP assegura a qualidade do produto ao buscar padronizar e estabilizar o processo. Seu principal propósito é sustentar melhorias contínuas, otimizar recursos, minimizar erros de produção e aprimorar a qualidade do produto final (SCHULTZ, 2019).

Como método de gestão da qualidade, o CEP emprega ferramentas e dados estatísticos para identificar possíveis falhas em um processo específico. Ao avaliar indicadores, o mesmo proporciona estabilidade ao processo, oferecendo previsibilidade aos gestores e eliminando riscos ou surpresas, exceto as variações causadas por fatores comuns. Desta forma, as características desejadas em um produto ou serviço são mantidas de maneira padronizada, gerando maior confiabilidade para os clientes (SCHULTZ, 2019).

É crucial destacar que o CEP não apenas atua como uma ferramenta de monitoramento, mas também desempenha um papel fundamental na tomada de decisões informadas. Ao analisar dados estatísticos, o CEP capacita os gestores a

identificarem tendências e padrões, permitindo a implementação de ajustes proativos no processo de produção. Isso não apenas contribui para a prevenção de defeitos, mas também possibilita a otimização contínua do desempenho operacional (SCHULTZ, 2019).

Além disso, a ferramenta funciona como um mecanismo de aprendizado organizacional, promovendo uma cultura de melhoria contínua. Ao documentar e analisar regularmente os dados do processo, as organizações podem desenvolver uma compreensão mais profunda das variáveis que impactam a qualidade. Isso cria uma base sólida para a implementação de melhorias incrementais e inovações, fortalecendo a resiliência do sistema de produção (SCHULTZ, 2019).

Adicionalmente, ao enfatizar a minimização de erros de produção, o CEP contribui para a redução de desperdícios e custos associados a retrabalhos. Essa abordagem preventiva não apenas eleva a eficiência operacional, mas também resguarda a reputação da empresa, estabelecendo-a como um fornecedor confiável no mercado (SCHULTZ, 2019).

O CEP é implementado em algumas etapas, sendo estas descritas a seguir.

- Definição do Processo: escolher um processo que não atenda às expectativas de produtividade e qualidade;
- Escolha do gráfico adequado: identificar as características críticas do processo que causam variações nos resultados;
- Análise dos Sistemas de Medição: avaliar se o sistema de medição é confiável para o controle estatístico, considerando estabilidade, tendência, linearidade, repetitividade e reprodutibilidade;
- Planejamento de Gráficos e Variáveis: definir dados a serem coletados, amostragem e periodicidade para estabelecer limites de controle considerando a estabilidade do processo;
- Implementação do Controle Estatístico de Processo: após garantir estabilidade, implementar o CEP no processo;
- Avaliação da Capacidade dos Processos: analisar se o processo estável atende às especificações e exigências do cliente;
- Monitoramento Contínuo de Variáveis: monitorar constantemente as variáveis do processo para identificar oportunidades de melhoria e riscos potenciais;

- Execução de Ações de Melhoria: com base no monitoramento, identificar causas de instabilidade e tomar medidas para reduzir ou eliminar falhas no processo.

Em suma, a implementação do CEP, é importante para assegurar a consistência e qualidade em um processo empresarial. Ao seguir as etapas citadas anteriormente, as organizações não apenas garantem a estabilidade operacional, mas também estabelecem uma base sólida para aprimoramentos contínuos. A aplicação rigorosa do Controle Estatístico de Processo proporciona uma compreensão aprofundada das variabilidades do processo, permitindo a identificação precoce de desvios e a tomada de medidas corretivas proativas (SCHULTZ, 2019).

### **3. MATERIAIS E METÓDOS**

Com o intuito de alcançar os objetivos deste projeto, foi realizado o monitoramento da concentração e análise da pureza do Cianeto de sódio. Como consequência dessas análises, surgiu a recomendação de implementar uma ferramenta para aprimorar a qualidade do produto. Os procedimentos a serem seguidos são detalhados a seguir.

#### **3.1. Acompanhamento da concentração do Cianeto de Sódio**

Para determinar a concentração de cianeto de sódio, foram conduzidos procedimentos de titulação. Inicialmente, foram pesados 25, 50, 100 e 150 gramas de cianeto de sódio. Para determinar a quantidade de cianeto, o material foi dissolvido em 100 mL de água em um balão volumétrico de 250 mL. Em seguida, utilizando uma pipeta volumétrica, foram retirados 10 mL da solução, que foram transferidos para um erlenmeyer. Em sequência, 100 mL de água destilada foram adicionados, seguidos por 10 mL de uma solução de iodeto de potássio. Posteriormente, realizou-se a titulação com uma solução de nitrato de prata até que se observasse a primeira turvação permanente. Para calcular a concentração em g/L de cianeto de sódio, multiplicou-se a quantidade de nitrato de prata consumida na titulação pelo fator de correção indicado no rótulo (0,9996) e por 0,98, valor estabelecido pelo fornecedor.

#### **3.2. Análise da pureza do Cianeto de Sódio**

Para a análise da pureza do Cianeto de Sódio, foram pesados entre 3 a 5 gramas de cianeto de sódio, que foram posteriormente dissolvidos em água em um balão volumétrico de 250 mL. Utilizando uma pipeta volumétrica, coletaram-se 10 mL da solução, que foram então transferidos para um erlenmeyer. Adicionou-se 75 mL de água destilada, 10 mL de iodeto de potássio e 6 gotas de hidróxido de sódio 50%. Após essa preparação, a titulação com nitrato de prata foi conduzida até que a turbidez permanente fosse alcançada. Para determinar a pureza do cianeto de sódio em porcentagem (%), a equação 1 foi aplicada, onde multiplicou-se o volume de nitrato de prata consumido na titulação pelo fator de correção indicado no rótulo (0,9996) e por 24,504, um valor definido pelo laboratório de controle de qualidade da PADO SA,

e em seguida, dividiu-se esse resultado pela massa do cianeto de sódio pesada, conforme a equação 1 abaixo.

$$NaCN (\%) = \frac{\text{Volume de Nitrato de Prata} * 0,9996 * 24,504}{\text{Massa do Cianeto de Sódio (g)}} \quad (1)$$

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados que seguem dizem respeito ao acompanhamento da concentração e a avaliação da pureza do Cianeto de Sódio, além da análise das consequências de várias falhas ocorridas durante os testes. Ao final, é apresentada uma aplicação de uma ferramenta da qualidade para melhor compreensão e correção desses problemas.

##### 4.1 Acompanhamento da Concentração do Cianeto de Sódio

O monitoramento das concentrações de cianeto de sódio, determinadas por meio da titulometria, foi conduzido durante um período de 30 dias. Os dias em que as análises foram realizadas variaram de acordo com o momento em que a empresa recebia o cianeto de sódio de seu fornecedor. Na empresa PADO SA, o cianeto de sódio é fornecido por um único fornecedor e uma análise é realizada a cada entrega deste composto antes de sua utilização. A Tabela 1, apresenta os resultados do monitoramento.

**Tabela 1** - Resultados do monitoramento da Concentração do NaCN

NaCN (25 g)	NaCN (50 g)	NaCN (100 g)	NaCN (150 g)	Concentração média
AgNO <sub>3</sub> gasto (mL)				
24,1	48,5	99	172	0,99
23,2	46,1	88	136	0,89
24,4	48,5	103	150	0,97
24,4	48,7	100	149	0,96
24,4	47,8	106	148	0,97
24,2	47,8	106	152	0,97
24,3	47,5	108	156	0,89
24,2	48,1	107	152	0,98
24,6	47,8	100	158	0,97
24,7	47,7	99	151	0,96
24,7	47,5	105	146	0,97
25,5	50,0	97	154	0,98
24,8	49,8	105	155	0,99
25,1	49,5	104	151	0,98
25,2	50,0	104	153	0,99
25,0	49,8	105	153	0,99
25,5	50,0	104	150	0,99
24,9	49,5	103	150	0,98
25,0	49,2	107	151	0,99

25,1	49,6	101	149	0,98
25,5	50,4	100	149	0,98
25,2	50,9	100	150	0,98
25,2	50,9	100	150	0,98
25,3	50,2	100	149	0,98
25,2	50,5	100	150	0,98
25,3	50,7	101	148	0,98
25,1	50,3	100	150	0,98
25,3	50,4	97	146	0,97
25,1	50,5	100	147	0,97
25,0	50,3	99	145	0,97

**Fonte:** Autoria Própria (2023)

Ao analisar a Tabela 1, é possível observar os volumes de  $\text{AgNO}_3$  consumidos durante a titulação e o cálculo das médias das concentrações resultantes das quatro quantidades pesadas (25, 50, 100 e 150 gramas). Notou-se que os valores de concentração apresentaram variações significativas.

Ao registrar concentrações abaixo de 98%, que é o valor aceitável, o cianeto de sódio continuou sendo empregado no banho, visando evitar desperdícios. Posteriormente, uma análise adicional dessa solução foi conduzida após a realização do banho. Essa prática, embora seja uma estratégia para minimizar perdas, pode ser considerada um erro decorrente da necessidade de retrabalho nos testes. Além disso, essa abordagem pode prejudicar o banho devido às baixas concentrações, dada a importância do cianeto de sódio na solubilização do cianeto de cobre, sendo crucial manter um excesso desse componente na forma de cianeto livre para evitar a formação de bolhas ou imperfeições nas peças (SOUZA, 2022).

Esses desafios incluem não apenas o custo adicional associado ao retrabalho dos testes, mas também a possibilidade de impactar negativamente a qualidade do produto final entregue pela empresa.

#### **4.2 Análise da Pureza do Cianeto de sódio**

A Pureza do Cianeto de sódio foi analisada por meio da titulação, e também foi conduzida por um período de 30 dias, os quais variaram de acordo com a recepção do composto pelo fornecedor. A Tabela 2, apresenta os dados obtidos durante a análise.

**Tabela 2** - Resultados da análise da Pureza do NaCN

<b>Peso (g)</b>	<b>AgNO<sub>3</sub> gasto (mL)</b>	<b>Pureza NaCN(%)</b>
4,24	16,8	96,94
4,99	17,8	87,25
3,75	14,1	91,89
3,93	15,3	95,34
4,06	15,9	95,73
4,44	17,2	94,87
4,15	16,4	96,69
4,34	16,9	95,25
4,66	18,0	94,48
4,21	16,8	97,59
3,30	13,4	99,21
4,75	19,3	99,32
3,36	13,5	98,17
4,90	19,6	97,87
4,94	19,7	97,61
4,77	19,2	98,53
4,69	18,7	97,65
4,84	19,5	98,67
4,11	16,6	98,70
4,34	17,6	99,13
4,23	17,1	98,87
3,80	15,3	98,36
4,34	16,9	95,33

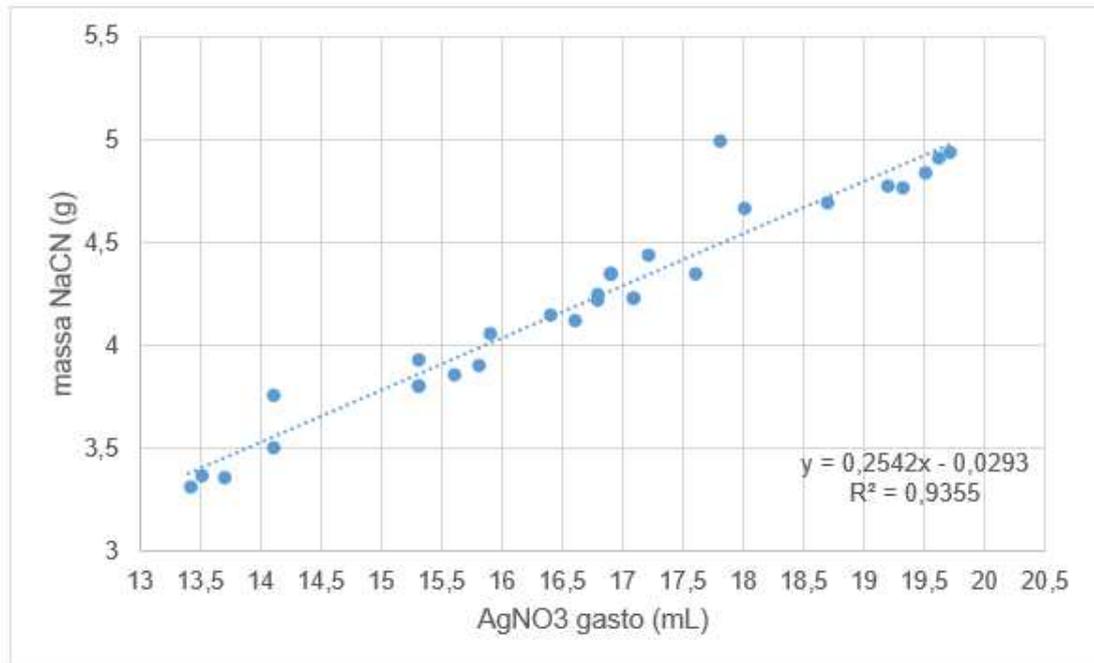
**Fonte:** Autoria Própria (2023)

Ao analisar os resultados obtidos na Tabela 2, destacou-se uma variação significativa na pureza calculada, mesmo com a realização frequente dos testes. Essa inconsistência assume uma relevância crítica para o banho de cobre alcalino, uma vez que, caso a pureza do cianeto de sódio seja inferior a 98%, a probabilidade de reações químicas indesejadas aumenta, resultando em um processo ineficiente e uma qualidade final inadequada (MARSDEN e HOUSE, 2006).

É fundamental destacar que os testes foram conduzidos apenas uma vez, e a ausência de repetições em triplicata pode ser uma fonte significativa da variação observada nos resultados. A repetição dos testes em triplicata proporcionaria uma avaliação mais precisa da pureza do composto, reduzindo a influência de possíveis variações experimentais e contribuiria significativamente para a confiabilidade dos

dados, permitindo uma interpretação mais precisa e uma tomada de decisão mais informada no contexto do banho de cobre alcalino.

**Figura 14** - Relação entre a Massa de NaCN (g) e o Volume consumido de AgNO<sub>3</sub> (mL)



Fonte: Autoria Própria (2023)

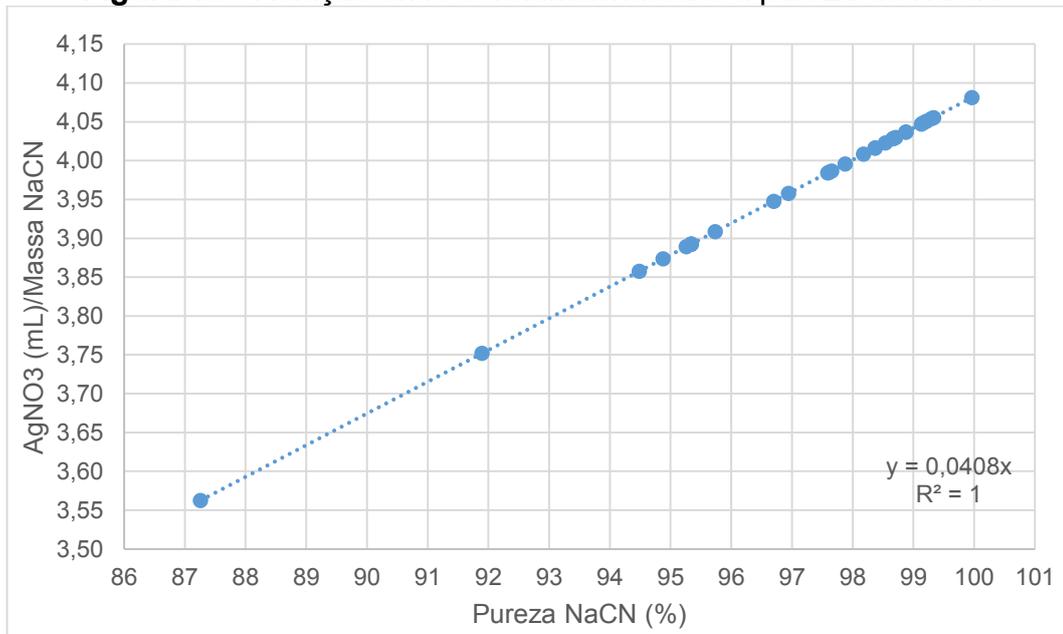
Utilizando os dados da Tabela 2, a Figura 14 foi elaborada, representando a relação entre a massa de NaCN (g) e o volume consumido de AgNO<sub>3</sub> (mL).

Ao examinar a Figura 14, é perceptível um padrão linear, indicando que a massa de NaCN aumenta de maneira proporcional ao volume de AgNO<sub>3</sub>. Esta tendência não é vantajosa para o processo, pois implica que um maior volume resulta em um aumento significativo no consumo do reagente, acarretando custos mais elevados para o laboratório da empresa PADO S.A. Essa relação direta entre o volume e a massa destaca a necessidade de otimização para redução de custos e eficiência do processo.

A escolha por regressão de mínimos quadrados para o ajuste da reta foi realizada pois, como mencionado, pode haver erro experimental. A presença de tais erros de medida pode influenciar a precisão da análise estatística, porém, a tendência linear confere confiabilidade ao modelo.

A partir da equação 1, identificou-se uma correlação entre o volume e a massa. Em decorrência dessa relação, o gráfico da Figura 15 foi elaborada para representar a relação entre essas variáveis e a pureza.

**Figura 15** - Relação entre o volume/massa e a pureza do NaCN



Fonte: Autoria Própria (2023)

Ao analisar o gráfico da Figura 15, destaca-se que um aumento na relação entre as variáveis está associado a uma maior pureza. Considerando que o eixo y da Figura 15 é a divisão entre o volume gasto de AgNO<sub>3</sub> e a massa do NaCN, é relevante observar que, dentro dessa relação, se a massa se tornar excessivamente elevada, a pureza tende a diminuir. Como visto que na equação 1 o volume e a massa são inversamente proporcionais, isto significa que um aumento em um parâmetro irá influenciar inversamente o outro.

Tal constatação não está alinhado com os dados fornecidos na Tabela 2, onde o peso varia, e em algumas instâncias, é significativamente maior, ao passo que a pureza também aumenta. Esse padrão sugere que podem existir fatores adicionais influenciando a relação entre peso e pureza, além daqueles considerados anteriormente.

Uma estratégia para abordar essa discrepância seria considerar a redução da faixa de variação do peso nos experimentos subsequentes. Isso poderia ajudar a

minimizar a influência de fatores externos e proporcionar uma análise mais precisa da relação entre peso e pureza.

## 4.2 Implementação do ciclo PDCA

A abordagem do ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) é uma metodologia amplamente reconhecida e utilizada para promover a melhoria contínua em processos organizacionais. No contexto deste estudo, o ciclo PDCA foi aplicado para abordar os desafios encontrados na análise da pureza do cianeto de sódio, uma etapa importante no processo do banho de cobre alcalino. A aplicação sistemática deste ciclo permitirá uma abordagem estruturada para identificar, implementar, monitorar e aprimorar as práticas de análise, visando a redução de erros e a melhoria da confiabilidade dos resultados (ALENCAR, 2008).

Na implementação do Ciclo PDCA na PADO S.A, a Figura 6 serviu como referência fundamental, delineando as quatro etapas essenciais do ciclo. O processo de criação desse ciclo teve início com uma análise abrangente do procedimento de avaliação da pureza do cianeto de sódio, identificando os principais erros e estabelecendo metas claras para a redução dessas falhas.

A fase seguinte envolveu a execução de mudanças nos procedimentos identificados. Isso incluiu a introdução de repetição nos testes, a redução da faixa utilizada no peso do Cianeto de sódio para 3 a 4 gramas e a minimização do uso dos cianetos com concentração inferior a 98%. Além disso, implementou-se um programa de treinamento adicional para a equipe responsável pela análise. Esse estágio foi crucial para garantir a eficácia da implementação das melhorias planejadas, alinhando os membros da equipe com as práticas atualizadas.

Posteriormente, a verificação dos resultados das análises foi realizada de maneira contínua, coletando dados precisos e comparando-os com as metas previamente estabelecidas. Essa etapa permitiu uma avaliação para determinar se as mudanças implementadas estavam produzindo os resultados desejados e se os erros estavam sendo reduzidos de acordo com as metas estipuladas.

Na última fase, com base na análise dos resultados obtidos, foram tomadas medidas corretivas sempre que necessário. Além disso, identificaram-se novas oportunidades de melhoria, refinando o plano original para otimizar a eficiência e a precisão no processo de análise da pureza do cianeto de sódio.

A partir da metodologia abordada para criação do ciclo PDCA para a PADO S.A, pode-se definir as etapas implementadas como:

- **Plan (planejar)**

Identificação do problema: erros frequentes na análise da pureza do Cianeto de Sódio, afetando a qualidade do banho de cobre alcalino.

Estabelecimento de metas: reduzir a incidência de erros na análise em 30% nos dois meses posteriores.

- **Do (executar)**

Revisão dos Procedimentos: avaliação detalhada dos procedimentos de análise de pureza.

Mudanças no procedimento: introdução de repetição nos testes, redução da faixa utilizada no peso do Cianeto de sódio de 3 a 4 gramas, minimização do uso dos cianetos com concentração inferior a 98% e um programa de treinamento adicional para a equipe responsável pela análise.

- **Check (verificar)**

Implementação de mudanças: os procedimentos revisados são postos em prática, e a equipe treinada começa a aplicar as mudanças nos testes.

Monitoramento dos resultados: Acompanhamento próximo dos resultados das análises para verificar se os erros diminuíram.

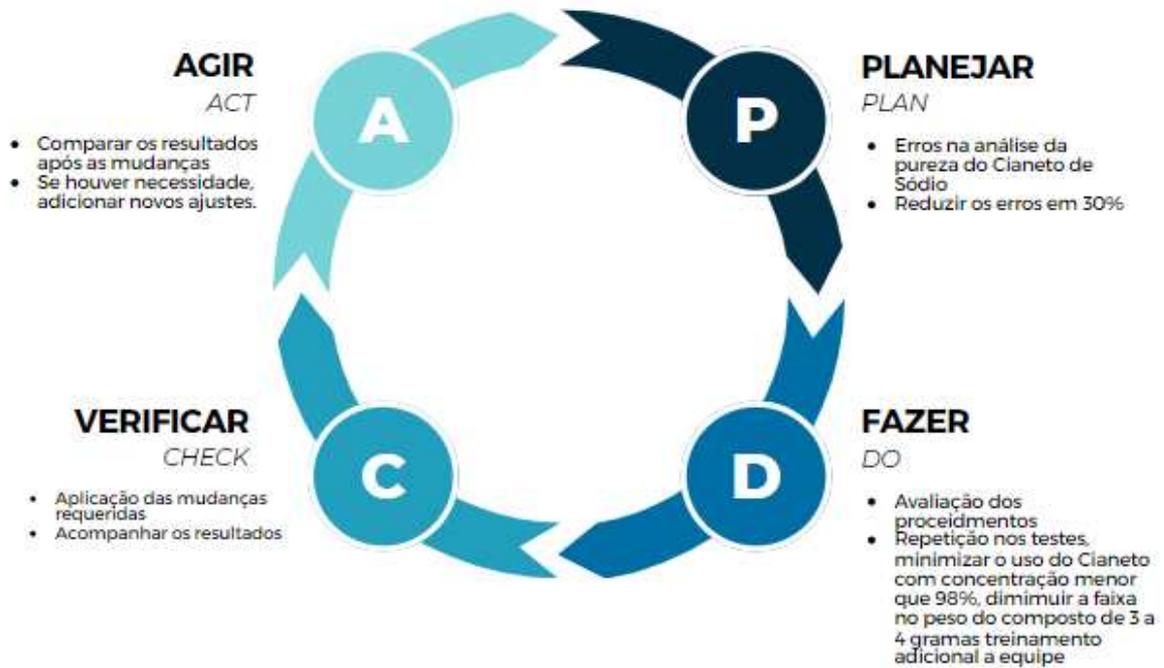
- **Act (Agir)**

Análise dos Resultados: comparar os resultados após as mudanças com os dados anteriores.

Identificação de Novas Oportunidades de Melhoria: se necessário, identificar áreas adicionais para aprimoramento e ajustar os procedimentos conforme a análise dos resultados.

A Figura 16, apresenta o ciclo PDCA aplicado a problemática identificado pelo setor da qualidade na PADO S.A.

**Figura 16 - Ciclo PDCA para a Indústria PADO S.A**



**Fonte:** Autoria Própria (2023)

A aplicação do Ciclo PDCA representa uma excelente escolha frente os resultados e discussão, pois se configura como uma ferramenta didática de fácil implementação. Além de oferecer uma abordagem sistemática para a solução de problemas, o PDCA promove melhorias contínuas nos processos, aprimorando tanto a eficiência quanto à eficácia operacional.

## 5. CONCLUSÃO

A avaliação dos dados referentes à concentração e pureza do cianeto de sódio revela claramente a presença de erros durante as análises, o que impacta negativamente o banho de cobre alcalino. Diante dessa constatação, realizou-se uma análise mais aprofundada desses dados, revelando lacunas significativas nos procedimentos de análise.

Observou-se que os testes não foram conduzidos em triplicata, o que comprometeu a confiabilidade dos resultados. Além disso, identificou-se o uso de cianeto de sódio no banho com concentração inferior à estipulada em 98%, o qual contribuiu para a inconsistência nos parâmetros do processo. A faixa de peso empregada nas análises também se mostrou prejudicial à pureza do cianeto de sódio, indicando a necessidade de restringi-la a uma faixa menor, entre 3 a 4 gramas.

Após a análise realizada, ficou evidente a necessidade de adotar uma ferramenta específica de qualidade para aprimorar o processo. Nesse contexto, optou-se pelo ciclo PDCA como metodologia para corrigir as falhas identificadas. O uso dessa ferramenta reflete um compromisso estratégico com a melhoria contínua. Essa escolha não apenas possibilita resolver questões imediatas, mas estabelece um ciclo iterativo de planejamento, execução, verificação e ação, tornando-se uma filosofia integrada à cultura organizacional. A implementação do PDCA não é simplesmente corretiva, mas uma abordagem que define padrões duradouros de eficiência e qualidade para a empresa PADO S.A.

Assim, conclui-se que a incorporação do ciclo PDCA na análise da pureza do cianeto de sódio se revelou eficaz para garantir a conformidade do banho de cobre alcalino. Este possibilitou ainda que o produto final não seja prejudicado, evitando retrabalho no processo e, conseqüentemente, mitigando custos adicionais para a empresa.

## 6. REFERÊNCIAS

ALENCAR, J. F., **Utilização do Ciclo PDCA para análise de não conformidades em um processo logístico. Monografia. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais, 2008.**

COELHO, P. **Cianeto de sódio: Produção e o Uso na Indústria e Mineração.** Blog de Engenharia Química. Disponível em: <https://www.engquimicasantosp.com.br/2023/06/cianeto-de-sodio-producao-e-uso.html>. Acesso em: 14 Jul. 2023.

CORNACINI, A.F., **Redução do consumo de ácido crômico na galvanização de peças metálicas.** 2022. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de Maio de 2011, do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

ECYCLE. **Cianeto: a sombra por trás da mineração do ouro.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/cianeto/>. Acesso em: 14 Jul. 2023.

FIT (Ficha de Informação Toxicológica). Cianeto de Sódio. **Divisão de Toxicologia, Genotoxicidade e Microbiologia Ambiental.** 12 jan.2012. Disponível em: [https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/cianeto\\_de\\_sodio.pdf](https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/24/2013/11/cianeto_de_sodio.pdf). Acesso em 11 Jul.2023.

FOGAÇA, J. R. V. **Galvanoplastia ou eletrodeposição.** Disponível em: Galvanoplastia ou Eletrodeposição. Processo de galvanoplastia (uol.com.br). Acesso em: 11 Jul. 2023.

GESTÃO DE QUALIDADE. **ISO 9000.** Disponível em: <https://gestao-de-qualidade.info/iso-9000.html>. Acesso em 24 Ago. 2023.

GRUPO FORLOGIC. Ferramentas da qualidade: o glossário definitivo sobre as ferramentas da qualidade. 09 nov. 2016. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/folha-de-verificacao/>. Acesso em: 12 set. 2023.

LOBO, N. R., **Gestão da Qualidade.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2020.

MARSDEN, J.O.; HOUSE C.I. The Chemistry of Gold Extraction. 2 ed. Littleton, Colorado, Estados Unidos. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. (SME), 2006. 651 p.

MONTALVO, A., JAVIER. P. **Estudo Cinético da Degradação do Cianeto com Ácido de Caro**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, PUC-Rio, 2004.

NAPOLEÃO, B. M. **PDCA**. Ferramentas da Qualidade: o glossário definitivo sobre as ferramentas da qualidade. 2018. Disponível em: <https://ferramentasdaqualidade.org/pdca/#:~:text=O%20PDCA%20surgiu%20nos%20Estados,especifica%C3%A7%C3%A3o%2C%20produ%C3%A7%C3%A3o%20e%20inspe%C3%A7%C3%A3o>). Acesso em: 05 set. 2023.

NOVA ERA. Empresa galvanica. **Diferença entre Cromo duro e Cromo decorativo**. Disponível em: <https://www.galvanicanovaera.com.br/blog/diferenca-entre-cromo-duro-e-cromo-decorativo>. Acesso em: 04 Ago 2023.

SCHULTZ, F. **Controle estatístico de processo: o que é o CEP e para que serve?**. Blog BomControle, 2019. Disponível em: <https://blog.bomcontrole.com.br/controle-estatistico-processo-cep/>. Acesso em: 16 nov 2023.

SILVA, A. I. F.; AFONSO, J. C.; SOBRAL, L. G. S.. **Avaliação do efeito da concentração de carbonato na eletrodeposição de cobre sobre discos de Aço-carbono**. Química nova, v. 31, n. 7, p. 1843-1850, 3 out. 2008. Disponível em: SciELO - Brasil - Avaliação do efeito da concentração de carbonato na eletrodeposição de cobre sobre discos de aço-carbono Avaliação do efeito da concentração de carbonato na eletrodeposição de cobre sobre discos de aço-carbono. Acesso em: 28 jul. 2023.

SOUZA. B.C., **Avaliação da adição de hidróxido de sódio para controle dos níveis de cianeto de sódio no processo de galvanoplastia**. 2022. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2022.

PADO. Empresa. Disponível em: A Empresa - Pado. Acesso em: 11 Jul. 2023.

PARREIRAS, P. **Garantia da qualidade: o que é e o que você está perdendo se não tiver**. Disponível em: <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/garantia-da-qualidade/#:~:text=A%20garantia%20da%20qualidade%20%C3%A9,esperada%2C%20isento%20de%20n%C3%A3o%20conformidades>. Acesso em: 11 Jul. 2023.

PRADA, C. **Brainstorming: o que é e como aplicar na geração de novas ideias**. Disponível em: <https://www.euax.com.br/2018/09/brainstorming/#:~:text=Princ%C3%ADpios%20do%20brainstorming,-Como%20j%C3%A1%20antecipamos&text=O%20seu%20conceito%20foi%20originamente,propaganda%20criativas%20para%20seus%20clientes>. Acesso em: 18 set. 2023.

TECNAL. Equipamentos Científicos. **Cianeto: Definição, riscos e métodos de análise**. Blog. Disponível em: [https://tecnal.com.br/pt-BR/blog/204\\_cianeto\\_definicao\\_riscos\\_e\\_metodos\\_de\\_analise](https://tecnal.com.br/pt-BR/blog/204_cianeto_definicao_riscos_e_metodos_de_analise). Acesso em: 24 Jul. 2023.

UFRJ. **Compostos de coordenação.** Disponível em:  
[https://dqi.iq.ufrj.br/iqg128\\_a11\\_comp\\_coord.pdf](https://dqi.iq.ufrj.br/iqg128_a11_comp_coord.pdf) Acesso em: 09 nov 2023

VIEIRA, P. S. **Avaliação da eletrodeposição do banho de cobre ácido na produção de semijoias e folheados.** 2022. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

WIERCINSKI, A. **Galvanoplastia: melhorias no processo de zincagem eletrolítica.** 2015. Monografia para pós graduação, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Norte do Sul, Panambi, 2015.