



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO**

**PROPOSTA PARA PADRONIZAÇÃO DO
CIRCUITO OPERATÓRIO DE UM SISTEMA DE
GALVANOPLASTIA**

ALUNO: JUAN RAMON MUNGUIA ROJAS

ORIENTADOR: Prof. ROGÉRIO C. BASTOS, Dr



0.228.341-1

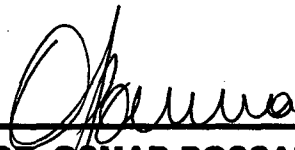
UFSC-BU

Florianópolis - SC, Dezembro de 1994

**PROPOSTA PARA PADRONIZAÇÃO DO CIRCUITO
OPERATÓRIO DE UM SISTEMA DE
GALVANOPLASTIA**

JUAN RAMÓN MUNGUÍA ROJAS

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.



PROF. OSMAR POSSAMAI, Dr.
Coordenador do Curso

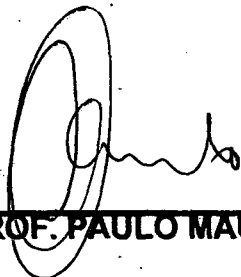
BANCA EXAMINADORA:



PROF. ROGERIO CID BASTOS, Dr.
Orientador



PROF. RICARDO M. BARCIA, Ph.D.



PROF. PAULO MAURICIO SELIG, Dr.

**"Perseverar, perseverar...
e continuar perseverando"**

À Patricia, pelo seu amor, dedicação e
à sua compreensão.....

À meus filhos, Carlos Ramón e Herbert
pela cota de sacrifício que eles
tiveram na minha ausência no lar.

À Giancarlo, por tudo aquilo que eu
não tenho conseguido te dar.

AGRADECIMENTOS

À UFSC-Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de participar do programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas.

À CAPS-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

À EDUCREDITO de Honduras.

Ao professor e amigo Rogério Cid Bastos, pela orientação e apoio brindado de forma irrestrita a minha pessoa no desenvolvimento deste trabalho.

À empresa KAVO DO BRASIL S.A., pela oportunidade de participar da padronização do processo de galvanoplastia.

À meus sogros Karl e Therezinha Buris, pela sua ajuda.

À Palou e Ivette pelo acompanhamento espiritual.

Aos colegas e amigos, Sandro, Osiris, Angelita, Anette, Ana e Anita, Renata, Carmen Lucia, Cristina, Karla, Alexandra.

Ao colega e amigo Carlos Roberto de Rolt diretor da empresa Directa por ter servido como contato entre a empresa que se realizou o estudo de caso e a minha pessoa.

Ao meus ex-colegas de graduação da FAENQUIL.

À meus pais Ramón e Digna Esperanza pelo dom da vida que me deram..

À mis avos Antonio, Ramón (Q.D.D.G), Emma e Santos pelo carinho.

À meus irmãos que apesar da distância sempre acompanharam-me de perto nesta empreitada.

Aos demais colegas, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho, tem como objetivo principal, efetuar a "padronização" de um circuito operatório de galvanoplastia, fazendo-se um estudo aprofundado sobre a padronização e galvanoplastia. Focaliza, em uma primeira fase e de modo genérico, processos de padronização industrial. Posteriormente são tratados problemas da padronização em galvanoplastia, restringindo-se aos processos de eletrodeposição metálica do Zinco, Cromo e Níquel. Como resultado, é apresentado um modelo de padronização para circuitos operatórios de galvanoplastia.

Apresentando-se um estudo de caso em uma empresa líder na fabricação de aparelhos odontológicos (no Estado de Santa Catarina) e destaca-se entre os resultados obtidos: montagem de curvas de galvanização, especificação das espessuras mínimas de eletrodeposição, melhorias na qualidade do produto final além de um melhor controle do processo.

ABSTRACT

This work is related with standarization of galvanic operation system. The scoop of this study is to provid a view of the standarization industrial process. Specifics cases like industrial standarization and metallic coating (eletrodeposited coating) by, Zinc, Chromium and Nickel, on diferent substrates are also shalves. A standarization model for galvanic operation system is proposed.

A case of study is also developed in a leader company of odontologic instrumentals at south of Brasil. Through the case study relevants results are achived like the galvanic mathematical equations, specification of process, improviment in overall process quality and control. Substantial costs reduction are also obtained..

SUMÁRIO

	pág.
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Introdução	1
1.2 Objetivos e Resultados Pretendidos	2
1.2.1 Objetivo Geral	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.2.3 Resultados	3
1.3 Estrutura do Trabalho	3
1.4 Limitações do Trabalho	4
2. PADRONIZAÇÃO	6
2.1 Definição de Padronização	6
2.2 Relação da Padronização com o Controle de Qualidade	10
2.3 Importância da Padronização no Desenvolvimento Industrial e na Qualidade	15
2.4 Classificação dos Padrões	19
2.4.1 Padrões Internacionais ou Multinacionais	19
2.4.2 Padrões Nacionais	19
2.4.3 Padrões Industriais ou Empresariais	20
2.4.3.1 Sistema de Classificação de Padrões Industriais ou Empresariais	21
2.5 Método de Padronização	27
2.6 Características Básicas dos Padrões	29
2.7 Formato dos Padrões de Empresa	30
2.8 Avaliação da Padronização	31
2.9 Vantagens da Padronização	32
2.10 Desvantagens da Padronização	33
3. GALVANOPLASTIA	35
3.1 Introdução	35
3.2 Processo Mecânico ou Polimento	37
3.2.1 Jateamento	37
3.2.2 Esmerilhamento e Pré-Polimento	38
3.2.3 Polimento	40
3.2.4 Processo de Tamboreamento e Vibração	40
3.2.5 Preparação Manual	42
3.3 Desengraxamento Mecânico ou Químico	42
3.4 Processos Eletrolíticos	43
3.5 Decapagem para Eliminar Óxido ou Ferrugem	44

	pág.	
3.6	Metais Depositados Galvanicamente	45
3.6.1	Zinco	45
3.6.1.1	Empregos das Camadas de Zinco	46
3.6.1.2	Tratamento Posterior	46
3.6.2	Cromo	47
3.6.2.1	Verificações Especiais	49
3.6.3	Níquel	51
3.6.3.1	Niquelação e Proteção Anticorrosiva	52
3.6.4	Anodização	53
3.6.4.1	Generalidades	53
3.6.4.2	Espessura da Camada e Ação Protetora	54
3.6.4.3	Tingimento	54
3.6.4.4	Anodização Dura	55
3.6.4.5	Vedação de Camadas de Óxido Obtidas Anodicamente	55
3.6.4.6	Determinação da Qualidade de Anodização (DIN 50946)	56
4.	PROPOSTA PARA PADRONIZAÇÃO DO CIRCUITO OPERATÓRIO EM UM SISTEMA DE GAVANOPLASTIA	57
4.1	Padronização do Circuito Operatório em um Sistema de Gavanoplastia	57
4.2	Especialização em Galvanoplastia e Levantamento de Dados no Setor	59
4.3	Especificações das Espessuras para as Camadas Metálicas e Especificações de Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos	60
4.3.1	Especificações das Espessuras para as Camadas Metálicas	60
4.3.2	Especificações de Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos	61
4.3.3	Adquirir Instrumentação para Verificação	63
4.4	Montagem e Ajuste das Curvas Características de Eletrodeposição Metálica	63
4.5	Montagem do Circuito Operatório	65
4.6	Educação e Treinamento dos Funcionários	66
4.7	Revisão e Aperfeiçoamento Contínuo do Modelo Proposto	67
5.	PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA DA EMPRESA KAVO DO BRASIL S.A.	68
5.1	Generalidades Sobre a Empresa KAVO DO BRASIL S.A.	68
5.2	KAVO DO BRASIL S.A. e seu Compromisso com a Qualidade	69
5.3	O Setor de Galvanoplastia (Setor 535)	70
5.4	Padronização do Processo de Galvanoplastia da Empresa KAVO DO BRASIL S.A.	70
5.4.1	Especialização sobre Galvanoplastia e Levantamento de Dados no Setor	70

	pág.	
5.4.2	Especificações da Espessuras para as Camadas Metálicas e Especificação de Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos	72
5.4.2.1	Especificação das Espessuras para as Camadas Metálicas	72
5.4.2.2	Especificação das Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos	74
5.4.3	Montagem e Ajuste das Curvas Características de eletrodeposição Metálica	74
5.4.4	Montagem dos Circuitos Operatórios	80
5.4.4.1	Descrição e Padronização do Procedimento de Zincagem	80
5.4.4.2	Descrição e Padronização do Procedimento para o Cromo Duro	84
5.4.4.3	Descrição e Padronização do Procedimento do Cromo Decorativo Brilhante	87
5.4.4.4	Descrição e Padronização do Procedimento do Cromo Preto	88
5.4.4.5	Descrição e Padronização do Procedimento do Níquel Químico	89
5.4.4.6	Descrição e Padronização do Procedimento do Níquel Eletrolítico Fosco	92
5.4.4.7	Descrição e Padronização do Procedimento do Níquel Químico e Fosco	95
5.4.4.8	Descrição e Padronização do Procedimento do Níquel Eletrolítico Brilhante	95
5.4.5	Educação e Treinamento dos Funcionários	99
5.5	Resultados	104
	6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	107
6.1	Conclusões	107
6.2	Recomendações	108
	BIBLIOGRAFIA	109
	ANEXOS	114
	Anexo I - Orgãos de Padronização	115
	Anexo II - Orgãos de Homologação	116
	Anexo III - Método 5W-1H	117
	Anexo IV - Forma Final das Curvas de Eletrodeposição Metálica	118

LISTA DAS FIGURAS

		pág.
FIGURA 1	Ciclo de Deming	10
FIGURA 2	Diagrama de Causa e Efeito	12
FIGURA 3	Gráfico de Pareto para Peças Defeituosas por Setor	14
FIGURA 4	O Crescimento do Esforço da Qualidade Total no Desenvolvimento Industrial	18
FIGURA 5	Importância Relativa das Atividades da Qualidade	18
FIGURA 6	Porcentagem de Defeitos no Setor de Galvanoplastia	33
FIGURA 7	Representação Esquemática da Remoção de uma Superfície Durante o Polimento Eletrolítico	44
FIGURA 8	Gráfico das Médias	62
FIGURA 9	Forma Geométrica do Corpo de Prova	75
FIGURA 10	Diagrama Sequencial para a Padronização de um Circuito Operatório de Galvanoplastia	58
FIGURA 11	Ciclo de Operação para a Zincagem	83
FIGURA 12	Ciclo de Operação para a Cromação Dura	86
FIGURA 13	Ciclo de Operação para a Cromação Decorativa e Preta	89
FIGURA 14	Ciclo de Operação para a Niquelagem	103

LISTA DE TABELAS

		pág.
TABELA 1	Definições de Padronização	8
TABELA 2	Quantidade de Peças Defeituosas por Setor	13
TABELA 3	Estrutura Básica dos Padrões de Empresa	22
TABELA 4	Estrutura de Padrões de Empresa	23
TABELA 5	Estrutura dos Padrões de Técnicos	24
TABELA 6	Métodos de Padronização	29
TABELA 7	Vantagens da Padronização	33
TABELA 8	Desvantagens da Padronização	34
TABELA 9	Tipos de Defeitos no Setor de Galvanoplastia	39
TABELA 10	Determinação da Espessura de Camada	45
TABELA 11	Principais Características do Banho Eletrolítico de Zinco	47
TABELA 12	Principais Características do Banho Eletrolítico de Cromo Brilhante	50
TABELA 13	Principais Características do Banho Eletrolítico do Cromo Duro	51
TABELA 14	Principais Características do Banho Eletrolítico do Níquel Químico	53
TABELA 15	Espessuras Mínimas das Camadas em Certos Campos de Aplicação	54
TABELA 16	Espessuras Mínimas das Camadas do Alumínio	56
TABELA 17	Quadro de Triagem de Problemas Qualitativos e Quantitativos de Produção	59
TABELA 18	Coletagem de Dados da Variável pH	62
TABELA 19	Levantamento de Dados na Eletrodeposição	64
TABELA 20	Circuito Operatório para o Processo de Galvanoplastia	66
TABELA 21	Ficha Descritiva Operacional	67
TABELA 22	Classificação das Diferentes Condições de Serviço	71
TABELA 23	Classificação das Espessuras Mínimas	73
TABELA 24	Classificação das Espessuras Mínimas	73
TABELA 25	Espessuras Mínimas das camadas Metálicas	74
TABELA 26	Faixas de Operação para as Variáveis Críticas do Zn, Cr, Ni	74
TABELA 27	Tipos de Banhos para os Diferentes Substratos	75
TABELA 28	Codificação dos Substratos	76
TABELA 29	Resumo Estatístico Levantado para Cada Banho Eletrolítico	78
TABELA 30	Fator de Conversão de Espessura para Massa	79
TABELA 31	Tempo Ótimo para a Eletrodeposição de Camadas Metálicas	79

1. INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

Segundo GITLOW (1993), "A questão da Qualidade tem existido desde que chefes tribais, reis e faraós governavam. O código de "Hammurabi", datado de 2150 a.C., estabelece que:

"Se um construtor erguer uma casa para alguém e seu trabalho não for sólido, e a casa desabar e matar o morador, o construtor deverá ser imolado".

Inspetores ferozes eliminavam quaisquer violações recorrentes de padrões de qualidade amputando a mão do fabricante do produto defeituoso. Inspetores aceitavam ou rejeitavam produtos e faziam cumprir as especificações governamentais. Por volta de 1450 a.C., Inspetores egípcios conferiam a forma de blocos de pedra com um barbante, enquanto o cortador de pedras observava. Os astecas na América Central também usavam esse método. Essas civilizações antigas enfatizavam a retidão do negócio e tratamento de reclamações.

Durante o Século XIII, surgiram as guildas, que eram corporações formadas por negociantes e artesãos, e desenvolveu-se a formação profissional baseada no ensino aos aprendizes de ofícios. Os artesãos eram tanto treinadores como inspetores. Eles conheciam seus negócios, seus produtos e seus clientes e incorporavam qualidade naquilo que produziam. Eles se orgulhavam do seu trabalho e em treinar outros para fazer um trabalho de qualidade. O governo definia e estabelecia padrões (por exemplo, pesos e medidas), e, na maior parte dos casos, o indivíduo era capaz de inspecionar todos os produtos e estabelecer o único padrão de qualidade."

Atualmente pode-se afirmar que não se está tão longe de nossos antepassados, ao se fazer uma analogia,

consumidores e de algumas normas governamentais que regem a indústria atual de bens de consumo e serviços em geral. Tem-se caminhado, cada vez mais, no sentido de obter-se os padrões de qualidade requeridos pelo consumidor, procurando estabelecer-se um correto equilíbrio entre as necessidades do produtor (produto) e cliente (expectativa demandada), ponderando-se, adequadamente, os valores a serem observados para cada um desses elementos.

A analogia com o mundo atual leva a concluir que em essência, os conceitos de qualidade (satisfação total do cliente através de um bom desempenho dos produtos e serviços) em relação aos produtos e serviços continuam sendo os mesmos. Se as empresas de bens e serviços produzem com uma baixa qualidade ou má qualidade estas, inexoravelmente, a médio e longo prazo terão providenciado a sua própria falência. E no lugar destas ficarão aquelas empresas que não pouparam esforços na melhoria contínua da qualidade, produtividade e competitividade.

1.2 Objetivos e Resultados Pretendidos

1.2.1 Objetivo Geral

Pretende-se, como objetivo geral deste trabalho, desenvolver e propor uma abordagem metodológica que leve a efetuar a padronização dos procedimentos operacionais (padronização das espessuras mínimas das camadas de proteção anticorrosiva) em galvanoplastia e a sua posterior aplicação prática na empresa KAVO DO BRASIL S.A.

1.2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos pretende-se detalhar normas e parâmetros de controle para assegurar a conformidade dos produtos e processos de galvanoplastia em uma empresa do setor.

No estudo de caso pretende-se:

1. realizar o levantamento das curvas de eletrodeposição metálica dos diferentes banhos eletrolíticos.
2. Formar e treinar equipes multifuncionais em métodos estatísticos, com a finalidade de obter melhoramentos nos sistemas de controle de processos e medidas.
3. Padronizar e documentar todo o processo.

1.2.3 Resultados

Como resultados pretende-se:

1. Estabelecer faixas padrão de operação que atendam as especificações dos produtos da empresa e de outras similares.
2. Estabelecer o custo máximo de massa depositada eletroliticamente versus a espessura mínima de proteção anticorrosiva permitida.
3. Reduzir significativamente os custos ocasionados pela inspeção ao 100% no final do processo produtivo.
4. Reduzir significativamente as variações do produto final utilizando conjuntamente a verificação das especificações de produto, processo e o controle estatístico de processo (CEP).
5. Aumentar a rastreabilidade do processo de galvanoplastia por meio da implementação de quadros de triagem de problemas qualitativos dos produtos (a nível interno).
6. Permitir, a partir da análise do estudo de caso, um mapeamento das principais questões voltadas ao processo para empresas similares.

1.3 Estrutura do Trabalho

Este trabalho está estruturado em seis capítulos.

No primeiro capítulo é apresentado e delimitado o problema a ser analisado destacando a sua importância e justificativa.

O objetivo do segundo capítulo é levantar uma série de conceitos e definições relacionadas a padronização (de uma forma genérica), e a sua relação com a qualidade, discutindo suas principais vantagens e desvantagens.

No terceiro capítulo se faz uma revisão geral sobre os princípios básicos da galvanoplastia e dos banhos eletrolíticos que serão objeto de estudo.

No quarto capítulo é apresentado um modelo para a padronização de um circuito operatório em um sistema de galvanoplastia.

O quinto capítulo contém uma breve descrição sobre a empresa KAVO DO BRASIL S.A., empresa na qual foi realizado o estudo de caso deste trabalho. Nesse capítulo é realizada a padronização dos procedimentos operacionais, o estabelecimento das diferentes curvas de eletrodeposição metálica para cada banho, segundo cada substrato e seu respectivo resultado. Finalmente, no sexto capítulo, apresenta-se as conclusões e recomendações para futuros trabalhos.

1.4 Limitações do Trabalho

Uma das limitações do trabalho está relacionada a ausência de normas nacionais (não existem) para especificação de camadas mínimas de proteção anti-corrosiva por meio de eletrodeposição metálica, de diferentes tipos de camadas metálicas para diferentes tipos de substratos. De acordo com a Associação Brasileira de Tratamento Superficial (ABNT) existem conversões de espessura de camada para massa depositada, as quais foram utilizadas neste trabalho. Como especificações foram adotadas, então, as normas internacionais ISO, DIN, ASTM.

A padronização efetivada foi realizada no setor de galvanoplastia de uma única empresa (EMPRESA KAVO DO BRASIL S.A.).

As curvas características de eletrodeposição metálica de cada banho (são 12 curvas na sua totalidade) levantadas neste trabalho correspondem a variáveis específicas de trabalho, e portanto não podem ser utilizadas como padrões genéricos.

2. PADRONIZAÇÃO

2.1 Definição de Padronização

A padronização é um meio simples e concreto de criar métodos e unificar critérios para poder alcançar a qualidade de projeto e a qualidade de conformação de bens de consumo e nos serviços. As qualidades de conformação e de projeto são determinadas a partir das necessidades e exigências do consumidor através do desdobramento da qualidade.

Segundo ISHIKAWA (1993), a padronização concretiza os objetivos estabelecidos pela Qualidade Alvo (Qualidade Alvo é a determinação do nível de qualidade de um determinado produto) de uma forma racional e evitando ao máximo as subjetividades.

CAMPOS (1993) propõe através de um exemplo didático, a conceituação e definição da padronização, para a compreensão do processo de padronização. Pela riqueza da apresentação o exemplo é reproduzido a seguir:

“O ser humano convive com a padronização há milhares de anos e dela depende para sua sobrevivência mesmo que disto não tenha consciência. Imagine uma pequena tribo ou aldeia no passado: a alimentação básica era o peixe. Pescava-se de alguma forma até que alguém testou uma rede feita de cipós e pegou uma quantidade maior de peixes com menor trabalho. Evidentemente que os outros habitantes da aldeia, tendo em vista os resultados obtidos, passaram a utilizar a rede como método de pesca. Estava assim padronizado um método de pescar com rede. Mais tarde alguém julgou que seria melhor

utilizar fios de junta do que o cipó para fazer rede. Tentou e isto resultou numa maior quantidade de peixes com menor trabalho. Os outros imediatamente adotaram a nova idéia (padronizaram). Algumas observações são importantes para serem comentadas:

- *ninguém era obrigado a padronizar o método de pesca; fizeram isto somente porque dava melhor resultado;*
- *a padronização é meio. O objetivo é conseguir melhores resultado;*
- *o método de padronização não é fixo; ele pode e deve ser melhorado para a obtenção de melhores resultados. Se os resultados forem melhores os outros adotarão o método revisto.*

Originalmente não havia necessidade de se registrar o método padronizado. A aldeia era pequena e todos aprendiam o novo método naturalmente. A memória da aldeia era a memória das pessoas. Hoje a sociedade é complexa e para garantir a padronização é necessário registrar de forma organizada e conduzir formalmente o treinamento no trabalho”.

A padronização deve ser vista dentro das empresas, desta mesma forma, como algo que trará melhorias em qualidade, custo, cumprimento de prazo, segurança, etc.

A **TABELA 1** apresenta a definição de alguns termos peculiares a padronização.

DEFINIÇÃO	INGLÊS	JAPONÊS
PADRÃO - Documento consensado estabelecido para um objeto, desempenho capacidade ordenamento, responsabilidade, dever, autoridade, maneira de pensar, conceito, etc., com o objetivo de unificar e simplificar de tal maneira que, de forma honesta, seja conveniente e lucrativo para as pessoas envolvidas.	STANDARD	HYOJUN
PADRÃO - Um método ou objeto para exprimir a magnitude da qualidade, usado como referência para permitir universalidade à medida.	STANDARD	HYOJUN
PADRONIZAÇÃO - Atividade sistemática de estabelecer e utilizar padrões.	STANDARIZATION	HYOJUNCA
SISTEMA - Composição de uma série de itens ("Hardware", "Software" e elemento Humano) que são selecionados e alinhados para operar relacionando-se mutuamente para cumprir uma dada missão.	SYSTEM	SHISUTEMU
MISSÃO - Uma tarefa definida que o sistema deve cumprir.	MISSION	NINMU

TABELA 1: Definições de padronização
Fonte: Campos(1993, p.4)

A padronização visa a unificação de critérios, métodos, procedimentos e operações com o objetivo de simplificar as diferentes atividades a nível de chão de fábrica, supervisão e administração. Desta forma, objetiva universalizar as tarefas em todas os níveis com a respectiva participação das partes envolvidas para poder atingir as especificações.

Mediante a padronização, se chega a atingir o "Autocontrole". Segundo JURAN (1993); o "Autocontrole": É amplamente aceito nas indústrias japonesas onde o processo de controle segue o chamado Ciclo de Deming, composto de quatro etapas: planejar, fazer, verificar, agir, (FIGURA 1). Como mostrado na FIGURA 1 o objetivo (ou padrão) e o processo devem ser estabelecidos antes da execução do trabalho. Os resultados são então verificados, comparando-os com o padrão. Se houver qualquer diferença significativa após a avaliação, são tomadas

ações corretivas. Por meio do ciclo planejar \Rightarrow fazer \Rightarrow verificar \Rightarrow agir (PDCA - plan - do - check - act), espera-se que não só os resultados obtidos, mas também o processo propriamente dito, sejam melhorado em uma espiral ascendente (princípio da melhoria contínua). Isso conduz ao aperfeiçoamento e fortalecimento da estrutura da empresa.

Em algumas formas de planejamento de manufatura, o padrão de qualidade e o manual de operações são estabelecidos pelo pessoal da engenharia da administração e os operários são solicitados a desempenhar a suas tarefas de acordo com o estabelecido no manual. Assim, o planejamento e a execução são atividades separadas. Em tais casos, se os produtos manufaturados têm defeitos, o supervisor pode procurar as causas e repreender um operário. Este pode, então, responder: "Eu não sou responsável por este defeito. Segui fielmente o manual de operações que você me deu. Você é responsável pelo resultado". Fica claro que quando os operários são responsáveis somente por seguir o manual estabelecido, sua responsabilidade pela qualidade torna-se obscura. Essa responsabilidade vaga é prejudicial á alta qualidade da conformidade, alcançada somente se os operários tiverem consciência da qualidade e possuírem o forte senso de responsabilidade. (JURAN, 1993)

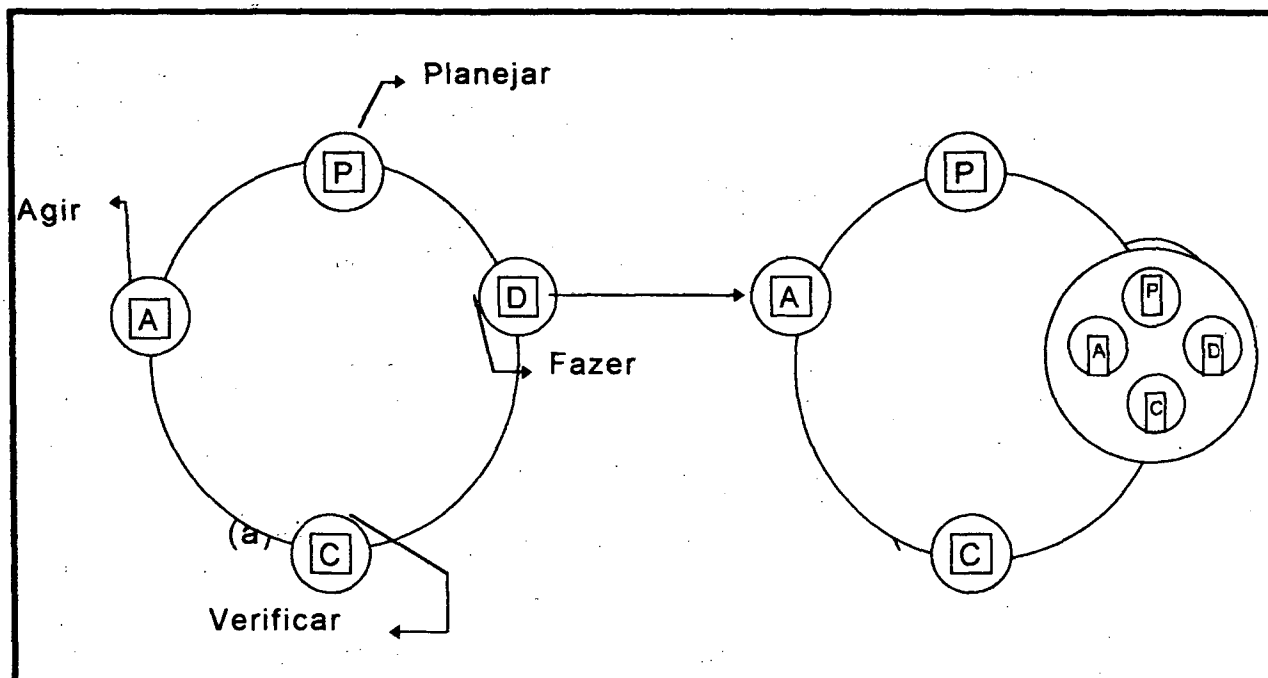


FIGURA 1: Ciclo de Deming
 Fonte: Juran(1993, p.145)

Normalmente os operários são designados para executar as tarefas de manufatura. Entretanto, o desempenho destes é também composto de um ciclo planejar - fazer - verificar - agir, como mostrado na **FIGURA 1**. Levando-se em consideração que os operários atingem o autocontrole a medida em que o ciclo de Deming é percorrido através de uma série de tarefas globais. Todos estão em maior ou em menor estado de autocontrole. Logicamente a educação e o treinamento são, em certa medida, necessários para cultivar a capacidade de autocontrole dos operários.

2.2 Relação da Padronização com o Controle de Qualidade

Segundo ISHIKAWA (1993) se os objetivos e as metas forem estabelecidos sem estarem acompanhados dos métodos para alcançá-los, o controle de qualidade terminará como um mero exercício mental. Pode-se estabelecer um objetivo de reduzir a taxa de defeitos para menos de 3%. Entretanto tal objetivo não será alcançado a menos que se estabeleçam métodos científicos e racionais para o alcance desses.

Contudo, há muitas variedades de métodos. Um indivíduo pode optar por fazer as coisas de maneira idiossincrática e este método pode acabar sendo comprovadamente o melhor para ele. Porém uma organização não pode basear-se em um método assim inferido. Mesmo que fosse uma técnica superior, ainda seria a especialidade de um indivíduo e não poderia ser adotada como a tecnologia de uma empresa ou do local de trabalho (as operações dentro de uma empresa, normalmente, são efetuadas por grupos de pessoas e não unicamente um só indivíduo, sendo, por essa razão, de suma importância que as pessoas envolvidas no processo tenham uma participação ativa no que diz respeito a padronização dos seus trabalhos).

A determinação de um método é equivalente a padronização. Se uma pessoa determina um método, precisa padronizá-lo e transformá-lo em um regulamento, incorporando-o em seguida a tecnologia e a propriedade da empresa. O método a ser estabelecido precisa ser útil a todos e livre de dificuldades. É por esta razão que precisa ser padronizado.

Através da padronização se pode alcançar a qualidade (bons efeitos). Esses efeitos estão relacionados as características de qualidade. Por exemplo, na **FIGURA 2** o efeito é encontrado no final da extremidade direita. Alcançar características de qualidade é o efeito e também o objetivo do sistema. As palavras que aparecem nas pontas das ramificações são causas. No controle da qualidade, as causas apontadas nesta ilustração são chamadas fatores de causa (ISHIKAWA, 1993).

Um conjunto destes fatores de causa é chamado de processo. Processo não se refere apenas a fabricação. Refere-se também ao trabalho ligado ao projeto, compras, vendas, pessoal e administração. Enquanto houver causas e efeitos, ou fatores de causa e características, todos podem ser processos. Em controle de qualidade, acredita-se que o controle de processos pode ser benéfico a todos esses.

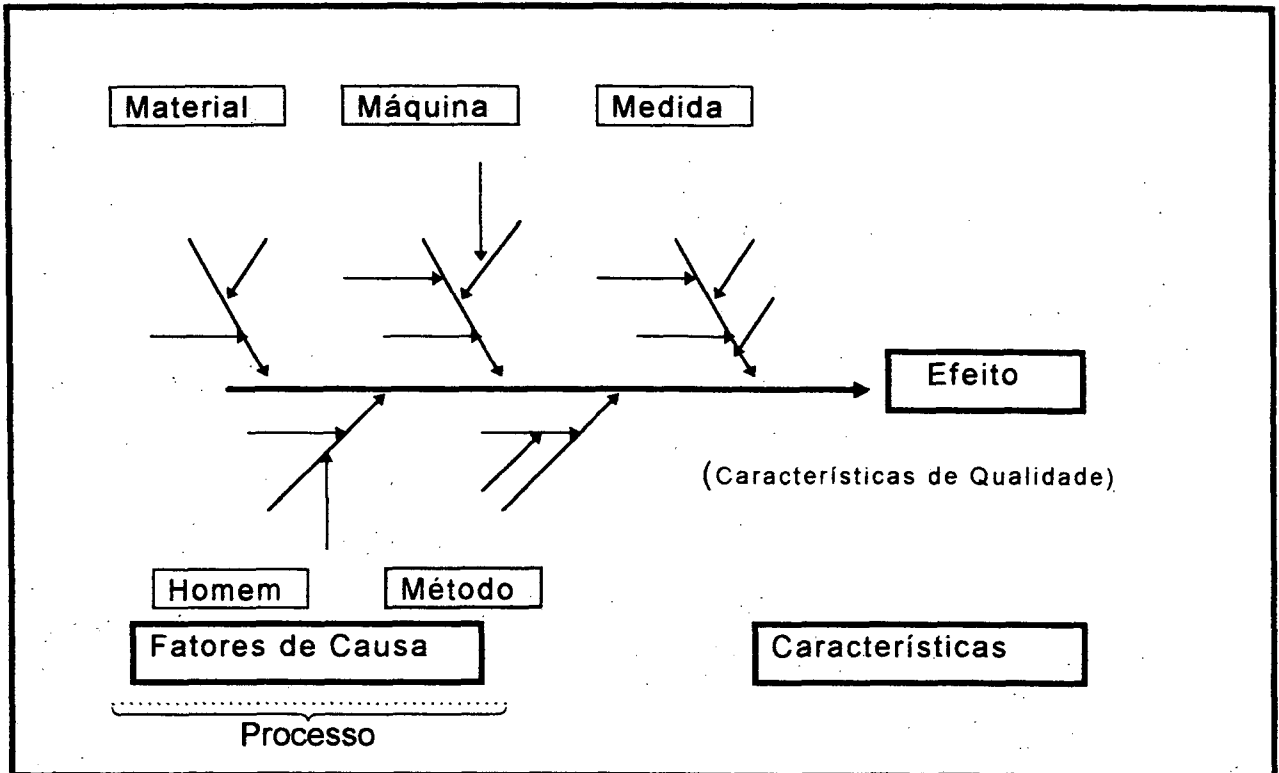


FIGURA 2: Diagrama de Causa e Efeito

Fonte: Ishikawa (1993, p.64)

Na opinião de ISHIKAWA (1993) um produto ou um serviço é um conjunto de fatores de causa e precisa ser controlado para que se obtenham bons produtos e efeitos. Este enfoque antecipa problemas e previne-os antes que eles realmente aconteçam. Portanto, são chamados de controle de vanguarda. Em oposição, se uma pessoa preocupa-se com a performance de sua empresa apenas depois do acontecimento - por exemplo, descobrindo que as vendas não atingiram as cotas próximo ao fim de cada mês e tentando forçar as vendas - este método é chamado de controle de retaguarda.

Em controle de qualidade, não se pode simplesmente apresentar um objetivo e exigir que este seja cumprido. É preciso conhecer o significado de controle de processo, pegar o processo, que é uma coleção de fatores de causa, e elaborar dentro daquele processo maneiras de fabricar produtos melhores, de estabelecer objetivos melhores e de conseguir bons efeitos (produtos com as respectivas características de qualidade).

O número de fatores de causa é infinito. Em qualquer trabalho e qualquer processo que se escolha, podem-se identificar imediatamente dez ou vinte fatores de causa. Por exemplo, num banho de eletrodeposição metálica se tem inúmeras variáveis mas as principais variáveis a serem controladas são: corrente, concentração e temperatura do banho, pH, pureza do ânodo. Tentar controlar todos estes fatores de causa, seria uma tarefa impossível. E mesmo que fosse possível, seria altamente antieconômica.

Enquanto existem muitos fatores de causa, aqueles verdadeiramente importantes, os fatores de causa que influenciarão agudamente os efeitos, não são muitos. Seguindo-se o princípio estabelecido por Vilfredo Pareto (sobre a distribuição da renda o qual afirma que poucas são as pessoas que têm a maior parte das riquezas, a curva do ABC, e adotada pelo controle de qualidade como os poucos vitais e os muitos triviais), tudo o que se tem que fazer é padronizar dois ou três dos fatores de causa mais importantes e controlá-los. Mas primeiramente é preciso encontrar estes fatores de causa importantes. Por exemplo, na **TABELA 2** e **FIGURA 3** tem-se as informações correspondentes a quantidade de peças defeituosas, após um levantamento de triagem.

Setor	Peças Defeituosas	%
Almoxarifado	306	41,3
Usinagem	144	19,5
Galvanica	136	18,4
Solda	88	11,9
Pré-tratamento	66	8,9
Total	740	100

TABELA 2: quantidade de peças defeituosas por setor

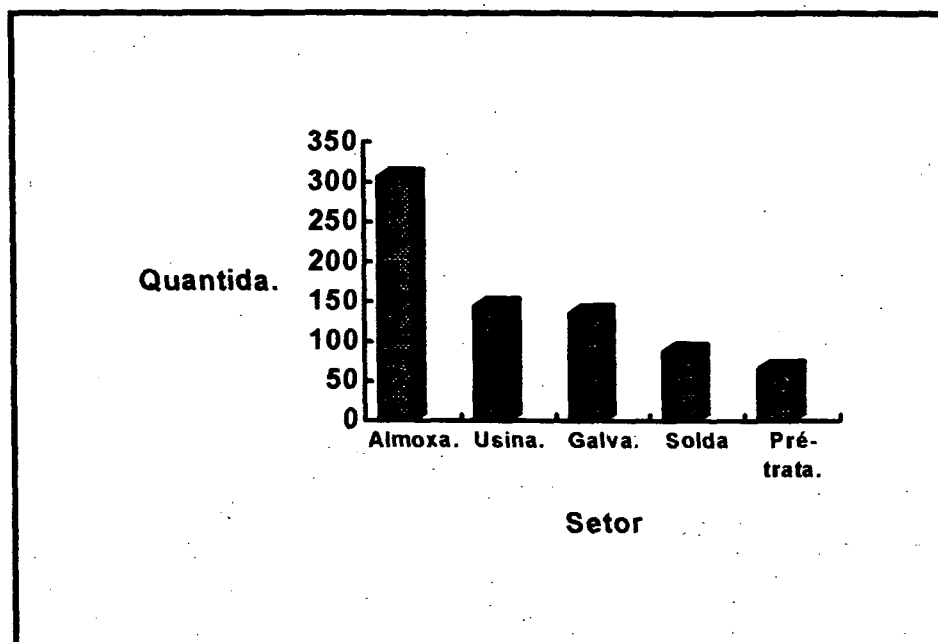


FIGURA 3: gráfico de Pareto para as peças defeituosas por setor

Como mostrado na **FIGURA 3**, o ponto mais crítico a ser melhorado (poucos vitais) é o almoxarifado, o qual detém mais de 40% das peças defeituosas, e o menos crítico é o setor de pré-tratamento com menos de 9%.

Ao procurar por estes fatores de causa importantes (por exemplo: variáveis de controle que afetam um determinado processo), as pessoas que estão familiarizadas com um processo em particular, tais como operários, engenheiros e pesquisadores, precisam ser consultadas. Elas precisam ser capazes de discutir o processo abertamente e francamente. As opiniões apresentadas precisam ser estatisticamente analisadas e devem ser científica e racionalmente verificadas em comparação aos dados disponíveis. (Isto é chamado de análise de processo). Uma conclusão assim obtida pode ser compreendida e aceita por todos. Este é o primeiro passo para a padronização. Ultimamente, a tarefa de estabelecer ou de revisar padrões tem sido realizada por círculos de controle de qualidade (no Japão) por causa do seu conhecimento íntimo da fábrica.

Segundo ISHIKAWA (1993) a tarefa de estabelecer a padronização ou de estabelecer regulamentos deve ser feita de modo a delegar autoridade aos subordinados. A chave para o sucesso é padronizar agressivamente as coisas claramente compreensíveis e deixar um subordinado lidar com elas.

2.3 Importância da Padronização no Desenvolvimento Industrial e na Qualidade

Normalmente o desenvolvimento industrial segue algumas fases determinadas, desde uma economia primitiva de subsistência agrícola, até uma sofisticada produção de mercadorias para exportação.

Segundo JURAN (1993) podem ser definidas cinco fases de desenvolvimento, conforme descrito a seguir:

- **Fase I. Economia de Subsistência.** Atividade econômica que consiste principalmente na produção de produtos para consumo local (agricultura, pesca, etc.). A qualidade é baixa - não existem padrões de qualidade, tecnologia, instalações para teste etc. O controle da qualidade se dá, sobretudo, pela inspeção dos produtos feita pelo consumidor no mercado local.
- **Fase II. Exportação de Materiais Naturais.** Nessa fase, a economia realiza exportação de produtos como frutas, fibras e minerais. A venda desses produtos no mercado internacional requer o cumprimento das exigências dos padrões de qualidade internacionais, que em geral são mais altos do que os internos. A qualidade, por isso, deve ser melhorada. Os contratos para a exportação, em geral, incluem as especificações de qualidade desejada, os testes que devem ser aplicados e os procedimentos de amostragem que devem ser seguidos, os quais necessitam de laboratórios de teste, instrumentos e conhecimento apropriado. Com finalidade de fornecer os

serviços necessários é desenvolvido um instituto nacional de padrões.

- **Fase III. Exportação de Materiais Processados.** Inicia-se o processamento local e a economia passa a exportar materiais processados, em vez de matéria - prima; por exemplo, metais em vez de minério, madeira compensada em vez de toras, enlatados de frutas naturais. Nessa fase a economia deve incluir a aquisição, operação e manutenção de processos tecnológicos. Deve-se chegar aos padrões de qualidade internacional para os produtos processados e introduzir os controles de processos (por exemplo: Controle Estatístico de Processo). Deve-se desenvolver as relações com o fornecedor no que diz respeito à qualidade, já que materiais para embalagem, matéria prima etc. serão fornecidas por fontes externas ao país. O trabalho tradicional do instituto de padrões será expandido. Além disso, novas necessidades surgirão à medida que ferramentas da moderna profissão do controle de qualidade (metodologia estatística, planejamento da qualidade, atividades de qualidade do fornecedor, organização para a qualidade etc.) forem introduzidas. Isso exige serviços de treinamento e consultoria.
- **Fase IV. Manufatura Integrada para uso Interno.** Nessa fase, a economia incumbe-se da manufatura integrada de modernos produtos industriais e de consumo para uso interno. As indústrias devem controlar a qualidade em todos os estágios da produção industrial, determinando as necessidades do mercado por meio do desenvolvimento, projeto, manufatura e marketing do produto. Isso requer não só serviços de treinamento e consultoria mas, também, o desenvolvimento profissional por meio de trabalho de pesquisa, conferências e seminários,

publicações, atividades da sociedade de controle de qualidade, troca de pontos de vista com os colegas etc.

- **Fase V. Exportação de Produtos Manufaturados**. Finalmente, os produtos manufaturados são vendidos no mercado internacional, nos quais devem competir com os produtos de outros países de economia industrial completamente desenvolvida.

As diferentes fases do desenvolvimento industrial requerem várias atividades para atingir e controlar a qualidade:

- **Inspeção por parte dos Consumidores**: Inspeção dos produtos no mercado.
- **Padronização**: Padrões nacionais sobre a terminologia, métodos de amostragem, especificações e códigos de prática, metrologia legal e aplicada, instalações de teste nacionais, homologação, legislação.
- **Administração da Qualidade**: Aplicação de ferramentas de administração para planejar, atingir, controlar, acompanhar e aperfeiçoar a qualidade, bem como organização para a qualidade e desenvolvimento da força de trabalho”.

A FIGURA 4 mostra o crescimento do esforço da qualidade total no desenvolvimento industrial.

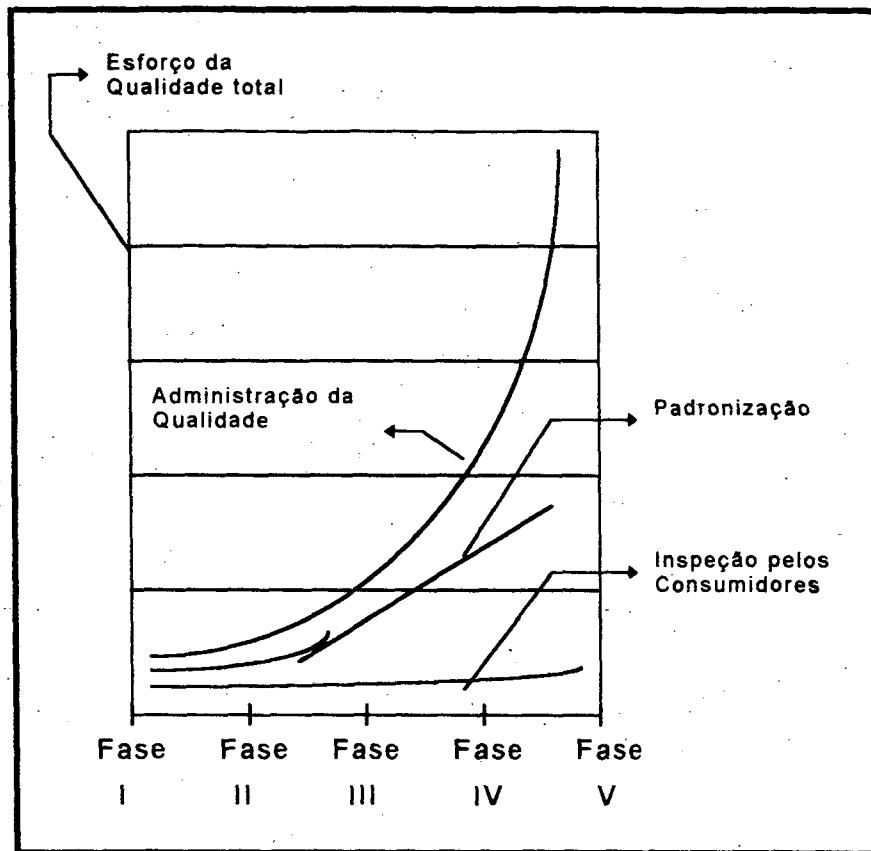


FIGURA 4: O Crescimento do Esforço da Qualidade Total no Desenvolvimento Industrial.

Fonte: Juran (1993, p. 57)

A **FIGURA 5** mostra a importância relativa das atividades. Fica claro que o domínio está passando da inspeção por parte do consumidor para a padronização, e da padronização para a administração da qualidade.

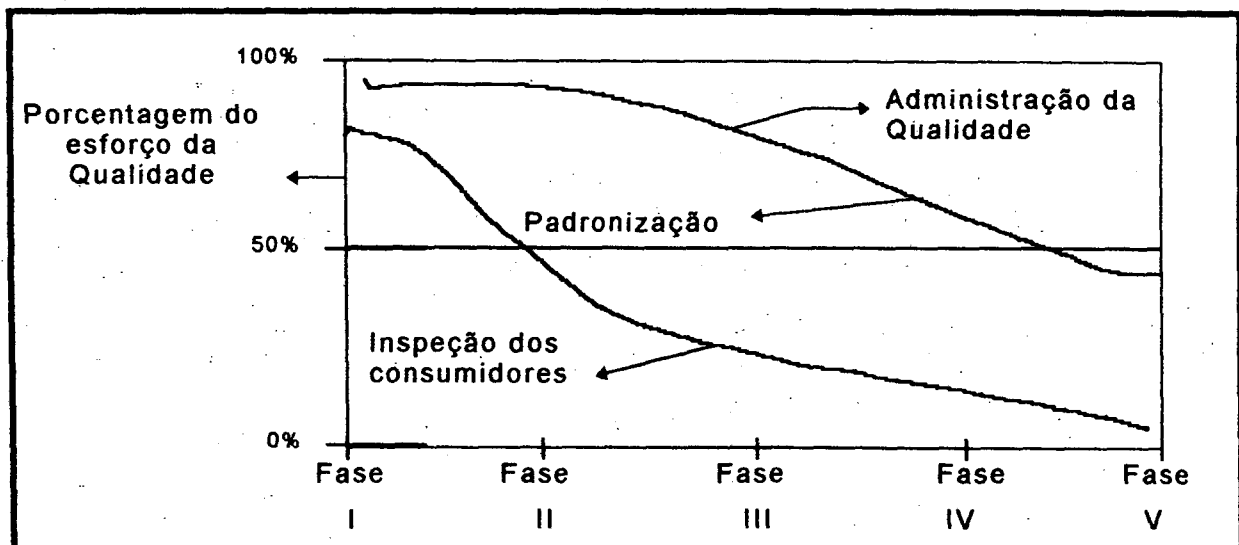


FIGURA 5: Importância relativa das atividades da qualidade.

Fonte: Juran (1993, p. 58).

Da **FIGURA 5**, conclui-se que das fases II a IV se tem uma maior participação da padronização no que diz respeito ao esforço pela qualidade, sendo somente superado na fase V pela administração da qualidade no que diz respeito ao esforço pela qualidade.

2.4 Classificação dos Padrões

Existem basicamente três classes de padrões (segundo (JURAN 1993)):

- Padrões Internacionais ou Multinacionais;
- Padrões Nacionais;
- Padrões Industriais ou Empresariais.

2.4.1 Padrões Internacionais ou Multinacionais

Estes têm como função a unificação de sistemas de metrologia, testes e adesão de subsistemas que podem vir de outros países como componentes para formar um outro determinado sistema. Numerosas metodologias foram desenvolvidas para coordenar tais atividades. Entre elas temos a padronização: a qual é conseguida por meio de organizações, como a Organização Internacional para Padronização (ISO - International Organization for Standardization) e Comissão Internacional de Eletrotécnica (IEC - Internacional Eletrotecnical Comission). Uma aplicação especial são os padrões da Allied Quality Assurance Publication (AQAP), amplamente utilizada pelos países da Organização do Tratado do Atlântico Norte no caso de contratos multinacionais (ver no Anexo I e II a relação de organizações de padronização e homologação).

2.4.2 Padrões Nacionais

As atividades de padronização a nível nacional são realizadas através dos Institutos Nacionais de Padrões (por exemplo, no Brasil,

INMETRO). É um órgão inteiramente reconhecido pelo governo (em vários países pela legislação), e tem como função assegurar o nível mínimo de qualidade dos produtos e serviços, especialmente nos países em que não existe livre concorrência e nos quais as indústrias são grandes monopólios e não estão preocupadas com os usuários. Também tem como função o desenvolvimento e publicação de padrões nacionais, bem como sua atualização.

2.4.3 Padrões Industriais ou Empresariais

Estes podem ser classificados em dois tipos:

- **Padrões Obrigatórios**: São encontrados em países com economia controlada centralmente e em países subdesenvolvidos. Estes são relativos a segurança e a saúde. Os padrões obrigatórios são utilizados para alguns produtos de consumo com a finalidade de garantir um nível mínimo de qualidade. Essa é uma razão importante pois, na maioria dos países em desenvolvimento, não há concorrência no mercado e os produtos são escassos.

- **Padrões Voluntários**: Este é amplamente usado nas indústrias de produtos e serviços que procuram a todo custo obedecer a qualidade de projeto, qualidade de conformidade, e a qualidade do serviço em campo.

Outras indústrias também fazem a padronização de todos seus processos na procura da homologação por instituições internacionais como a UL ("Underwriter's Laboratories" em USA.), Associação Japonesa de Padrões (Japan Standard Association), Normas Francesas (Normale Français NF/AFNOR), Homologação Especializada da ISO (ISO/ITC/CERTICO). Normalmente isto é feito em empresas de pequeno e médio porte que estão entrando recentemente no mercado e precisam de prestígio e reconhecimento para ganhar mercado a nível regional, nacional e internacional já que estas ainda não são vistas como representantes de marcas de confiança.

Devido ao tema da padronização ser tão abrangente, se fará, uma revisão enfocada da padronização industrial (padrões técnicos) e, especificamente, voltada à padronização de procedimentos e produtos.

2.4.3.1 Sistema de Classificação de Padrões Industriais ou Empresariais

Segundo CAMPOS (1993) existem várias maneiras de classificar os padrões da empresa, dependendo do tipo, forma de produção, tamanho, organização.

As atividades da empresa são descritas por dois tipos básicos de padrões:

- Padrões de sistemas para os procedimentos gerências.
- Padrões técnicos para as especificações de produto, processo, matéria prima (ou materiais componentes e peças) e inspeção.

A **TABELA 3** mostra, de forma simplificada, o relacionamento entre os padrões de sistema (gerências) e padrões técnicos. A **TABELA 4** mostra a estrutura dos padrões de sistema e a **TABELA 5** mostra a estrutura dos padrões técnicos.

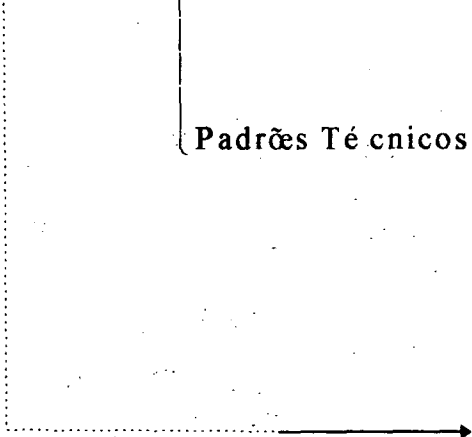
Padrão	Definição
<p data-bbox="294 600 415 633">Padrões</p> <p data-bbox="430 425 748 513">Padrões de Sistemas Gerenciais</p> <p data-bbox="430 764 718 797">Padrões Técnicos</p> 	<p data-bbox="763 386 1323 535">Documentos consensados estabelecidos principalmente para assuntos que dizem respeito a organização dos sistemas, seqüência, procedimentos e métodos.</p> <p data-bbox="763 720 1323 869">Documentos consensados estabelecidos principalmente para assuntos técnicos relacionados direta ou indiretamente a um produto ou serviço.</p> <p data-bbox="763 982 1323 1070">Termo genérico que serve para designar ambos: Padrões de Sistemas e Padrões Técnicos.</p>

TABELA 3: Estrutura básica dos padrões de Empresa.
 Fonte: Campos (1993, p.36)

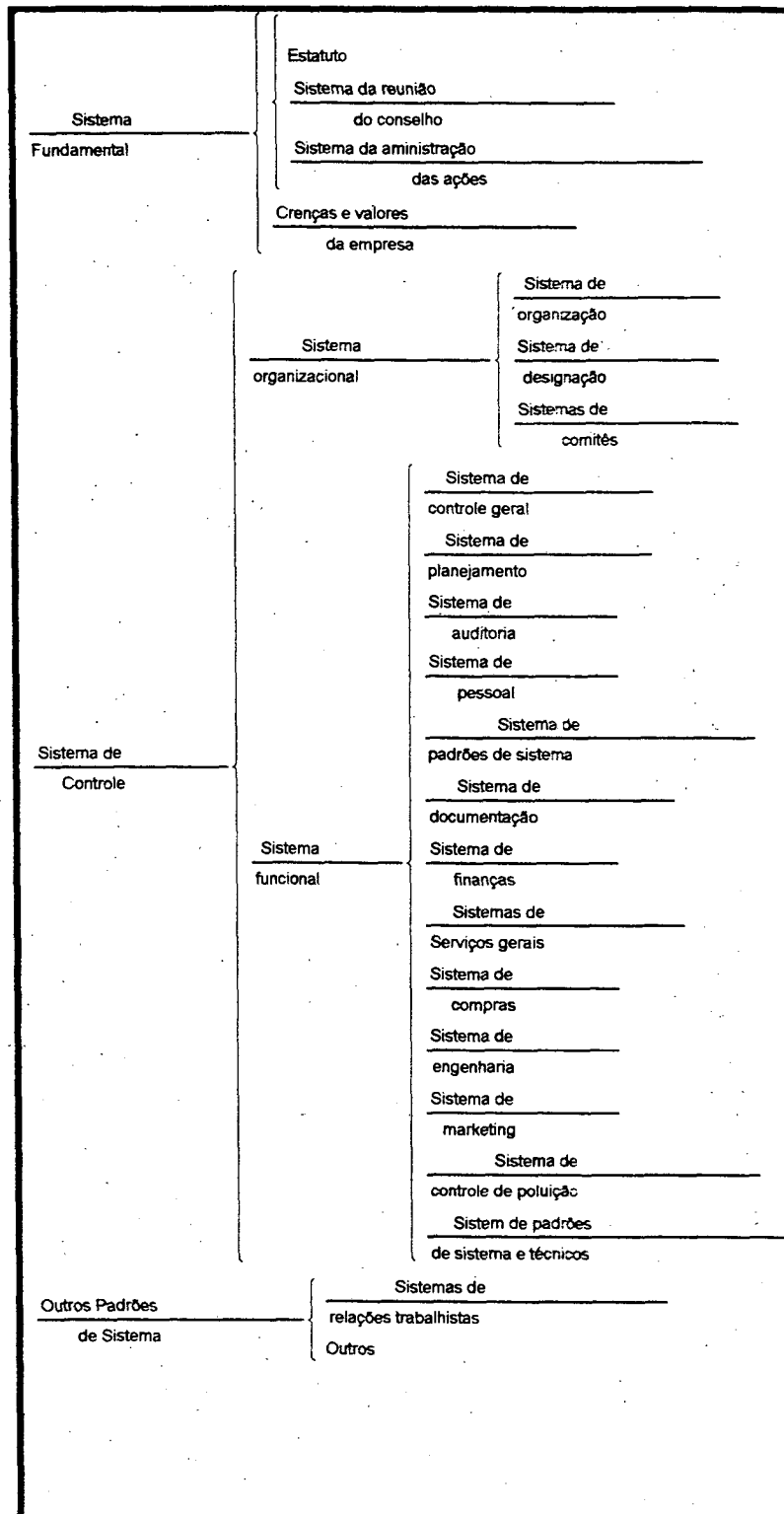


TABELA 4: Estrutura dos padrões de Sistema.

Fonte: Campos (1993, p. 38)

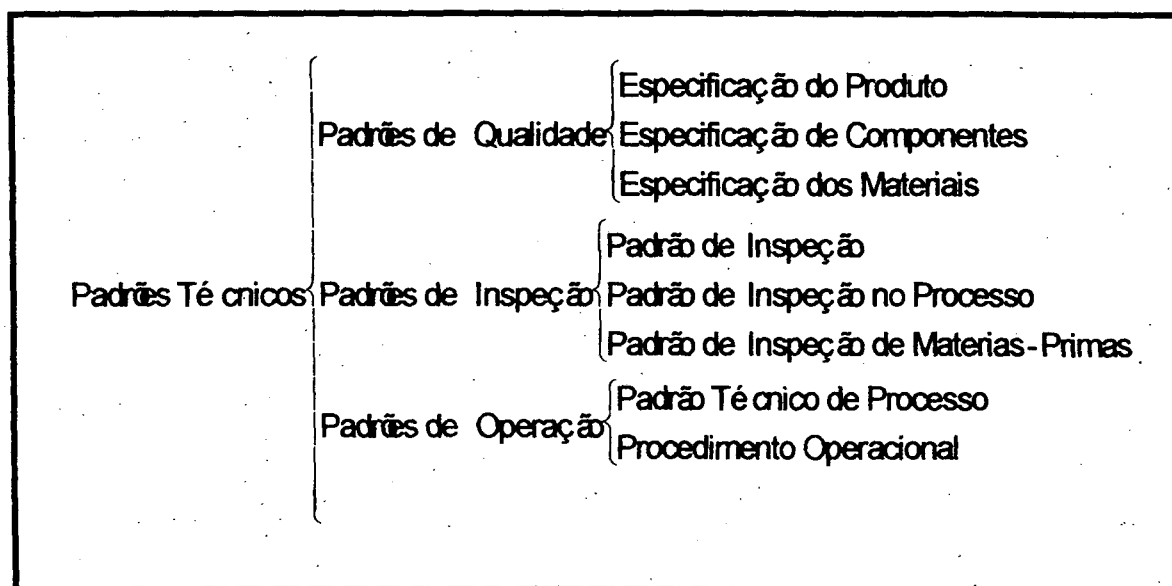


TABELA 5: Estrutura dos padrões técnicos
 Fonte: Campos (1993, p. 39)

Os padrões de sistema traduzem os procedimentos, a “maneira de trabalhar” em situações interdepartamentais (como é o caso do sistema de compras ou do sistema de desenvolvimento de novos produtos). São a planta, o “blue print” ou a “partitura” do gerente e que permitem o aperfeiçoamento contínuo dos sistemas gerenciais (CAMPOS, 1993). Ao se estabelecer um padrão de sistema, o objetivo deve ser unificar e clarear. Por que unificar? Para assegurar que o sistema será conduzido sempre do mesmo jeito (mesma “maneira de trabalhar”) para poder conseguir sempre os mesmos resultados (dentro de faixas aceitáveis, faixas padrão). Clarear porque cada indivíduo, cada seção, cada departamento, deve saber claramente o que fazer, onde fazer, porque fazer, quando fazer e como fazer (método 5W 1H ver no ANEXO III). É evidente que estes padrões devem ser montados com o pleno consenso dos departamentos envolvidos.

Após ser estabelecido, o padrão do sistema deve ser mantido e continuamente aperfeiçoado, introduzindo-se melhorias no padrão de tal maneira que o objetivo seja cada vez mais eficazmente alcançado. Isto equivale a “girar o PDCA” nos sistemas empresariais.

Padrões técnicos são todos aqueles padrões relacionados a uma especificação e constituem a base para a satisfação do cliente. Os padrões técnicos lidam com números ou critérios baseados em padrões de comparação que provem do desdobramento da qualidade e do desdobramento da função qualidade. Sendo assim, se a empresa for dinâmica, estes números estarão sempre mudando na direção de um menor custo, melhor qualidade, maior segurança, maior quantidade.

Os padrões técnicos devem ser compilados em padrões separados pelo respectivo assunto (materiais, produtos). O objetivo destes padrões deve ser a simplificação e clareza. Estes padrões são o meio de comunicação da empresa para transferência de tecnologia (informação) das áreas técnicas até o operador. Todo o esforço deve ser feito no sentido de que estas informações fluam de forma mais simples e clara possível para que todos possam entender sem dúvidas.

Os padrões técnicos podem ser para especificação de produto, especificação de materiais, padrão técnico de processo, procedimento operacional, padrão de inspeção (CAMPOS, 1993).

Neste trabalho se seguirá o modelo de CAMPOS (1993) para especificação de produto e procedimento operacional.

Como especificação do produto, se subentende que o principal objetivo na padronização do produto deve ser a satisfação total do cliente. Um produto não deve ser fabricado para atender ao gosto dos projetistas ou da alta direção da empresa. Após a pesquisa da qualidade de mercado, da tecnologia da produção e da viabilidade econômica deve ser praticado o desdobramento da qualidade de tal forma a captar as necessidades do cliente e transformá-la num projeto.

A padronização do produto deve ser conduzida de forma a obter a redução do custo e o aumento na eficiência no processo de produção. Por outro lado, a fabricação contínua do mesmo produto propicia a melhoria na confiabilidade.

A especificação do produto deve conter itens de especificação tais como tipos, formas, dimensões, aparência, funções, desempenho, composição, empacotamento, rótulos etc.

Os valores especificados devem ser atingíveis pela capacidade estatística do processo do fabricante, obtida através do controle das variáveis do processo. Os métodos de teste e medida para as características da qualidade devem ser claramente designados, referindo a padrões de teste e padrões de inspeção.

Com relação ao procedimento operacional este é preparado para as pessoas diretamente ligadas a tarefa com o objetivo de atingir de forma eficiente e segura os requisitos da qualidade. Portanto, este documento será sempre o ponto final do fluxo das informações técnicas e gerências. Ele é feito para o operador e contém:

- listagem dos equipamentos, peças e materiais utilizados na tarefa, incluindo-se os instrumentos de medida;
- padrões de qualidade;
- descrição dos procedimentos da tarefa por atividades críticas, condições de fabricação e de operação e pontos proibidos em cada tarefa;
- pontos de controle (itens de controle e características de qualidade) e os métodos de controle;
- anomalias possíveis de ação;
- inspeção diária dos equipamentos de produção.

O procedimento operacional deve conter, da forma mais simples possível, todas as informações necessárias ao bom desempenho da tarefa. A forma do procedimento operacional não é o fato importante. O importante é ser capaz de levar a cada executor todas as informações necessárias. No procedimento operacional é importante observar as atividades críticas que devem ser resumidas e conter somente aquelas etapas básicas que não podem deixar de ser feitas.

As atividades críticas serão detalhadas posteriormente no manual de treinamento (em que a folha de rosto é o próprio procedimento operacional) no qual podem ser utilizados figuras, fotos e esquemas.

Os procedimentos operacionais podem ser de dois tipos: gerais e específicos.

Os procedimentos operacionais gerais são aqueles conduzidos constantemente pelo operador. Por exemplo: como operar um desodorizador de óleo vegetal, como operar um reator para hidrogenação de insaturados, etc. O procedimento operacional específico é aquele levado ao operador para alguma operação especial. Por exemplo, o operador opera o desodorizador de óleo vegetal seguindo o procedimento operacional geral. Entretanto, o tipo de óleo vegetal que está sendo desodorizado determinará as condições de vapor de arraste, quantidade de vácuo, temperatura, fluxo e tempo de retenção do óleo na torre, assim como também a temperatura de entrada da matéria-prima na torre de desodorização.

A qualidade total é conduzida de tal forma a dar ao operador as melhores condições de trabalho que constam de: trabalho seguro, tranqüilo e onde o próprio operador passa a gerenciar (manter e melhorar) sua área de trabalho. Para tanto são necessárias as seguintes pré-condições, com relação ao operador:

- deve estar familiarizado com o objetivo do seu trabalho;
- deve saber julgar a qualidade do seu trabalho (Auto-inspeção);
- deve saber corrigir seu trabalho quando algo de anormal ocorrer (Autocontrole), sempre que estas instruções específicas constarem do procedimento operacional.

É responsabilidade das chefias de linha e do supervisor informar ao operador os três itens anteriores que devem ser considerados durante a padronização.

2.5 Método de Padronização

Segundo CAMPOS (1993), jamais se estabelece um padrão sem que haja um objetivo definido (qualidade, custo, atendimento, moral e segurança) e a consciência de sua necessidade. Decidida a padronização, as etapas básicas são :

- A. Elaboração do fluxograma;

B. Descrição do procedimento;

C. Registro em formato padrão.

A **TABELA 6** mostra a seqüência geral da padronização, indicando as etapas básica a saber:

Especialização: escolher o sistema a ser padronizado determinando a sua repetibilidade (quantas vezes em um determinado período de tempo se efetua uma tarefa);

Simplificação: uma vez delimitada a repetibilidade e definido o sistema (processo), o próximo passo é a simplificação, que consta com a redução do número de produtos, componentes, materiais e procedimentos da simplificação do projeto de produtos (visando reduzir custos);

Redação: redigir numa linguagem que as pessoas entendam, contendo inclusive gíria e linguagem coloquial local;

Comunicação: comunicar e consensar com todas as outras pessoas ou departamentos afetados pelo padrão;

Educação: o objetivo da padronização é conseguir com que as pessoas façam exatamente aquilo que tem que ser feito e sempre da mesma maneira. O alvo principal é a mente das pessoas. O objetivo é fazer com que cada um seja "o mais competente do mundo em sua função";

Verificação da conformidade aos padrões: este é o principal papel de todas as chefias. O gerente supervisiona o sistema e o aperfeiçoa. O supervisor audita o trabalho do operador e o ensina. As metas da qualidade, custo, atendimento, moral e segurança devem ser alcançados.

	Método de Padronização
↓ ①	Especialização
↓ ②	Simplificação
↓ ③	Redação
↓ ④	Comunicação
↓ ⑤	Educação e Treinamento
↓ ⑥	Verificação da Conformidade dos Padrões

TABELA 6: Métodos de Padronização.

Fonte: Campos (1993, p.26)

2.6 Características Básicas dos Padrões

Segundo CAMPOS (1993), os modelos de padronização poderão variar de empresa para empresa em função do tipo, tamanho, e das condições locais. No entanto, alguns aspectos básicos devem ser observados:

- Sempre que for redigido um padrão pergunte: Quem é o usuário? Utilizar o padrão é gerenciar a rotina pelo método do PDCA.
- Sempre que for redigido um padrão pergunte: Este documento está na forma mais simples possível? O padrão deve ter o menor número de palavras possível e ser colocado em forma simples e sem prolixidade.
- O padrão pode ser cumprido? Padrões que não equivalem a situação atual são inúteis.

- O padrão está suficientemente concreto? Padrões abstratos e de difícil entendimento também são inúteis (dão lugar a ambigüidade).
- Incorporação das informações de vanguarda.
- Possíveis de serem revistos pelo menos uma vez por ano devido á incorporação de inovações.
- Não se basear somente na teoria, porém, ser solidamente baseado na prática.
- Deve ter a sua elaboração não restrita á delimitação da seqüência do trabalho, mas voltada ao atendimento das necessidades do trabalho.
- Indicar claramente as datas de emissão e de revisão, o período da validade e as responsabilidades específicas.
- Os esboços deverão ser resultantes de um consenso, principalmente das áreas responsáveis.
- Os padrões devem ser autorizados por hierarquia imediatamente superiores e cumpridos.
- Um padrão sendo parte de um sistema nunca poderá contradizer outro.
- Deverá ser mantido um controle da manutenção dos padrões e do número de revisões.
- Padrões devem ter seus nomes e formas padronizadas para toda a empresa.

Os padrões devem direcionar-se para o futuro a partir de uma situação atual dominada.

2.7 Formato dos Padrões de Empresa

Os requisitos dos padrões são: fácil leitura, fácil para a revisão, fácil e conveniente para duplicar, fácil manuseio e poucos erros (CAMPOS, 1993).

Os padrões devem ser feitos em folhas soltas (papel ou cartolina) que sejam convenientes de serem corrigidos, inseridos ou trocadas. O tamanho do papel utilizado é, geralmente, o A-4. Ao se duplicar um padrão tome como norma sempre utilizar o original como matriz.

O padrão deve conter um número, o título, a data de estabelecimento do padrão ou da última revisão.

A numeração dos padrões deve ser feita dentro de um sistema de numeração metódico, previamente definido.

2.8 Avaliação da Padronização

A medida dos efeitos da padronização da empresa é feita através da auditoria, como parte da qualidade total. Três tipos de avaliação devem ser feitos: avaliação da própria atividade de implementação da padronização, avaliação do nível de padronização e avaliação da eficácia da padronização (CAMPOS, 1993).

Na avaliação da atividade de implantação de padronização devem ser observados aspectos tais como:

- a) Situação da padronização comparada com o plano original;
- b) Número de rescisões ou de revisões;
- c) Grau de compreensão e utilização dos padrões, etc.

Na avaliação do nível de padronização devem ser observados:

- a) Quantos tipos de produtos, componentes e materiais, estão padronizados;
- b) O índice de igualdade entre os produtos (peças em comum ou parte da fabricação em comum ou parte do projeto em comum, etc.);
- c) Avaliação geral das metas, do sistema e organização da implantação, da situação da implantação e do progresso já alcançado.

2.9 Vantagens da Padronização

A padronização dos diferentes processos administrativos e operacionais apresenta como vantagem principal a universalização sistemática dos métodos de trabalho levando com isto: a uma melhora na comunicação entre funcionários de diferentes níveis e, ao mesmo tempo assegura a uniformidade dos produtos de acordo a faixas padrões de especificação. Desta forma, as empresas mantêm-se no mercado, alcançando ótimos ganhos de produtividade e lucratividade.

Na **TABELA 7** apresenta-se uma compilação das vantagens da padronização dos diferentes processos administrativos e operacionais.

Autor	Vantagens da Padronização
CAMPOS	<p>A padronização <u>viabiliza</u>: a transferência de tecnologia (que de outra forma só poderia ser feita de forma verbal); as informações dos clientes através das especificações, catálogos de preços; a transmissão de informações sobre os regulamentos internos da empresa; a educação e o treinamento como forma de se levar aos níveis inferiores da hierarquia as informações necessárias ao desempenho de suas funções. <u>Promove</u> a melhoria da moral. <u>Permite</u>: registrar a técnica pessoal como técnica da empresa; a melhoria da intercambiabilidade dimensional, funcional e de componentes; a melhoria e a garantia da contabilidade; a fabricação com qualidade uniforme; a eliminação de dificuldades de processamento; a prevenção da ocorrência de problemas; o estabelecimento de procedimentos padrão de operação. <u>Redução de custo para melhoria</u>: da intercambiabilidade dimensional, funcional e de componentes; pela utilização mínima de componentes; pela simplificação. <u>Manutenção e melhoria da produtividade</u>: por permitir o projeto e melhoria do processamento em produção em massa; por permitir melhorias no processo, por ser a base para a implantação da automação. Melhora o relacionamento e a comunicação entre os diferentes níveis hierárquicos. Tem melhor previsibilidade e rastreabilidade. Minimiza a utilização dos componentes.</p>
ISHIKAWA	<p>Delega autoridade aos subordinados para executar a rotina do trabalho. Aumenta a moral e segurança dos subordinados. As chefias a nível de supervisão, intermediário, e superior podem dedicar mais tempo a melhoria contínua nos diferentes processos. Ajuda a atingir os objetivos de qualidade e produtividade de uma forma racional e a menores custos.</p>
JURAN	<p>A padronização exerce um papel fundamental para a colaboração multinacional, o qual é um problema de múltiplas facetas. Auxilia a garantir níveis mínimos de qualidade nos produtos e serviços em países menos industrializados devido a que as empresas na sua maioria são monopólios, desta forma protegendo os consumidores. Permite o Autocontrole.</p>

TABELA 7: Vantagens da Padronização segundo CAMPOS, ISHIKAWA, JURAN.

2.10 Desvantagens da Padronização

Embora a correta padronização conduz a resultados favoráveis, contudo, se o processo de padronização for mal gerenciado ou realizado sem que sejam tomados os cuidados necessários poderão vir a ocorrer alguns empecilhos devido a: falta de praticidade, pela proposição de padrões, inaceitáveis ou incoerentes, etc.

Na TABELA 8 apresenta-se uma compilação das desvantagens da padronização de processos produtivos.

Autor	Desvantagens da Padronização
CAMPOS	Falta de implantação prática, muito embora padrões sejam disponíveis. Falta de uma relação definitiva entre os padrões e o resultado de uma análise.
ISHIKAWA	Quando os padrões e regulamentos detalhados não são feitos em conjunto por engenheiros e operadores, esses são inúteis de serem estabelecidos (devido a falta de praticidade). Quando os padrões são inflexíveis, tornam o trabalho mais difícil. A excessiva aderência aos padrões pode levar a arrogância na indústria.
JURAN	Pela sua natureza e número são tais que sempre lhes faltam flexibilidade e são difíceis de entender. Quando são numerosos se tornam difíceis de atualizar. Os padrões para bens de consumo tem como limitação o ritmo de obsolescência dos produtos versus o tempo necessário para estabelecer esses padrões.

TABELA 8: Desvantagens da Padronização segundo Campos, Ishikawa, Juran

3. GALVANOPLASTIA

3.1 Introdução

A inversão nas indústrias de acabamento superficial estima-se que seja da ordem de 8 a 10 bilhões de dólares por ano. Essas indústrias empregam um milhão de pessoas por ano no mundo. ("NEW COATINGS + SURFACE FINISHING 1994"). O acabamento superficial é de extrema importância para alta-tecnologia e as indústrias estratégicas de eletrônicos, telecomunicações, foto-ópticas, computação, aero espaciais. Os progressos no acabamento superficial tem promovido amplamente a produção de componentes laser, CPUs, filmes supercondutores, produtos de filmes finos, etc. Por outro lado, também se tem uma crescente aplicação da galvanoplastia no que diz respeito a: resistência a corrosão para diversos metais; uso decorativo, dureza, reutilização das propriedades mecânicas, devido a mudanças produzidas pelo acabamento superficial nestes materiais (térmicas, óticas, elétricas, magnéticas estrutura superficial, como também propriedades físicas e químicas).

Neste capítulo serão tratados princípios básicos de galvanoplastia e, especificamente, sobre eletrodeposição metálica do Zinco, Níquel, Cromo e Anodização do Alumínio. Para uma revisão mais abrangente sobre galvanoplastia consultar os seguintes autores: (MALLORY e HAJDU, 1990), (CECCHINI, 1990), (DURNEY, 1984), (HACH COMPANY, 1987), (TBIESTEK e WEBER, 1976).

O processo de galvanoplastia se divide em duas etapas:

- Preparação ou pré-tratamento;
- Processo fundamental de Eletrodeposição Metálica propriamente dito.

Segundo BUZZONI (1982), a boa aderência do metal depositado por meios galvânicos depende, principalmente, do estado da superfície a ser trabalhada. Para obter uma superfície adequada, deve-se submetê-la a

um tratamento prévio, o qual constitui um dos trabalhos mais importantes em galvanotécnica, requerendo sempre os maiores cuidados. A preparação envolve todas as etapas que antecipam o serviço propriamente dito. Para que o material esteja próprio para um revestimento eletrolítico, deve estar limpo, isento de graxa, gordura, de óxidos ou de restos de tintas ou outras impurezas quaisquer. Deverá ser isento de areia e não deverá ter falha (riscos, manchas, zonas requentadas), nem apresentar poros e lacunas, sendo estes últimos os mais perigosos. Nestas lacunas se acumula sujeira de massa politriz, ou de outra espécie qualquer, a qual evitará a deposição da camada de revestimento. Por exemplo no caso do ferro, a lacuna permite o acúmulo de ferrugem e vai se alastrando entre o metal base e o revestimento, acarretando, aos poucos, o desprendimento deste último, fazendo descascar toda a camada protetora. Essas lacunas, se enchem com o líquido e deixam resíduos que são carregados de um banho para outro. Tal fato resulta, não somente no estrago da peça, mas, também, na contaminação do banho.

Selecionadas as peças, elas deverão passar na politriz. Conforme o estado das mesmas, serão passadas no esmeril, tratadas com esmeril de diversas grossuras, polidas na roda de pano, etc., até obter peças de superfícies totalmente lisas, homogêneas e brilhantes. (ENGELBERG, 1967)

Para se obter uma peça cobreada, níquelada, cromada, etc., com um alto brilho, é necessário que essa peça, antes desse revestimento, metálico, se apresente totalmente lisa e possivelmente brilhante.

As peças geralmente procedem de setores como, usinagem, solda, plásticos, almojarifado, apresentando então superfície mais ou menos irregular, ou provêm de setores onde se efetua uma série de operações como prensagem, corte, usinagem, solda, etc., as quais deixam marcas, riscos e outras irregularidade na superfície da peça. Essas irregularidades em geral, são, aproximadamente da ordem de $10\mu\text{m}$ (ENGELBERG, 1967).

Em operações mecanizadas, o metal é retirado da base com acompanhamento de calor e, inevitavelmente, deve produzir-se uma modificação cristalina superficial e na qual a rugosidade dificilmente é inferior a $3\mu\text{m}$. O mesmo se verifica em peças com presença de ferrugem. Finalmente, as peças mesmo brilhantes perdem essa característica com o tempo, em consequência das camadas de óxido que se formam na superfície das mesmas.

Diversos são os tratamentos prévios, podendo ser assim agrupados:

- Processo Mecânico ou Polimento;
- Desengraxamento Mecânico ou Químico;
- Processos Eletrolíticos;
- Decapagem para Eliminar Óxido ou Ferrugem.

3.2 Processo Mecânico ou Polimento

O processo mecânico ou polimento pode ser feito das seguintes maneiras:

- Jateamento;
- Esmerilhamento e Pré-polimento;
- Polimento;
- Processo de Tamboreamento e Vibração;
- Preparação Manual.

3.2.1 Jateamento

Esse processo usa areia ou outro abrasivo para retirar das peças, com relativa facilidade, resíduos provenientes de tratamentos térmicos principalmente quando as peças forem de formato muito irregular ou intrincado. O jateamento têm três funções: acabamento de superfície, limpeza de superfície, gravar vidro.

3.2.2 Esmerilhamento e Pré-polimento

O esmerilhamento e pré-polimento é realizado por meio de discos abrasivos. Esses discos contêm na sua superfície arestas, mais ou menos duras, as quais removem, em pouco tempo, o material de superfície metálica e fornecem uma certa rugosidade.

Um tipo especial de esmerilhamento utilizado no tratamento de metais, que ainda pertence ao grupo "esmerilhamento", é o riscamento. Entende-se por riscamento o escovamento com água de fios metálicos, fibra ou perlon, a fim de fosquear, alisar ou limpar a superfície. Peças de ferro, ferro fundido ou aço são fosqueadas com fios de aço, cuja espessura é de 0,06 a 0,1mm. Aço inoxidável é riscado com escovas de fios de aço cromo-níquel, cuja espessura é de 0,1 a 0,2mm. Uma superfície metálica trabalhada com escova de fosqueamento corresponde a uma superfície tratada com jato de areia.

Por pré-polimento entende-se o estágio existente entre o esmerilhamento e o polimento propriamente dito. Nesse processo de pré-polimento ainda se faz alguma remoção de materiais da superfície metálica, a qual já está suficientemente plana ou brilhante.

Geralmente se faz o polimento com pastas do tipo americana de tripolita.

Com relação ao processo de esmerilhamento pode-se dizer, ainda, que o tamanho inicial dos grãos abrasivos precisa ser determinado de tal maneira que as bolsas de segregação, poros, inclusões etc., existentes no metal ou na liga metálica, sejam removidos. A condição ideal é aquela em que são obtidos traços de mesma largura e de mesma profundidade.

É preciso ter cuidado na escolha de cada grão abrasivo posterior, a fim de que não surjam segregações, e que todas as estrias e sulcos do **estágio precedentes sejam compensados** da mesma forma, isto é, sejam refinados. Caso contrário, fatalmente estas serão evidenciadas pelas camadas protetoras depositadas, dando uma má aparência as peças. Por exemplo na **TABELA 9** e na **FIGURA 6** tem-se as informações

correspondentes as quantidades de peças refugadas devido a um pré-tratamento inadequado das peças após um levantamento de triagem, o qual mostra que só o equivalente a 35% dos defeitos são devido a controle do processo de galvanização propriamente dito, e os outros 65% dos problemas são consequência de um pré-tratamento inadequado.

Tipos de defeitos	Quantidades
Solda porosa	194
Rebarbas	167
Peça deformada	190
Usinagem	207
Matéria prima	110
Sinal de choque	213
Mal fosqueada	267
Suja de tinta	506
Manchas	881

TABELA 9: Tipos de defeitos no setor de galvanoplastia

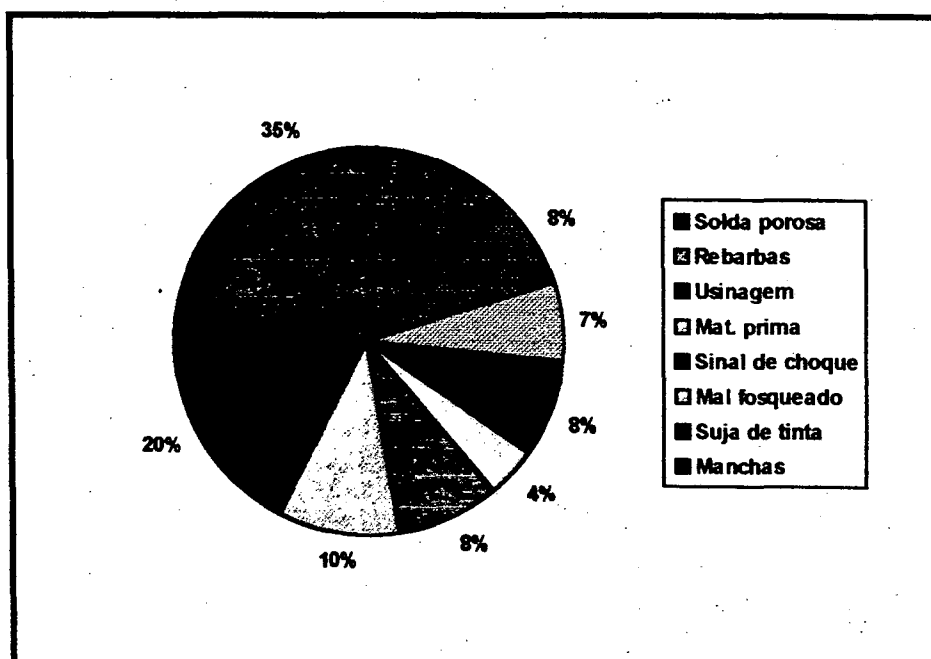


FIGURA 6: Percentagens de defeitos no setor de galvanoplastia

3.2.3 Polimento

Em oposição ao esmerilhamento, onde as substâncias são retiradas da superfície do metal, deseja-se, com o polimento, aplainar e fechar as superfícies não planas, sulcos e estrias.

Tenta-se explicar, hoje em dia, o processo de polimento da seguinte forma: devido à pressão da politriz, do grão de polimento e do calor incontrolável que é gerado, a superfície se torna plástica, dentro de uma espessura mínima, tornando-se inclusive um líquido fundente. Esta camada formará uma película, a qual consiste das menores partículas elementares do tipo cristalino e cuja densidade e estrutura são funções de atração unilateral das partículas externas para o interior. Essa película móvel, a qual pode ser comparado a um líquido pastoso, flui durante o processo de polimento sobre e entre as estrias, riscos e pequenas imperfeições da superfície metálica.

Através do processo de polimento mecânico, independentemente de ser manual ou através de equipamento automático, dá-se um deslocamento da superfície metálica em forma de uma camada finíssima, até que seja possível alcançar um aplainamento total (DURNEY, 1984).

3.2.4 Processos de Tamboreamento e Vibração

Para o esmerilhamento e polimento de pequenas peças, em grande quantidade, usa-se, com vantagem, processos mecânicos ou processos mecânico-químicos. Isto significa que as peças metálicas (em parte também peças de metais nobres) são tratadas junto com corpos de esmerilhamento ou de polimento de diferentes tipos e formas em tambores, tambores cônicos, vibradores e moinhos. Atualmente são conhecidos dois tipos de tratamentos vibratórios ou de tamboreamento: Processo "Roto-Finish" e "Processo Trowall". Ambos os processos trabalham com pedras naturais ou artificiais, com adição de água e materiais químicos apropriados.

A ação abrasiva propriamente dita é alcançada através do deslizamento dos corpos abrasivos, com certa espessura de camada sobre os cantos, vértices e arestas das peças.

No processo "Trowall", o material abrasivo é constituído de granulações de óxido de alumínio artificial, isto é, um coríndon sintético com uma dureza de 8,8 a 9 na escala de Mohs e um peso específico 4,4. (DURNEY, 1984)

No processo "Roto-Finish" são utilizados pedaços de pedras naturais de diferentes tamanhos e formas, denominados "Chips". Essas são escolhidas segundo a composição e a forma, recebendo um pré-tratamento químico e mecânico, a fim de retirar dos "Chips" todas as substâncias solúveis. Os aditivos químicos, também chamados "Compounds" que são adicionados á água, dividem-se em "Compounds", de endireitamento, desengraxamento, esmerilhamento e brilho. No processo Roto-Finish, as peças não são tratadas somente pelos "Chips" mas, sobretudo, pelas misturas químicas adicionadas. No processo "Trowall", o tratamento é feito principalmente pelos corpos abrasivos, enquanto que os aditivos químicos são chamados "desengraxantes" sobretudo porque penetram nos poros dos metais, facilitando a dissolução da sujeira e o atrito.

Este esmerilhamento ou polimento, que usa pedras naturais ou artificiais e emprega adição de água ou produtos químicos, pode ser executado com vantagens em vibradores, ao invés de tambores e tambores cônicos.

Nos tambores, só há rendimento durante o deslizamento. No interior da massa não há praticamente nenhuma movimentação.

Nos vibradores, o funcionamento já é bem diferente, consistindo no movimento oscilatório contínuo de cada ponto da peça e do corpo abrasivo, provocado pela falta de frequência, sendo que toda massa está em movimento. Dessa maneira, as peças e os corpos abrasivos passam várias vezes pelo mesmo ponto do recipiente de trabalho. Com esse esmerilhamento e polimento vibratório, consegue-se uma diminuição do tempo de tratamento em relação ao tamboreamento superior a 50%. Uma

outra vantagem dos vibradores é a de que nesses também podem ser tratadas peças maiores, as quais não poderiam ser processadas em tambores ou tambores cônicos sem o perigo de danificar as peças entre si.

3.2.5 Preparação Manual

A limpeza poderá ainda ser feita usando escovas de fios de aço de emprego manual. Além de escovas de aço, pode-se limpar certos ângulos de difícil acesso por meio de limas e de raspadores ou brunidores de aço, com o objetivo de retirar cantos vivos e arestas em peças de pequeno tamanho.

3.3 Desengraxamento Mecânico ou Químico

Uma vez considerada a peça pronta para a deposição metálica, a mesma deve ser submetida aos tratamentos necessários para eliminar da sua superfície qualquer traça de óxido, graxa, pasivação de corpos estranhos que possam impedir a deposição metálica ou dificultar a sua aderência (DURNEY, 1984).

O pré-tratamento químico é feito após o tratamento mecânico. As peças precisam ser limpas, o que é feito através do desengraxamento e/ou decapagem, a fim de que as camadas galvânicas possam ser perfeitamente depositadas.

Em muitos casos, é possível fazer num só estágio o desengraxamento, a decapagem e a ativação, utilizando banhos decapantes com pólos invertidos. O meio a ser escolhido, para limpeza e o desengraxamento, depende de diversos fatores. De modo geral, usam-se dois diferentes desengraxamentos, sendo que o último deverá ser o desengraxamento eletrolítico final. Basicamente, pode-se distinguir para galvânica:

- desengraxamento com solventes orgânicos;

- desengraxamento alcalino;
- desengraxamento emulsionante;
- desengraxamento eletrolítico;
- desengraxamento por ultra-som.

O modo de usar o desengraxamento varia com o tamanho e forma da peça, e também com a quantidade de graxa a ser removida. Deve-se distinguir entre graxas (minerais, vegetais ou animais), e óleos e ceras de diferentes tipos.

Para a galvanização é fundamental que as superfícies metálicas estejam no estado quimicamente limpo, absolutamente isentas de graxas, a fim de que a deposição metálica tenha uma boa aderência. Os menores indícios de graxas, óleos, sujeiras etc. são suficientes para acarretarem uma má aderência da camada, podendo fazer com que a camada "se solte" ao menor esforço mecânico. Defeitos semelhantes, devem ser esperados no tingimento metálico, quando o desengraxamento prévio não foi suficiente (GALVANOTÉCNICA PRÁTICA, 1974).

3.4 Processos Eletrolíticos

Os processos químico e eletrolítico são uma complementação para o polimento mecânico. Esses consistem na submersão do substrato em banhos com substâncias ácidas ou alcalinas, submetidos a uma determinada carga de corrente. Superfícies de alumínio abrilhantadas eletroliticamente são resistentes ao embasamento e ao manuseio. Em virtude disso, o polimento químico ou eletrolítico traz, freqüentemente, melhorias nas propriedades das peças como, por exemplo, na resistência a fadiga, deformação a frio, etc. Em outros casos a resistência elétrica pode ser diminuída. As peças abrilhantadas química ou eletroliticamente podem ser submetidas freqüentemente, a uma melhor dispersão do eletrólito. É sabido, por exemplo, que a dispersão do eletrólito de cromo não depende somente da composição do eletrólito, temperatura e densidade de corrente mas também da qualidade da peça

(GALVANOTÉCNICA PRÁTICA, 1974). Portanto, o abrilhantamento eletrolítico é indicado principalmente como pré-tratamento na cromeação dura de peças, onde não existe a possibilidade de usar ânodos auxiliares como, por exemplo, no caso de engrenagens. O polimento eletrolítico, também denominado abrilhantamento anódico, **consiste praticamente no efeito contrário da deposição de uma camada galvânica** (ver a FIGURA 7). Na galvanização as peças são acopladas ao pólo negativo de uma fonte de energia. Geralmente, é necessário para cada metal ou liga que se deseja polir anodicamente uma diferente composição do eletrólito.

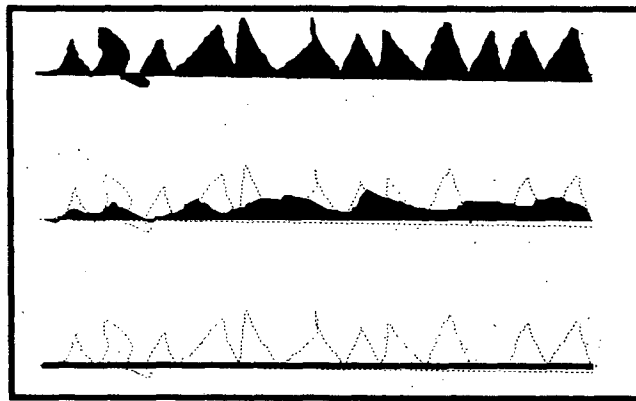


FIGURA 7: Representação esquemática da remoção de uma superfície durante o polimento eletrolítico.

Fonte: Galvanotécnica Prática I (pág. 94)

3.5 Decapagem para Eliminar Óxido ou Ferrugem

A decapagem de superfícies metálicas é feita como pré-tratamento, a fim de obter uma superfície metodicamente limpa, isenta de impurezas e óxidos. Tem como finalidade remover a casca de fundição ou laminarão, camadas de óxido, ferrugem ou carepa, através de soluções ácidas ou alcalinas apropriadas.

3.6 Metais Depositados Galvanicamente

3.6.1 Zinco

A propriedade técnica mais importante das camadas de zinco é a **sua resistência a corrosão**. Isto é justificado através da camada protetora que se forma em contato com a atmosfera. Esta camada protetora é bem aderente e formada, principalmente, de óxido de zinco, hidróxido de zinco, carbonato de zinco bem como sulfato de zinco ou cloreto de zinco. Um **menor significado** tem ação protetora a **longa distância**. Normalmente, isto é explicado pelo fato de que as camadas de zinco formam, com o material-base-ferro, um ânodo (eletrodo de dissolução) de um elemento curto-circuitado, enquanto a base forma o cátodo. Enquanto houver zinco sobre o ferro, **dar-se-a a dissolução deste**, porquanto o ferro não é influenciado. O ataque dos diferentes climas sobre as camadas de zinco é variável. Enquanto que com o **ar do campo e o ar marinho há um pequeno ataque**, pode-se dizer que com outros climas o ataque já é mais intenso.

Para a prática, é importante saber qual deverá ser a espessura da camada, a fim de que se obtenha a proteção desejada. Para a determinação da espessura de camada, pode-se utilizar o anexo 1 da norma DIN 50960, onde são encontradas as perdas por ano das camadas de zinco expostos à atmosfera na Europa Central e na Europa Ocidental. Estes valores são vistos na **TABELA 10**:

Perda em atmosfera Rural	1,0 a 3,4 $\mu\text{m/a}$
Perda em atmosfera de Cidade	1,0 a 6 $\mu\text{m/a}$
Perda em atmosfera Industrial	3,8 a 19 $\mu\text{m/a}$
Perda em atmosfera Marítima	2,5 a 15 $\mu\text{m/a}$

TABELA 10 Determinação da espessura de camada segundo a norma DIN

50960.

Fonte: Galvanotécnica prática.

As camadas de zinco **deverão ser cromatizadas**. Quando se trata de peças decorativas, poderá ser empregada a cromatização amarela ou a cromatização verde-oliva.

3.6.1.1 Emprego das Camadas de Zinco

As camadas de zinco são empregadas para aumentar a resistência a corrosão assim como para fins decorativos; freqüentemente deverão ser obtidas as duas finalidades. Além disso, é mais econômico utilizar camadas de zinco ao invés de camadas níquel-cromo.

3.6.1.2 Tratamento Posterior

Geralmente, faz-se o tratamento posterior das camadas de zinco por cromatização ou com ácido nítrico diluído (solução a 3%). Dependendo da solução de cromatização em uso (por exemplo, soluções fortemente ácidas). Quando for possível, por motivos decorativos, poderão ser utilizadas soluções especiais (com pH mais alto) que fornecem espessas camadas de cromatização de cor amarela e verde-oliva, as quais dão maior resistência á corrosão. Através da cromatização obtém-se uma variação apreciável da corrosão do zinco. Enquanto que o zinco **não-cromatizado sofre corrosão após uma hora**, no teste de clima alternado (segundo a norma **DIN 50017**) ou no teste de névoa salina (segundo a norma **DIN 50907**), tem-se para o caso do zinco **cromatizado incolor** um tempo de **300 horas**, para o zinco de cromatização **amarela** mais de **500 ou 700 horas** e para zinco de cromatização **verde-oliva** **1000 ou 1100 horas**. A seguir na **TABELA 11** mostra-se um resumo das principais características do banho eletrolítico de zinco.

Denominação	Zincagem	Especificações	Observações
Características	velocidade de deposição Dureza do Resistência a corrosão teor de Óxido de Zinco	0,3µm/min Boa >300 horas 99,7%	Revestimento em Ferro/Aço
Componentes	Capacidade do banho Óxido de Zinco Hidróxido de Sódio Carbonato de sódio Alpha Ecolozinc SCN Abrilhantador Alpha Ecolozinc SCN Recondicionador Água	1600 lts 13 a 18 g/lts 100 a 130 g/lts 25 a 35 g/lts 8 a 10 ml/lts 20 a 30 ml/lts Completar boa qualidade	
Operação	Temperatura. Densidade de corrente. Tensão. pH Densidade do banho Controle. Ânodo. Relação Ânodo/Cátodo. Tempo de imersão da peça. Filtragem. Agitação. Distância entre as peças na gancheira equidistante. Posicionamento das peças dentro do banho.	20 a 40°C 1 a 4 A/dm ² 4 a 6 Volts 8 a 12 Volts 11,54 25 _{Be} Célula de Hull Zn 99,9% 1:1 a 4:1 20a60 min semestral Parado 2 a 3 vezes a sua largura em geral. Conforme a gancheira	Parado Rotativo Ótimo Ótimo A ser especificado na ordem de trabalho

TABELA 11: Principais características do banho eletrolítico de zinco

3.6.2 Cromo

Segundo ENGELBERG (1967) o cromo tem como principal finalidade dar recobrimento final as camadas de zinco e níquel, para desta forma aumentar a resistência a corrosão dessas. O cromo praticamente só é atacado pelo ácido clorídrico e pelo ácido sulfúrico a quente e é totalmente resistente às condições atmosféricas e ao embaçamento.

Os fatores primordiais para a deposição brilhante do cromo valem para qualquer composição do eletrólito e são a densidade de corrente, dentro da qual o cromo pode ser depositado com o brilho desejado. Quando se trabalha com baixas densidades de corrente ou altas temperaturas, obtêm-se camadas duras, frágeis e ásperas.

Tipos de Cromeação

Há três tipos de banho de cromo, segundo a sua finalidade:

- A) Para "engrossar" peças, com camada protetora e muito dura, usa-se o chamado "Cromo Duro";
- B) Para as demais finalidades usa-se a Cromeação Brilhante ou "Cromo Decorativo";
- C) Cromeação Preta.

A) Cromeação Dura

A denominação "cromo duro galvânico" é em parte contraditória, pois as camadas de cromo duro **têm a mesma dureza** do cromo brilhante e, quando não são depositadas com o brilho adequado, possuem até uma dureza inferior. Somente com uma deposição de cromo de maior espessura é que podem ser avaliadas as propriedades mecânicas da dureza, de modo que a denominação de cromo duro torna-se agora correta.

A espessura da camada de cromo duro pode variar desde $1\mu\text{m}$ até alguns milímetros. As camadas de cromo duro de maior espessura, isto é, acima de $20\mu\text{m}$, possuem boa resistência à corrosão em relação as camadas porosas e **riscadas de cromo brilhante**, sobretudo por não terem nenhum desgaste mecânico ou químico da camada protetora. Após a cromeação, segue-se uma boa lavagem, de preferência num tanque auxiliar, vindo em seguida a secagem. Para que se possa eliminar totalmente o hidrogênio dissolvido no cromo, faz-se, por precaução, mais uma secagem adicional de várias horas a 200°C . Com isto a **fragilidade** da camada de cromo é bastante diminuída, sem que haja diminuição da dureza.

B) Cromeação Brilhante ou Decorativa

Segundo GALVANOTÉCNICA PRÁTICA (1974) a cromeação brilhante é obtida com camadas de pequena espessura, **0,2 a 0,5 μ m**.

A qualidade da camada galvânica de níquel é de fundamental importância para a qualidade da camada de cromo. O brilho da camada de níquel não é suficiente para uma boa cromeação, pois a mesma não deverá ser fina demais, nem possuir tensões internas.

C) Cromeação Preta

Quando se trabalha com banhos de cromo a temperatura ambiente e com altas densidades de corrente, pode-se depositar cromo com uma cor preta escura. A cromeação preta também pode ser obtida a partir de soluções concentradas de ácido crômico isentas de sulfato, mas contendo pequenos teores de aditivos orgânicos, tais como ácido acético, e que operam á temperatura ambiente com **80 a 200A/dm²**. As camadas pretas de cromo têm a sua principal aplicação na indústria ótica. Inconveniente porém, é a sua sensibilidade relativamente grande contra os esforços mecânicos. A coloração preto-escuro se transforma facilmente, podendo formar-se, dentro de pouco tempo, uma camada semibrilhante.

3.6.2.1 Verificações Especiais

Uma inspeção simples ocular, ou com ajuda de microscópios, por exemplo 100 aumentos, permite observar facilmente a presença de fissuras, nódulos, grãos, poros, riscos, bolhas, crateras e qualquer outra irregularidade.

As condições ótimas de dureza, resistência a corrosão e a desgaste correspondem, precisamente, a uma película brilhante e homogênea. Assim, muitas vezes pode considerar-se boa, sem mais comprovações, a camada de cromo duro quando apresenta aquele aspecto. Isso quer dizer,

também, que o brilho é a consequência ou manifestação natural de uma camada **correta e normal**. A seguir na **TABELAS 12 e 13** mostra-se um resumo das principais características do banho eletrolítico de cromo brilhante e de cromo duro.

Denominação	Cromo Brilhante	Especificações	Observações
Características	velocidade de deposição Dureza Resistência a corrosão teor de Cromo	3,5µm/min boa >1000 horas 99,9%	Revestimento em Latão e Alpaca
Componentes	Capacidade do banho Ácido Cromico Ácido Sulfúrico Ácido Oxálico Água de boa qualidade	300 lts 30 Kg 0,3 Kg D=1,84 0,3 Kg Completar	
Operação	Temperatura Densidade de corrente Tensão Densidade pH Ánodo Relação Ânodo/Cátodo Tempo de imersão da peça Filtragem Distância entre as peças na gancheira Posicionamento das peças dentro do banho. Agitação	30 a 40°C 10 a 15 A/dm ² 3,5 a 6 Volts 25 °Bé 1,6 Chumbo 10 a 30 seg mensal 2 a 3 vezes a sua largura em geral Conforme a gancheira Parado	40°C ideal A ser especificado na ordem de trabalho

TABELA 12: Principais características do banho eletrolítico de cromo brilhante.

Denominação	Cromo Duro	Especificações	Observações
Características	velocidade de deposição Dureza do Resistência a corrosão teor de Cromo.	0,526µm/min. boa >1000 horas 99.9%	Revestimento em ferro
Componentes	Capacidade do banho Ácido Cromíco Ácido Sulfúrico Ácido Oxálico Água de boa qualidade	300 lts 25 Kg 0,25 Kg D=1,84 0,3 Kg Completar	
Operação	Temperatura Densidade de corrente Tensão Densidade pH Ânodo Relação Ânodo/Cátodo Tempo de imersão da peça Filtragem Distância entre as peças na gancheira. Posicionamento das peças dentro do banho. Agitação	50 a 60°C 40 a 60 A/dm ² 700 a 800 Volts 26 Bé 14 Chumbo 10 a 30 seg trimestral 2 a 3 vezes a sua largura em geral Conforme a gancheira Parado	55°C ideal A ser especificado na ordem de trabalho

TABELA 13: Principais características do banho eletrolítico do cromo duro.

3.6.3 Níquel

Segundo GALVANOTÉCNICA PRÁTICA (1974) o níquel é um metal de cor prateada-clara, com resistência relativamente boa ao ataque químico. Soluções diluídas de ácidos, bases (com exceção do amoníaco) e água praticamente não atacam o níquel. Ao contrário o níquel é notadamente atacado pelo ácido nítrico, amoníaco, ácido clorídrico concentrado, bem como por algumas soluções salinas, tais como o persulfato de amônia, cianeto de sódio etc. Existem dois tipos de niquelação: niquelação brilhante e niquelação fosca.

A) Niquelação Brilhante

São os banhos eletrolíticos que contêm abrlhantadores (nos E.U.A, chamados de "carriers"). Eles refinam, visivelmente, o cristal da camada depositada, dando um certo brilho, mas não um polimento adequado. As camadas galvânicas formam-se relativamente dúcteis, ocasionando quase

sempre, em certas concentrações, tensões de compressão. São denominadas erroneamente "amolecedores".

B) Niquelação Fosca

Os campos de aplicação da niquelação fosca são limitados. Certos requisitos são exigidos dessas peças, devido a introdução de normas de segurança, as quais requerem camadas que não refletem a luz.

As peças precisam ser movimentadas mecanicamente com uma velocidade de 2-3m/min; não utilizar insuflamento de ar.

3.6.3.1 Niquelação e Proteção Anticorrosiva

Para a prática diária interessa o campo decorativo da aplicação, onde não somente a corrosão da camada é importante mas, sobretudo, o seu valor protetor para o material básico correspondente.

Quando se examina a corrosão do níquel, é importante lembrar que **as condições climáticas têm grande influência** sobre o ataque de um sistema de camadas, podendo ser bastante diferentes na sua maneira. Os climas podem ser divididos em dois grupos:

1. Atmosfera oxidante;
2. Atmosfera redutora.

O níquel tem boa resistência a atmosfera oxidante, enquanto que seu comportamento em relação á atmosfera redutora é inferior.

Os testes mais importantes de corrosão na Alemanha são:

1. Teste de Dióxido de Enxofre (DIN 50018);
2. Teste de Corrodokote (ASTM B 380-61 T).

A seguir, na **TABELA 14**, mostra-se um resumo das principais características do banho eletrolítico de níquel químico.

Denominação	Níquel Químico	Especificações	Observações
Características	velocidade de deposição Dureza Resistência a corrosão teor de fósforo	1,5 A 2pm/min 46-48 Rockwell boa 7.0 a 8%	Revestimento tudo tipo mat.
Componentes	Capacidade do banho Enplate Ni 419-A Enplate Ni 419-B Água de boa qualidade Concentração do Ni. met.	600 lts 60 ml/lts 90 ml/lts 850 ml/lts 5,2-6 g/lts	
Operação	TEMPERATURA Densidade de corrente Tensão pH Densidade do Banho Ânodo Relação Ânodo/Cátodo Tempo de imersão da peça Filtragem Distância entre as peças na gancheira. Posicionamento das peças dentro do banho. Agitação	82 a 88 °C 1,5 a 8A/dm ² 80 Volts 4,7 a 5,2 5,8 Be Níquel 99.9% 10 a 20 min mensal 2 a 3 vezes a sua largura em geral Conforme a gancheira com ar	87°C Ótima 4,7 a 4,9 Otim. A ser especificado na ordem de trabalho. "continua"

TABELA 14: Principais características do banho eletrolítico do níquel químico

3.6.4 Anodização

3.6.4.1 Generalidades

Segundo GALVANOTÉCNICA PRÁTICA II (1974) há muitos anos emprega-se a oxidação anódica, não somente para fins decorativos mas, também, para finalidades técnicas. Através da ação protetora da camada óxido dura e resistente quimicamente, conserva-se o aspecto inicial da superfície. Na oxidação anódica a superfície metálica é transformada numa camada de óxido, com o auxílio da corrente elétrica. O óxido protege o metal, que se encontra na parte inferior, do ataque da atmosfera bem como do ataque de outros materiais técnicos de ataque e metais estranhos. Além disso, a camada de óxido obtida anodicamente se deixa tingir em muitas tonalidades de cores.

O crescimento da camada aumenta proporcionalmente com a temperatura constante, até que surja uma diminuição do peso em virtude da redissolução do óxido de alumínio. As densidades de corrente utilizáveis são limitadas pois, com densidades de corrente muito altas, formam-se camadas poeirentas e arenosas.

3.6.4.2 Espessura da Camada e Ação Protetora

A ação protetora de uma camada de óxido obtida anodicamente depende da espessura da camada e da qualidade da vedação. Com base em pesquisa de exposição atmosférica, ficou estabelecido ser necessária determinada espessura da camada e da qualidade de vedação a fim de obter a ação desejada. Estes valores experimentais serviram para dar uma idéia, segundo a norma DIN 17611 e DIN 17612, na TABELA 15, abaixo, para espessuras de camadas em certos campos de aplicação (GALVANOTÉCNICA PRÁTICA II 1974).

Situação Exigência	Espessura de Camada Mínima μm
Dentro, Seca	10
Dentro, úmida	20
Fora	20
Dentro, Seco, Sem Exigência Mecânica	10

TABELA 15: Espessuras Mínimas de Camadas em Certos Campos de Aplicação segundo as Normas DIN 17611 e 17612.
Fonte: Galvanotécnica Prática (199, p. 429).

3.6.4.3 Tingimento

Após a Anodização, deixa-se tingir a camada de óxido obtida em várias cores. Caso queira obter cores pesadas, tais como preto, marrom-escuro, o tingimento com os pigmentos adequados não representa

nenhum problema. Torna-se mais difícil quando o pigmento e o material básico brilhante devam aparecer como, por exemplo, no caso de cores brilhantes, tais como ouro, cromo, etc.

3.6.4.4 Anodização Dura

Processos especiais de oxidação anódica, com os quais é possível obter camadas especialmente duras e resistentes a remoção, sobre a superfície do alumínio, são conhecidos como processos de Anodização dura. Esses são indicados, principalmente, para finalidades técnicas. Assim, por exemplo, poderão ser obtidas camadas duras de óxido de alumínio através das variações das condições de trabalho no processo GS, ou seja, através de um eletrólito de GS diluído (166 g/lts de ácido sulfúrico).

Em virtude da sua maior espessura, as camadas duras de óxido são cinza-claras até cinza-pretas. Sua aplicação é para casos especiais, onde são desejadas grande dureza superficial, resistência ao desgaste, boa capacidade de deslize e isolamento elétrico. Após a anodização, as camadas devem ser bem lavadas. As camadas duras de óxido deixam-se tingir com pigmentos moleculares bem como podem tornar-se vedantes.

3.6.4.5 Vedação de Camadas de Óxido Obtidas Anodicamente

Somente uma camada de óxido bem vedada possui uma proteção total. A vedação de uma camada de óxido de alumínio obtida anodicamente tem a finalidade de fechar os finos canais existentes na camada após o processo eletrolítico. Assim uma proteção real á camada, pois devido a sua camada de absorção, a mesma poderá absorver sujeira e/ou outros materiais agressivos. A vedação está ligada a uma absorção de água de cristalização $Al_2O_3 + H_2O \Leftrightarrow Al_2O_3 \cdot H_2O$ e variação de estrutura cristalina, levando a um fechamento dos poros, de modo que a superfície fique posteriormente dura e plana como vidro.

3.6.4.6 Determinação da Qualidade de Vedação (DIN 50946)

Uma camada de óxido de alumínio bem vedada, isto é, uma superfície tratada por longo tempo em água quente, água desmineralizada ou vapor a uma temperatura de **95 a 100°C**, não precisa ser testada. Uma vez que, em certos casos, não é tomado o devido cuidado com a vedação. Torna-se indispensável testar sua qualidade, sendo que existem métodos para esta determinação. Trata-se do teste de vedação para camadas de óxido obtidas anodicamente no teste de tingimento e do teste com a solução de cloreto de sódio e ácido acético (DIN 50947). A seguir na **TABELA 16** mostra-se um resumo das principais características do banho eletrolítico de alumínio.

Denominação	Anodização-GS	Especificações	Observação
Características	velocidade de deposição Dureza Resistência a corrosão teor	0,5 micros/min Boa >2000 horas 99.9%	Revestimento em Alumínio. AlMgSi/AlCuMg
Componentes	Capacidade do banho Ácido Sulfúrico Sal de Montagem GS Água de boa qualidade	800lts 15,5 lts 3 Kg Completar	Densidade
Operação	Temperatura Densidade de corrente Tensão Densidade pH Ânodo cátodo Relação Ânodo/Cátodo Tempo de imersão da peça Filtragem Distância entre as peças na gancheira. Posicionamento das peças dentro do banho. Agitação	18 a 22°C 1,2 a 1.6 A/dm ² 10 a 15 Volts 20 Be 0,19 Alumínio ou Chumbo 30 a 40 min 60 a 75 min Não precisa 2 a 3 vezes a sua largura em geral Conforme a gancheira Ar comprimido	12-5°C camadas duras A ser especificado na ordem de trabalho Troca anual

TABELA 16: Principais características do banho eletrolítico do alumínio.

4. PROPOSTA PARA A PADRONIZAÇÃO DO CIRCUITO OPERATÓRIO EM UM SISTEMA DE GALVANOPLASTIA

4.1 Padronização do Circuito Operatório em um Sistema de Galvanoplastia

Encontram-se disponíveis na literatura técnica (em manuais de galvanoplastia) alguns circuitos operatórios (gerais) de galvanoplastia. Porém esses não tem uma forma (genérica ou específica) de como padronizá-lo. A seguir, propõe-se um método genérico para a padronização de um circuito operatório em um sistema de galvanoplastia. O método proposto está composto, basicamente, de seis etapas (ver **FIGURA 10**):

- Especialização em galvanoplastia e levantamento de dados no setor.
- Especificação de espessuras para as camadas metálicas e Especificação de faixas padrões de operação para os banhos eletrolíticos.
- Montagem e ajuste das curvas características de eletrodeposição metálica. (para as espessuras)
- Montagem dos circuitos operatórios.
- Educação e treinamento dos funcionários.
- Revisão e aperfeiçoamento contínuo do modelo proposto.

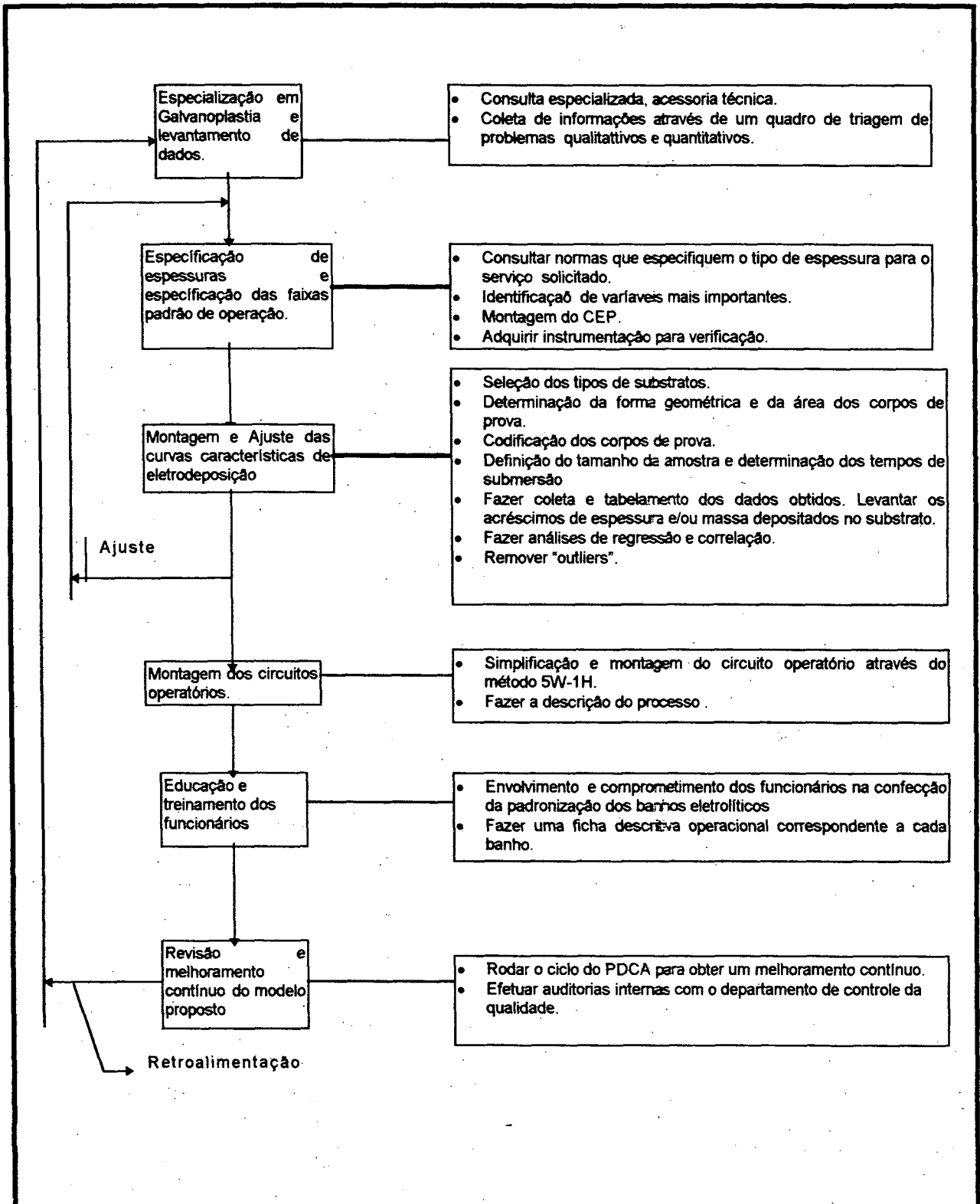


FIGURA 10: Diagrama Sequencial para a padronização de um circuito operatório de galvanoplastia

4.2 Especialização em Galvanoplastia e Levantamento de Dados no Setor.

O Levantamento de dados deve ser efetuado em duas etapas.

Numa primeira fase, procura-se, disponibilizar o máximo de informações no que diz respeito ao processo de galvanoplastia, obtendo-se informações gerais e específicas sobre o metal que será eletrodepositado, por exemplo: a suas características básicas, suas finalidades, vantagens, desvantagens desses recobrimentos superficiais e tipos de banhos existentes. Estas informações podem ser obtidas através de literatura especializada (em galvanoplastia), acessoria técnica, consultoria técnica dos fornecedores dos eletrólitos e finalmente da própria experiência dos funcionários.

Posteriormente deve-se fazer um levantamento histórico dos dados qualitativos do setor, para verificar o seu atual desempenho. Caso não existam esses dados fazer e implementar um quadro de triagem de problemas qualitativos no setor (ver **TABELA 17**). Nesse quadro objetiva-se obter o máximo de informações de uma forma resumida, destacando-se informações importantes como: tipo de inconformidade ou defeito, setor proveniente, quantidade de peças, data, etc. Racionalizando esses dados se terá subsídios não somente para analisar o desempenho de determinado banho ou circuito operatório mas, contudo, para investigar a origem e as causas desses problemas. a partir das informações obtidas, as causas poderão ser localizadas e removidas. Com isto objetiva-se padronizar o processo sem antigos vícios e problemas de qualidade.

Quadro de Triagem de Problemas Qualitativos e Quantitativos de Produção								
Responsável.....			Setor.....			Mês.....		
Data	Item	Prazo	Período	Estragados no Local	Retrabalho	Proveniência	Total	Observações

TABELA 17: Quadro de triagem de problemas qualitativos e quantitativos de Produção

4.3 Especificações das Espessuras para as Camadas Metálicas e Especificação de Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos.

4.3.1 Especificação das Espessuras para as Camadas Metálicas

Normalmente a especificação das espessuras para as camadas metálicas, encontram-se tabeladas de acordo com o tipo de ambiente e solicitações mecânicas, as quais essas serão submetidas. Estas podem ser encontradas em normas internacionais de standardização como é o caso das normas ISO, DIN, e ASTM, (na atualidade no Brasil ainda não se encontram normalizadas estas espessuras). Por exemplo a norma, ASTM ((B633)9, 1980), classifica as diferentes condições de serviço a que será submetido o material a ser eletrodepositado e especifica a espessura mínima do metal eletrodepositado para a proteção do substrato. Já a norma ASTM (B633)9, classifica a exposição atmosférica fechada com rara condensação e sujeita a uma abrasão mínima, como SC₁, e indica que para essa classificação a espessura mínima de zinco (como metal eletrodepositado) deve ser de 5µm. Entretanto, já existem especificações para as espessuras mínimas de camadas segundo as condições de serviço para os equipamentos, pode-se fazer ainda uma relação ponderada da espessura segundo a experiência do fabricante. Por exemplo, ao se fabricar determinado equipamento pode ser levado em consideração que ele vai executar o serviço 70% do tempo num ambiente SC₁ (suave) 10% do tempo num ambiente SC₂ (moderado), 10% do tempo num ambiente SC₃ (severo), 10% do tempo num ambiente SC₄ (muito severo), então, a espessura mínima pode ser calculada ponderalmente da seguinte forma:

$$E_{\text{Mínima}} = E_{\text{M}}(\text{SC}_1) \cdot 70\% + E_{\text{M}}(\text{SC}_2) \cdot 10\% + E_{\text{M}}(\text{SC}_3) \cdot 10\% + E_{\text{M}}(\text{SC}_4) \cdot 10\%$$

Uma vez obtidas as especificações de espessura mínima, tomar em consideração que esta não deverá ter variações maiores ou menores a 2% do produto final em relação a seu valor nominal. (DURNY, J. 1984)

Observação: em alguns casos o usuário especifica a espessura mínima das camadas e as suas respectivas variações em relação as especificações dos produtos.

4.3.2 Especificações das Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos

Uma vez especificadas as espessuras mínimas de proteção das camadas metálicas, a etapa seguinte consiste em estabelecer as variáveis críticas de cada banho eletrolítico, identificando as faixas padrões de operação. Como variáveis críticas tem-se, por exemplo, corrente (Ampères), temperatura (°C), pureza do ânodo (%), concentração do banho (°Be), pH, etc.

A intensidade da corrente e a temperatura do banho a ser aplicada, normalmente já vem especificada pelo fornecedor do eletrólito ou servem inicialmente de base para uma determinação mais exata desses parâmetros. Essas faixas uma vez estabelecidas, são facilmente controladas por meio de instrumentos controladores, por exemplo, para o controle da temperatura podem-se usar termostatos com faixas de variação de $\pm 3\%$ em relação a temperatura nominal.

A pureza do ânodo pode ser encontrada no mercado de acordo a especificação do banho eletrolítico.

Para estabelecer faixas padrões para o pH e concentração do banho, fazer a aplicação do controle estatístico do processo (CEP), já que estas variáveis não dependem de controladores automáticos. O CEP define a faixa entre os limites de controle e estabelece a variação aleatória no processo. Diz-se que um processo está sob "controle estatístico" quando estejam presentes apenas causas aleatórias. Por exemplo, para controlar a concentração pode-se efetuar os seguintes passos:

- Fixar e manter constantes as outras variáveis (corrente, temperatura, pH).
- Fazer variações na concentração, e verificar os efeitos dessas variações na espessura do produto, na sua resistência à corrosão e no aspecto final da peça.
- Compilar esses dados

Realizar o CEP (com os dados coletados nas variações de concentração). Por exemplo, fazer cinco subgrupos (de segunda a sexta), cada subgrupo fará três medições diárias seguindo a seqüência de produção (ver **TABELA 18**). Montar um gráfico de controle para as variáveis, calculando-se a média, e a amplitude, para cada subgrupo. uma linha central é esboçada em cada gráfico na média geral, e na amplitude média. Os limites de controle (faixas padrões de variação) são estabelecidos a partir da média ± 3 desvios-padrão (para uma confiança de aproximadamente 99%). Um exemplo, é mostrado na **FIGURA 8**.

Medição da variável pH								
Frequência em horas								
	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	\bar{x}	R	Data
pH								

TABELA 18: tabela para coletar dados correspondentes a variável pH

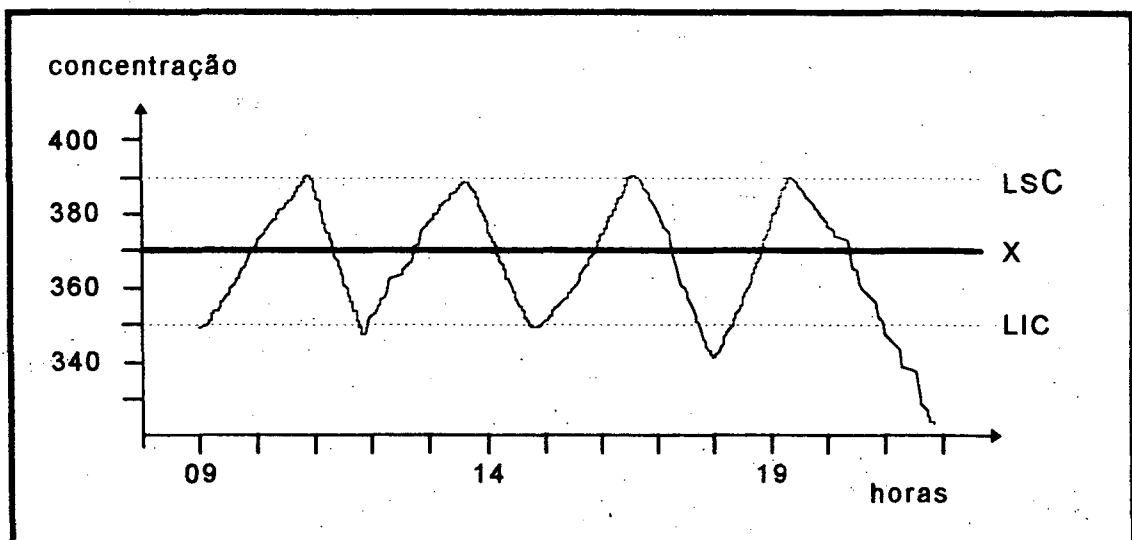


FIGURA 8: Gráfico das médias \bar{X}

4.3.3 Adquirir Instrumentação para a Verificação

Nesta fase é necessário a aquisição de instrumentação e de reagentes para realizar testes de resistência à corrosão e de aderência. No caso das variáveis críticas como pH, adquirir medidores de pH e para a concentração medidores de concentração em grados Baumé. Esses encontram-se no mercado em diferentes escalas de variações segundo a necessidade do usuário. Também pode-se adquirir uma célula de "HULL", na qual pode-se realizar experiências em pequenas escalas, executando-se os ajustes necessários nas variáveis envolvidas.

Para realizar a verificação da espessura encontra-se no mercado instrumentação para testes não destrutivos como por exemplo, "indução magnética". Por outro lado o testes de resistência a corrosão são destrutivos e podem ser realizados em atmosferas de névoa salina, segundo normas nacionais ou internacionais.

4.4 Montagem e Ajuste das Curvas Características de Eletrodeposição Metálica (para as espessuras)

Nesta fase é indicado uma série de passos a serem seguidos:

- Selecionar os tipos de substratos para os quais serão levantadas as curvas características de eletrodeposição metálica. Por exemplo, ferro, alpaca, latão (cada metal terá a sua curva correspondente).

- Determinar a forma geométrica e a área dos corpos de prova (fazer esses corpos de prova do mesmo tamanho e forma; tal procedimento tem como objetivo facilitar os cálculos a serem realizados).

- Caso se faça o levantamento das curvas para diferentes substratos, é necessário codificá-los. Caso contrário, os substratos poderão misturar-se, já que, uma vez revestidos, são de difícil distinção através de inspeção visual.

• Definir os subgrupos, tamanho de cada subgrupo e o intervalo de tempo de submersão de cada um desses no seus respectivos banhos eletrolíticos (ao definir o tamanho da amostra dos corpos de prova e os intervalos de tempo que esses serão submergidos, considerar outros fatores, como mão de obra disponível e custos).

Uma vez realizada a operação de eletrodeposição metálica, a etapa seguinte consiste em proceder a coleta de dados (ver **TABELA 19**), destacando-se os dados mais importantes, como: temperatura do banho, corrente, área do corpo de prova, pH e concentração do banho. Essa tabela será dividida em intervalos de tempo correspondentes a cada subgrupo e na ordem seqüencial de retiráda com as suas respectivas medições de espessura.


Zincagem do Ferro						
Código W3 (W=tratamento de Zincagem, 3=substrato Ferro)						
T min	Substrato	Massa _i	Massa _f	Espessura	Amperagem	Voltagem
	A					
5	A ₂					
	B					
10	B ₂					
		Área=?		Temperatura=? pH=? Concentração=?		

TABELA 19: tabela para levantamento de dados na eletrodeposição

• Uma vez levantadas as informações sobre espessura e massas dos corpos de prova correspondentes a seus respectivos intervalos de tempo, proceder ao ajuste de equações que relacionem uma variável de interesse (por exemplo, espessura dos corpos de prova) com outras variáveis controláveis (tempo de deposição metálica). As

técnicas estatísticas mais usuais são análise de regressão e de correlação.

- Caso as equações ao serem ajustadas, não estejam de acordo com os padrões estabelecidos com a espessuras (totalmente fora das faixas padrões de especificação), voltar ao item 4.1.2.2; fixar novamente as variáveis e só fazer experiências com uma só (tentativa-erro) até verificar qual delas esta fora de calibração (especificação) procedendo a sua correção. Uma vez corrigidas estas variáveis, fazer o CEP e repetir novamente os passos, tanto quanto sejam os ajustes necessários.

4.5 Montagem dos Circuitos Operatórios

Obtidas as faixas de operação para as variáveis críticas e estabelecida a curva de espessuras depositadas eletroliticamente, o passo seguinte será montar o circuito operatório da forma mais simplificada possível. Isto pode ser feito com auxílio do método 5W-1H o qual é utilizado para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte da chefia ou dos subordinados. No circuito operatório devem constar informações importantes para o desempenho satisfatório da operação (ver **TABELA 20**) por exemplo, tipo de camada a ser depositada, quem efetuará a operação, a seqüência da tarefa com as respectivas variáveis a serem controladas, pontos de verificação, teste, instrumentação necessária para tais verificações e a quem consultar em caso de anormalidades, etc.

Circuito Operatório para o Processo de Galvanoplastia						
Nome do Tratamento.....				Operador.....		
Responsável.....						
Data.....		Item.....		Quantidade.....		
Seqüência da Operação	Tempo min	Temperat. °C	Amperagem Amp	Controle	Observações	
1. Desengraxamento						
2. Decapagem						
3. Lavagem						
4. Zincagem						
5. Lavagem						
6. Ativação						
7. Cromatização						

TABELA 20: Circuito OPERATÓRIO para o Processo de Galvanoplastia

4.6 Educação e Treinamento dos Funcionários

É essencial que a educação e o treinamento dos funcionários tenham como objetivo final o comprometimento e envolvimento desses, no que diz respeito a participação em todos os passos da padronização dos circuitos operatórios. Na realidade ninguém conhece melhor do que eles (pela sua experiência) onde se encontram as maiores dificuldades para efetuar determinadas tarefas. Além disso, os procedimentos são feitos para eles e só uma ação desta natureza tornará a padronização do circuito operatório completamente funcional.

Uma das formas de se realizar o treinamento e a conscientização dos funcionários é a divulgação das especificações sobre cada um dos tipos de banhos eletrolíticos afetados. Para tal, fazer uma ficha descritiva operacional de cada banho (ver TABELA 21), contendo as informações mais relevantes.

- Tipo de banho;
- Faixa de variação do pH;

- Concentração do banho;
- Temperatura;
- Pureza do ânodo;
- Corrente;
- Manutenção do banho. (períodos de filtração do banho e a reposição das substâncias consumidas no banho)

Denominação	Tipo de Banho	Especificações	Observações
Características	velocidade de deposição Dureza Resistência a corrosão Teor de Cromo		
Componentes	Capacidade do banho Ácido Cromico Ácido Sulfúrico Ácido Oxálico Água de boa qualidade		
Operação	Temperatura Densidade de corrente Tensão Densidade pH Ânodo Relação Ânodo/Cátodo Tempo de imersão da peça Filtração Distância entre as peças na gancheira POSICIONAMENTO DAS PEÇAS DENTRO DO BANHO. Agitação		

TABELA 21: Ficha descritiva operacional

4.7 Revisão e Aperfeiçoamento Contínuo do Modelo Proposto

Finalmente o modelo deverá ser revisado periodicamente pelo departamento de controle da qualidade e aperfeiçoado continuamente. A revisão e o aperfeiçoamento contínuo deve ser feito pelas partes envolvidas, girando o ciclo do PDCA. (planejar, fazer, verificar, agir).

No próximo capítulo, uma descrição da implementação desta proposta na empresa KAVO DO BRASIL S.A. é apresentada.

5. PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO DE GALVANOPLASTIA DA EMPRESA KAVO DO BRASIL S.A.

5.1 Generalidades Sobre a Empresa KAVO DO BRASIL S.A.

O grupo KAVO, da qual a Empresa KAVO DO BRASIL S.A., é integrante, foi fundada na Alemanha a mais de 70 anos. O grupo é considerado uma das maiores organizações mundiais na área odontológica. Conta com um complexo industrial composto de um centro de desenvolvimento de novos produtos e três fábricas na Alemanha, além de outras três na Itália, Estados Unidos de Norte América, e Brasil. Somadas chegam a aproximadamente 95000 m² de área construída.

A filosofia "Qualidade e Precisão", a mesma que inspirava seus fundadores, se aprimorou e continua presente em toda sua linha diversificada de instrumentos e equipamentos odontológicos, além dos aparelhos para prótese. Dando por isso, a seus clientes a certeza de possuir um produto com um padrão de qualidade internacional, de acordo com as tendências mundiais e, ao mesmo tempo, dentro da realidade econômica de cada mercado.

A Empresa KAVO DO BRASIL S.A. se encontra localizada na cidade de Joinville, ao norte do estado de Santa Catarina. A KAVO atua no Brasil desde 1960 e durante sua história vem apresentando constantes progressos. Segundo a revista de publicação anual GAZETA MERCANTIL (1994) a empresa KAVO DO BRASIL S.A. encontra-se na Posição 101 do "Ranking" das 300 maiores empresas do Estado de Santa Catarina.

Atualmente possui de um parque fabril de 13000 m² de área construída e um quadro com mais de 500 funcionários. Seus produtos são distribuídos a mais de 600 postos de vendas no Brasil e a outros 30 países, onde predominam os que integram a CEE (Comunidade

Econômica Européia), a NAFTA (Tratado de Livre Comercio dos Países da América do Norte) e o Mercosul (Mercado do Cone Sul). Presta ainda suporte técnico e comercial, com uma rede de assistência com nove filiais próprias e mais de 100 autorizadas, inclusive no exterior.

5.2 KAVO DO BRASIL S.A. e seu Compromisso com a Qualidade

A Empresa KAVO DO BRASIL S.A. , fixou duas grandes metas até meados da década dos 90's.

1. Implantação da qualidade total por toda a empresa;
2. Homologar seus produtos segundo a ISO. (Organização Internacional para a Standarização).

Através dessas metas pretende-se atingir, uma maior e melhor competência em Custo, Preço e Qualidade. A preocupação da empresa atualmente se volta para a satisfação total do usuário e, ao mesmo tempo, estabelecer bases mais sólidas para seu fortalecimento perante um mercado cada vez mais competitivo e um usuário cada vez mais exigente.

5.3 O Setor de Galvanoplastia (Setor 535)

O setor de galvanoplastia tem como funções, executar serviços intermediários para os setores de solda, usinagem e montagem. Entre esses serviços destacam-se: aplainamento, rebarbação, retificação, limpeza química de peças, retirar arestas e cantos vivos, e dar revestimento anticorrosivo a placas e circuitos eletrônicos. E o serviço de galvanoplastia propriamente dito, o qual tem duas funções básicas: dar uma melhor aparência aos diferentes materiais (com fins de decorativos), e dar proteção anticorrosiva aos diferentes materiais, por meio da eletrodeposição de metais mais nobres e resistentes as diferentes condições atmosféricas.

Pelo departamento de galvanoplastia passam aproximadamente mais de 18000 itens (componentes de montagem), os quais tem diferentes funções a serem desempenhadas e cada um destes, precisam de diferentes tipos de tratamentos. As atividades realizadas vão desde um simples trabalho da zincagem e cromeagem para dar somente proteção anticorrosiva, até aquelas que precisam de um serviço mais complexo como anodização ou niquelacão.

5.4 Padronização do Processo de Galvanoplastia da Empresa KAVO DO BRASIL S.A.

Para poder fazer a padronização do setor de galvanoplastia, foi necessário contar com a valiosa e determinada colaboração do supervisor deste setor, o engenheiro Giancarlo Schneider e os colaboradores do setores de galvanoplastia e pré-tratamento. A padronização foi executada seguindo-se o roteiro do modelo proposto no capítulo quatro.

5.4.1 Especialização sobre Galvanoplastia e Levantamento de Dados no Setor

Nesta etapa, se fez a coleta das seguintes informações:

- Espessura mínima
- Classificação das diferentes condições de serviço segundo a norma ASTM B633 (1980)

Segundo a norma ISO 2064-1980 (E), um importante requisito na maioria das especificações de revestimento é o de que o revestimento tenha uma espessura dentro de limites pré-estabelecidos.

O principal objetivo destes padrões internacionais é definir exatamente qual é o significado do termo "Espessura mínima" quando usado em especificações para revestimentos metálicos e seus correlatas. Neste contexto, a espessura mínima é definida como a espessura local sobre uma pequena área.

A classificação das diferentes condições de serviço segundo a norma ASTM B 633 (1980) tem como objetivo o estabelecimento das especificações de espessuras para os equipamentos da KAVO, segundo as diferentes condições de serviço e ambiente em que os equipamentos serão utilizados. (ver TABELA 22)

Classificação	Denominação	Definição
SC4	Muito severo	Exposição a condições muito severas, ou sujeita freqüentemente a exposição de umidade, agentes de limpeza, e soluções salinas, somado a danos por amassamento, arranhaduras, ou recobrimento abrasivo, dano por amassamento. Por exemplo, no chumbamento de instalações, linhas de ferramentas com pólos.
SC3	Severo	Exposição a condensação, Transpiração, umidade pela chuva, e agentes de limpeza. Por exemplo, canos de móveis, telas contra insetos, componentes de janelas, ferramentas de construtores, equipamento militar, Componentes de máquinas de lavar, e de bicicletas
SC2	Moderado	Exposição mais freqüente a atmosferas secas e ambientes fechados mas sujeito ocasionalmente a condensação, ao abrasão do revestimento. Por exemplo, ferramentas, Zíperes, maçanetas, e componentes de máquinas.
SC1	Ameno (Suave)	Exposição a atmosferas fechadas com rara condensação e sujeito a uma abrasão mínima do revestimento. Por exemplo, botões, artigos de arame, fechos.

TABELA 22: Classificação das diferentes condições de serviço.
Fonte: tomo 9 da ASTM(B633)9, 1980.

Num segundo estágio, obtiveram-se informações dentro do mesmo setor (departamento de galvanoplastia) sobre:

- I. Descrição dos procedimentos operacionais atuais ou anteriores.
- II. Acompanhamento diário das diferentes atividades no setor e ao mesmo tempo fazer perguntas aos operadores sobre as suas atividades.
- III. Manual de operações do fabricante de equipamentos para galvanoplastia.
- IV. Fichas descritivas (operacionais) de cada banho.

V. Registros de dados atuais sobre o desempenho qualitativo do setor:

Índice de refugos;
Índice de retrabalho;
Índice de reclamações;
Índice de sucateamento;

A finalidade dessas informações está relacionada com o desempenho do setor e com o estabelecimento de quais são seus pontos mais críticos. Para esses itens mencionados a empresa não dispunha de nenhum tipo de registro. A maior parte das informações procuradas existiam somente na memória dos colaboradores e algumas outras informações estavam sendo colhidas pelo chefe da área apesar deste ter pouco tempo de trabalho no setor. As informações foram, então, levantadas pelo departamento, fazendo-se os quadros de triagem da qualidade, fichas descritivas de cada banho (ver nos capítulos 3 e 5).

5.4.2 Especificações das Espessuras para as Camadas Metálicas e Especificação de Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos

5.4.2.1 Especificação das Espessuras para as Camadas Metálicas

A especificação para as espessuras mínimas do zinco, cromo, níquel e anodização do alumínio para as diferentes condições de serviço, foi feita segundo as normas ASTM: (B 633)9, (B 689)9, (B 650)9, (B 580)9, (B 456)9. ASTM (1980, p.244 a 550) ver **TABELA 23** e **TABELA 24**.

Camadas Metálicas	Espessura Mínima das Camadas em μm para as Diferentes Condições de Serviço			
	SC4 (μm)	SC3 (μm)	SC2 (μm)	SC1 (μm)
Zinco	25	13	8	5
Cromo	50	25	10	5
Níquel	100	50	25	5
Anodização	50	10	5.0	3

TABELA 23: Classificação das espessuras mínimas.
Fonte: tomo 9. Da ASTM.

Camadas Metálicas	Espessura Mínima das Camadas em μm (ASTM)
Cromo Decorativo Brilhante	0.3 (0.005 gramas)
Cromo Preto	0.3 (0.005 gramas)
Níquel Strike	1.3 (0.007 gramas)

TABELA 24: Classificação das espessuras Mínimas
Fonte: Electroplating Engineering HandBook Fourth Edition (1984, pág., 268, 276.)

Os equipamentos produzidos na Kavo Do Brasil S.A. passam a maior parte da sua vida útil em ambientes fechados ("indoors") ou seja o equivalente a um ambiente SC 1 (suave). Porém, determinou-se, com base na experiência do departamento de Controle da Qualidade da empresa, a fazer a seguinte relação para especificar as espessuras de camada mínima para os diferentes metais, com o objetivo de se obter um fator de segurança que possa garantir o bom desempenho destes produtos em qualquer ambiente:

$$E_{\text{mínimo}} = \text{SC4} \cdot 97\% + \text{SC3} \cdot 2\% + \text{SC2} \cdot 0,7\% + \text{SC1} \cdot 0,3\%$$

Onde $E_{\text{mínimo}}$ = Espessura mínima da camada em micrômetros (μm)

Ficando estabelecidas finalmente as especificações segundo a **TABELA 25.**

Camadas Metálicas	Espessura Mínima das Camadas em μm
Zinco	5,2
Cromo	5,4
Níquel	6
Anodização	3,23

TABELA 25: Espessura mínima das camadas metálicas

5.4.2.2 Especificação das Faixas Padrões de Operação para os Banhos Eletrolíticos

Nesta etapa identificaram-se as variáveis críticas e, posteriormente, suas respectivas faixas de operação, por meio do controle estatístico de processo (CEP) para os banhos de: Zinco, Cromo e Níquel. (ver TABELA 26)

Faixas de Operação para os Banhos de Zinco, Cromo, Níquel e Anodização				
Variáveis Críticas	Zinco	Cromo	Níquel	Anodização
pH	11 a 12	1,4 a 1,8	4,7 a 5,2	0,18 a 0,20
Concentração ($^{\circ}\text{Be}$)	24 a 26	24 a 26	5,4 a 6,2	19 a 21
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20 a 40	30 a 40	82 a 88	18 a 22
Corrente (Amp)	1 a 4	10 a 15	1,5 a 8	1,2 a 1,6

TABELA 26: Faixas de operação para as variáveis críticas do Zn, Cr, Ni e Al

5.4.3 Montagem e Ajuste das Curvas de Eletrodeposição Metálica

Primeiramente procedeu-se a determinação das curvas de deposição metálica para os seguintes banhos: zinco, níquel eletrolítico, níquel eletrolítico brilhante, níquel químico, cromo duro, cromo decorativo, cromo preto (as curvas de deposição metálica correspondentes a anodização preta e anodização cor de cromo, não foram possíveis de serem levantadas devido a falta de instrumentação

para fazer as medições e a inexistência de fatores de conversão). O levantamento foi efetuado em diferentes substratos, estabelecendo-se um total de 12 curvas (ver TABELA 27 Tipos de Banhos) para os Diferentes Tipos de Substratos:

Tipos de Banhos								
Substratos	Zinco	Níquel		Cromo			Anodização	
		Químico	Eletrolítico Brilhante	Preto	Decorativo	Duro	Cor de Cromo	Preta
Ferro	X					X		
Alpaca		X	X	X	X			
Latão		X	X	X	X			
Alumínio							X	X

TABELA 27: Tipos de banhos para os diferentes substratos

Determinou-se, posteriormente, que a área e forma geométrica dos substratos ou corpos de prova: $0,24 \text{ dm}^2$ com de forma cilíndrica (ver FIGURA 9). Essa escolha foi definida tendo-se em conta a facilidade de fabricação no setor de usinagem e, também, por facilitar o manuseio das peças.

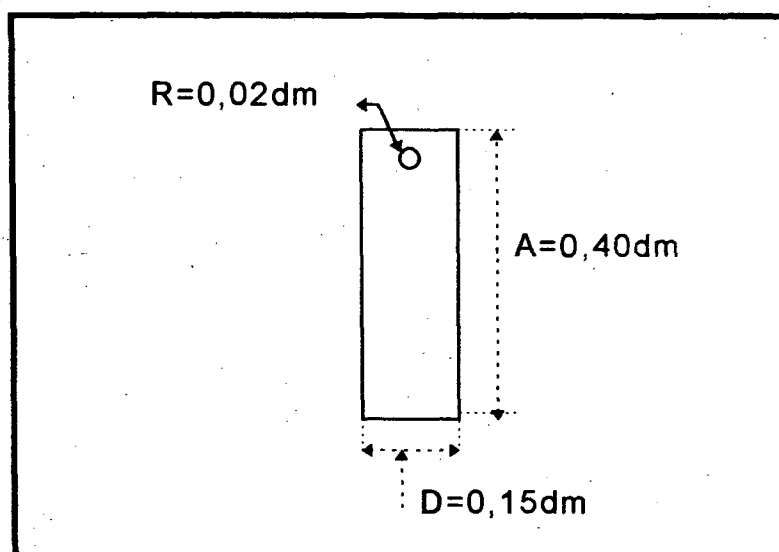


FIGURA 9: Forma geométrica do corpo de prova.

Da FIGURA 9, A área do cilindro (sólido) será:

$$A_T = 2\pi(D/2(A+D/2)+(D*R)-(R^2))$$

$$A_T = 2\pi(0,15/2(0,40+0,15/2)+(0,15*0,02)-(0,02^2))$$

$$A_T = 0,24 \text{ dm}^2$$

Onde:

A_T = área total do cilindro

D = diâmetro do cilindro

A = altura do cilindro

R = raio interno do furo.

Foram construídas 288 corpos de prova, utilizando-se 24 corpos de prova para cada banho (7 banhos em total) e cada tipo de substrato (4 em total) (ver **TABELA 27**), obteve-se, assim, um total de 12 grupos, sendo cada grupo dividido em subgrupos de 2 corpos de prova. Depois de determinar o tamanho da amostra, as unidades amostrais foram codificados segundo cada grupo. A codificação adotada é apresentada na **TABELA 28** da seguinte forma:

Código	Descrição
Z8A _{1,2..L_{1,2}}	Z (alumínio), 8 (anodização cor de cromo), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
Z9A _{1,2..L_{1,2}}	Z (alumínio), 9 (anodização Preta), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
W3A _{1,2..L_{1,2}}	W (ferro), 3 (zinco), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
W1A _{1,2..L_{1,2}}	W (ferro), 1 (cromo duro), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
Y4A _{1,2..L_{1,2}}	Y (alpaca), 4 (níquel químico), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
Y5A _{1,2..L_{1,2}}	Y (alpaca), 5 (níquel eletrolítico brilhante), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
Y6A _{1,2..L_{1,2}}	Y (alpaca), 6 (cromo decorativo), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
Y7A _{1,2..L_{1,2}}	Y (alpaca), 7 (cromo preto), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
X4A _{1,2..L_{1,2}}	X (latão), 4 (níquel químico), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
X5A _{1,2..L_{1,2}}	X (latão), 5 (níquel eletrolítico brilhante), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
X6A _{1,2..L_{1,2}}	X (latão), 6 (cromo decorativo), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)
X7A _{1,2..L_{1,2}}	X (latão), 7(cromo preto), A _{1,2..L_{1,2}} (subgrupo A..L)

TABELA 28: Codificação dos Substratos

Todos os corpos de prova depois de codificados, foram limpos (desengraxados), para fazer e registrar o peso e diâmetro individual

destes antes de serem submetidos a seus respectivos tratamentos. O objetivo é o de poder estabelecer o acréscimo de massa depositada e/ou aumento no diâmetro do corpo de prova num dado intervalo de tempo T.

Determinaram-se os intervalos de tempos a que os corpos de prova ficaram submergidos.

As curvas correspondentes aos códigos $W3A_{1,2}..L_{1,2}$; $Y4A_{1,2}..L_{1,2}$; $Y5A_{1,2}..L_{1,2}$; $Y6A_{1,2}..L_{1,2}$; $Y7A_{1,2}..L_{1,2}$; $X4A_{1,2}..L_{1,2}$; $X5A_{1,2}..L_{1,2}$; $X6A_{1,2}..L_{1,2}$; $X7A_{1,2}..L_{1,2}$ tiveram um tempo total de submersão dentro dos banhos, de 60 minutos para cada um dos códigos. Sendo executada a prova da seguinte forma (tomou-se como exemplo a zincagem do ferro código $W3A_{1,2}..L_{1,2}$):

No tempo $T \Rightarrow 0$, os 24 corpos de prova subdivididos em grupos de $2(A_{1,2}, B_{1,2}, ..L_{1,2})$, foram submergidos simultaneamente e a cada 5 minutos retirava-se cada subgrupo em ordem alfabética da seguinte forma:

para $T \Rightarrow 5$ minutos, retirar subgrupo $A_{1,2}$

para $T \Rightarrow 10$ minutos, retirar subgrupo $B_{1,2}$

para $T \Rightarrow 15$ minutos, retirar subgrupo $C_{1,2}.....$ para $T \Rightarrow 60$ minutos, retirar o ultimo subgrupo $L_{1,2}$.

As curvas correspondentes aos códigos $Z8A_{1,2}..L_{1,2}$; $Z9A_{1,2}..L_{1,2}$ e $W1A_{1,2}..L_{1,2}$, tiveram um tempo total de submersão dentro dos banhos, de 120 minutos (Z8 e Z9) e 1200 minutos (w1), em intervalos de tempo de 10 e 100 minutos, respectivamente. O mesmo procedimento descrito anteriormente foi adotado para cada um dos códigos.

Os corpos de prova, depois de submetidos a seus respectivos tratamentos, foram pesados e medidos (individualmente) novamente para poder estabelecer o acréscimo de massa e/ou de espessura depositado. Para a determinação e análises das curvas de deposição metálica, em primer lugar houve necessidade de fazer a análises dos dados de cada curva. Através dessa análise preliminar pontos externos ("Outliers") são removidos. Nesse caso, a causa de pontos externos tem como origem o mau contato dos corpos de prova com o cátodo. Após a análise preliminar realizou-se o ajuste da curva que reflita uma melhor adequação aos

dados experimentais, originando um total de 10 equações (ver TABELA 29). Finalmente, estabeleceram-se os tempos ótimos de eletrodeposição das camadas metálicas, em função da massa. (neste caso, devido a falta de disponibilidade de equipamentos para fazer a medição das espessuras), construindo-se as tabelas em intervalos de tempo de um minuto (ver ANEXO IV).

Banho	Resumo Estatístico				
	Det. "R ² "	Coef. Corre. "R"	Inclinação	Intercessão	Equação
Zinco Ferro	0,97182	0,98581	1,71357	-13,7956	Linear
Cromo Preto Latão	0,73962	0,86001	0,00159	0,03784	Linear
Cromo Preto Alpaca	0,94858	0,97395	0,00194	0,01055	Linear
Cromo Decorativo Latão	0,97037	0,99125	0,0058	-0,00346	Linear
Cromo Decorativo Alpaca	0,98071	0,99031	0,00574	0,02755	Linear
Cromo Duro Ferro	0,97192	0,97878	0,00387	-0,47938	Linear
Níquel Químico Latão	0,93075	0,96475	0,00118	0,01519	Linear
Níquel Químico Alpaca	0,85964	0,92717	0,00154	0,0257	Linear
Níquel Ele. Brilhante Latão	0,89809	0,94768	0,00777	0,08634	Linear
Níquel Ele. Brilhante Alpaca	0,94397	0,97158	0,01992	-0,07254	Linear

TABELA 29: Resumo estatístico levantado para cada banho eletrolítico.

Para poder estabelecer o tempo ótimo de eletrodeposição metálica para cada curva, em função da massa, de acordo com as espessuras especificadas na TABELA 25, houve necessidade de recorrer ao artifício de transformar a espessura mínima (das especificações) de camada metálica depositada no corpo de prova, para massa, por meio de fatores

de conversão para cada metal. Esses dados de conversão foram cedidos pela Associação Brasileira de tratamento Superficial (ABTS) em correspondência efetuada em Julho de 1994. Os fatores de conversão correspondem a equivalência de micrômetro (μm) de espessura depositada para massa por unidade de área coberta (g/dm^2). A seguir, na **TABELA 30**, tem-se uma relação dos metais e suas respectivas conversões de espessuras em massa por unidade de área. Na **TABELA 31** é estabelecido o tempo ótimo de eletrodeposição para cada curva, com o objetivo de alcançar a massa especificada ou a espessura mínima de camada depositada.

Metal	Espessura em μm	Massa Mínima Equivalente em g/dm^2	Espessura (e) Mínima das Camadas em μm^1	Massa Mínima Equivalent e em $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot 0,24$
Zinco	1 μm	0.02136	5,2	0,02666
Cromo	1 μm	0.01704	5,4	0,02208
Níquel	1 μm	0.02136	6	0,03076
Alumínio	1 μm	Não Existe	3,23	

TABELA 30: Fator de conversão de espessura para massa.
Fonte: Associação Brasileira de Tratamento Superficial (ABTS)

Substrato \Rightarrow	Ferro		Latão		Alpaca	
	min	gr	min	gr	min	gr
Camadas \downarrow						
Zinco	23	0,026				
Cromo Preto			<1	0,001	<1	0,001
Cromo Brilhante			<1	0,001	<1	0,001
Cromo Duro	140	0,022				
Níquel Químico			13	0,031	4	0,031
Níquel Brilhante			<1	0,031	5.5	0,031

TABELA 31: Tempo ótimo para a eletrodeposição das camadas metálicas

¹ $1\mu\text{m} = 10^{-04}\text{cm}$

Conhecidos os tempos ótimos para atingir as especificações para as espessuras mínimas de camadas, procedeu-se a descrição e padronização dos procedimentos dos circuitos operatórios para os banhos e seus substratos.

5.4.4 Montagem dos Circuitos operatórios

5.4.4.1 Descrição e Padronização do Procedimento de Zincagem

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento de Zincagem:

1. Desengraxamento em percloroetileno de 5 a 10 min, a 120 °C deixar a peça no banho até parar de condensar os vapores. (também se pode fazer lavado a jato).

Controle: do $\text{pH} \geq 9$ (o banho deve permanecer fechado);

2. Decapagem em ácido clorídrico de 2 a 3 min, (quando a peça está enferrujada de 10 a 20 min) á uma concentração de 30 a 33%, capacidade do banho 100 lts, temperatura do banho ambiente, banho em repouso, troca bimestral (segundo a sua concentração).

Controle: a peça deve sair limpa e com aspecto metálico;

3. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, a temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts.

Controle: verificar teste de molhamento na peça;

4. Zincagem das peças de 20 a 60 min (segundo especificações na ordem de fabricação), temperatura de 22 a 28 °C, banho em repouso, densidade de corrente de 2 a 2,5 A/dm², tensão de 2 a 3 volts, concentração do banho 125 a 150 gr/ltsNaOH e 8 a 10 gr/ltsOZ_n, capacidade do banho 1600 lts.

Controle: verificar a massa da camada de zinco (de 0,026 gramas), aderência da camada de zinco, teste de resistência a corrosão de uma hora no mínimo, pH=11,54, densidade=25 °Be e as condições químicas do eletrólito por meio da célula de "Hull";

5. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

6. Ativação das peças numa solução de ácido nítrico 0,5%, de 20 a 40 seg, movimentação das peças de 2 a 6 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho a temperatura ambiente, capacidade do banho 288 lts.

Controle: Verificação da concentração do banho por meio da medição do pH<7, troca bimestral da solução;

7. Cromatização das peças no banho de cromatizante a uma concentração de 13 a 18 gr/lts (Alpha Lux), de 15 a 25 seg, movimentação das peças de 15 a 25 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho, a temperatura ambiente, capacidade do banho 288 lts.

Controle: Verificar espessura da camada de cromo (0,001 g), aderência da camada de cromo, teste de resistência a corrosão de

500 a 700 horas, inspeção visual para observar possível derivação na cor das peças e as condições químicas do banho por meio do pH (pH ótimo= 1.5);

8. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente; capacidade do banho 300 lts;

9. Secagem das peças em centrífuga e/ou estufa a uma temperatura máxima de 80°C.

Controle: Depois de realizados os testes (item 4. e 7., a massa total depositada deve ser 0,027 g) no corpo de prova, fazer uma inspeção por atributos procurando na peça defeitos como riscos, porosidades, manchas, sinal de choque e eventuais deformações da peça, etc. de forma visual (se possível com ajuda de uma lente de aumento 100 vezes) e/ou tátil.

A FIGURA 11 apresenta o ciclo de operação para a Zincagem.

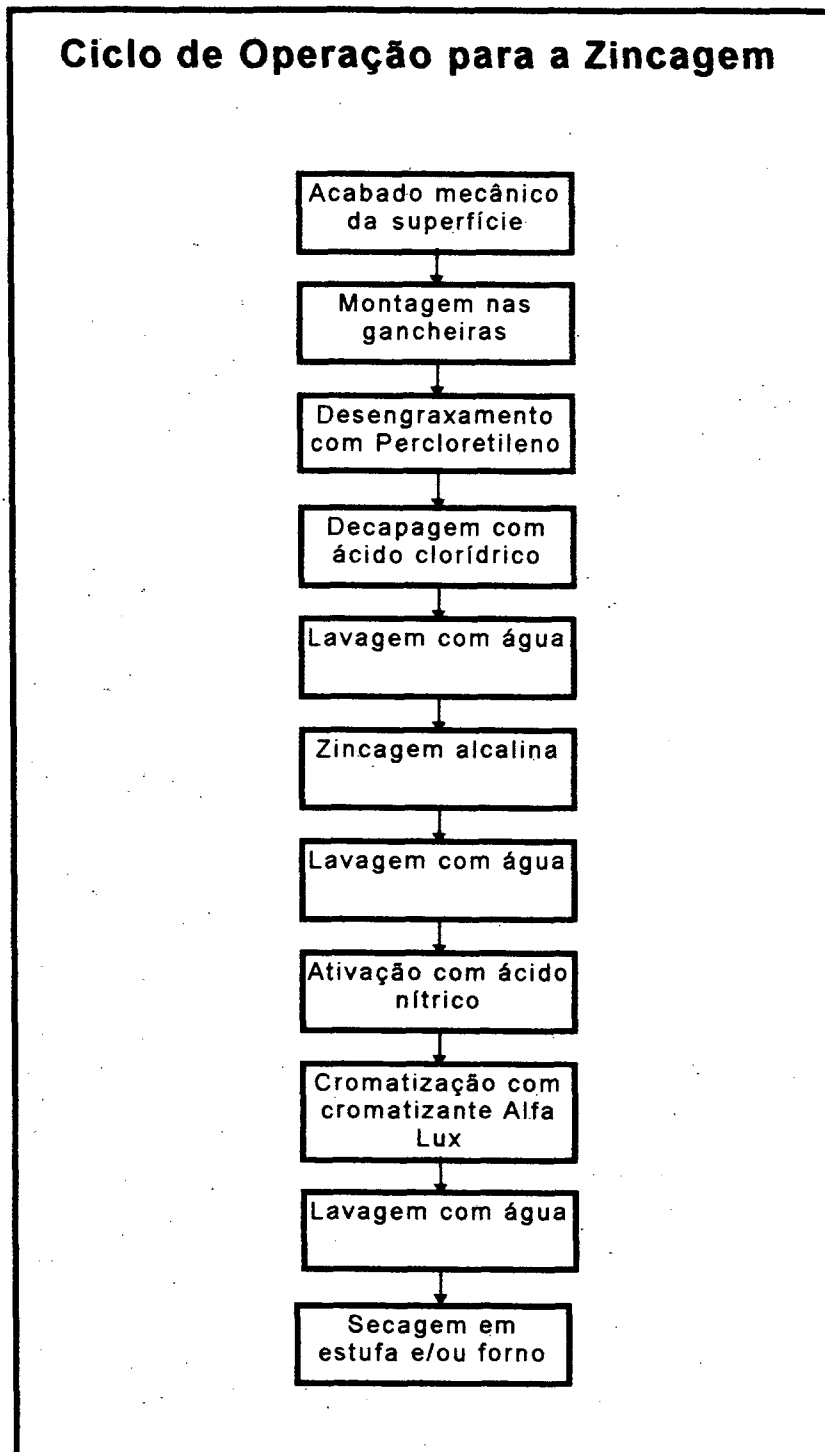


FIGURA 11: Ciclo de operação para a Zincagem

5.4.4.2 Descrição e Padronização do Procedimento para o Cromo Duro

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento do Cromo Duro:

1. Desengraxamento eletrolítico com Radical 1012N (anódico ou catódico/anódico) a uma concentração de 8 a 15 Kg/100lts, tempo de imersão das peças de 15 a 120 seg, temperatura do banho 20 a 30 °C, densidade 8,5 °Be, densidade de corrente 10 A/dm², tensão 8 a 10 Volts, capacidade do banho 380 lts, banho em repouso.

Controle: visual da superfície (a peça deverá estar com aspecto brilhoso e isenta de graxa), troca mensal do banho;

2. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

3. Ativação das peças numa solução de ácido clorídrico 8% e Super Ativador Detapex de 20 a 60 seg, movimentação das peças de 2 a 6 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts.

Controle: Verificação da concentração do banho por meio da medição da densidade ≥ 7 , troca mensal da solução;

4. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

5. Cromo Duro, tempo de imersão do ferro de 12 a 20 horas (de acordo com as especificações da ordem de fabricação), temperatura de 35 a 39 °C, capacidade do banho 800 lts, densidade de corrente de 40 a 60 A/dm², tensão de 4 a 8 Volts, banho parado, velocidade de deposição 0,526 µm/min.

Controle: Observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de cromo no corpo de prova, verificar a densidade do banho (26 °Be), pH=14, tempo mínimo de imersão de 200 min, espessura mínima >6.5µm (0,085 gr);

7. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

8. Secagem das peças em centrífuga.

A FIGURA 12 apresenta o ciclo de operação para a Cromeação Dura.

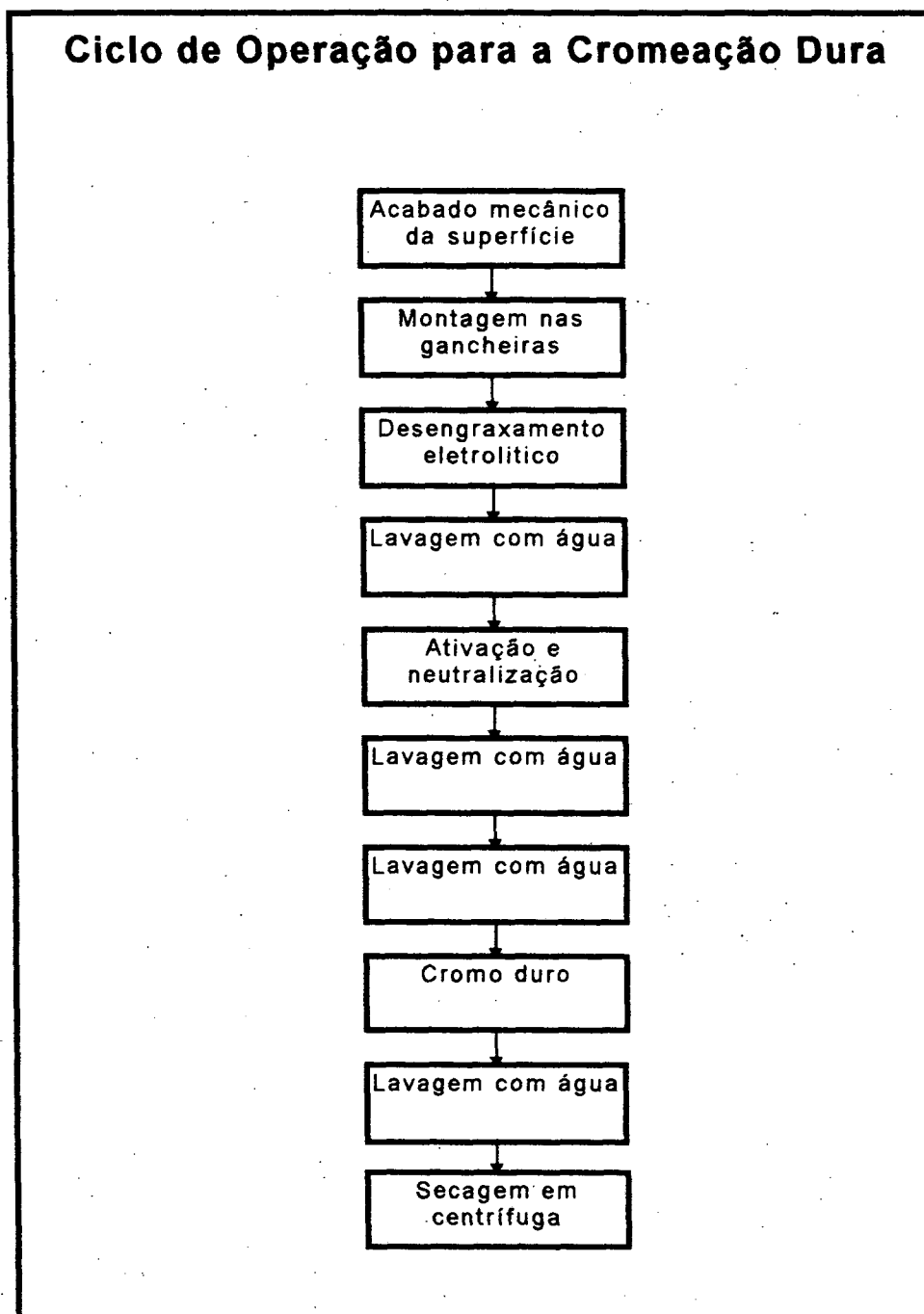


FIGURA 12: Ciclo de operação para a Cromeação Dura

5.4.4.3 Descrição e Padronização para o Procedimento do Cromo Decorativo Brilhante

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento do cromo Decorativo brilhante:

1. Niquelagem Química e/ou Eletrolítica Fosca, ou Níquel Eletrolítica Brilhante.

2. Lavagem com água fresca.

3. Cromo Rotativo Brilhante, temperatura 41 °C, tempo de imersão 1min para a alpaca e para o latão, densidade do banho 25 °Be, densidade de corrente de 10 a 15 A/dm², voltagem de 3,6 a 6 Volts, velocidade de deposição .072 µm/min.

Controle: Camada mínima depositada 0,001 gramas para a alpaca e o latão (de acordo as especificações da ordem de fabricação), densidade do banho=25 °Be, pH=1,60;

4. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

5. Secagem em estufa a 80 °C;

Controle: Observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de cromo no corpo de prova, verificar a densidade do banho

(25 °Be), a massa total depositada deverá corresponder a 0,032 gramas.

5.4.4.4 Descrição e Padronização do Procedimento do Cromo Preto

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento do Cromo Preto:

1. Niquelagem Química e/ou Eletrolítica Fosca, ou Níquel Eletrolítica Brilhante.
2. Lavagem com água fresca.
3. Cromo Preto, temperatura 27 °C, tempo de imersão de 1 min para a alpaca e o latão, densidade do banho 29 °Be, densidade de corrente de 500 a 600 A/dm²;

Controle: Camada mínima depositada 0,001 gramas para a alpaca e o latão (de acordo as especificações da ordem de fabricação), densidade do banho=29 °Be, pH=3;

4. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;
5. Secagem em estufa a 80 °C ;

Controle: Observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de cromo no corpo de prova, verificar a densidade do banho (29 °Be), a massa total depositada deverá corresponder a 0,032 gramas. A

FIGURA 13 apresenta o ciclo de operação para a Cromeação Decorativa e Preta.

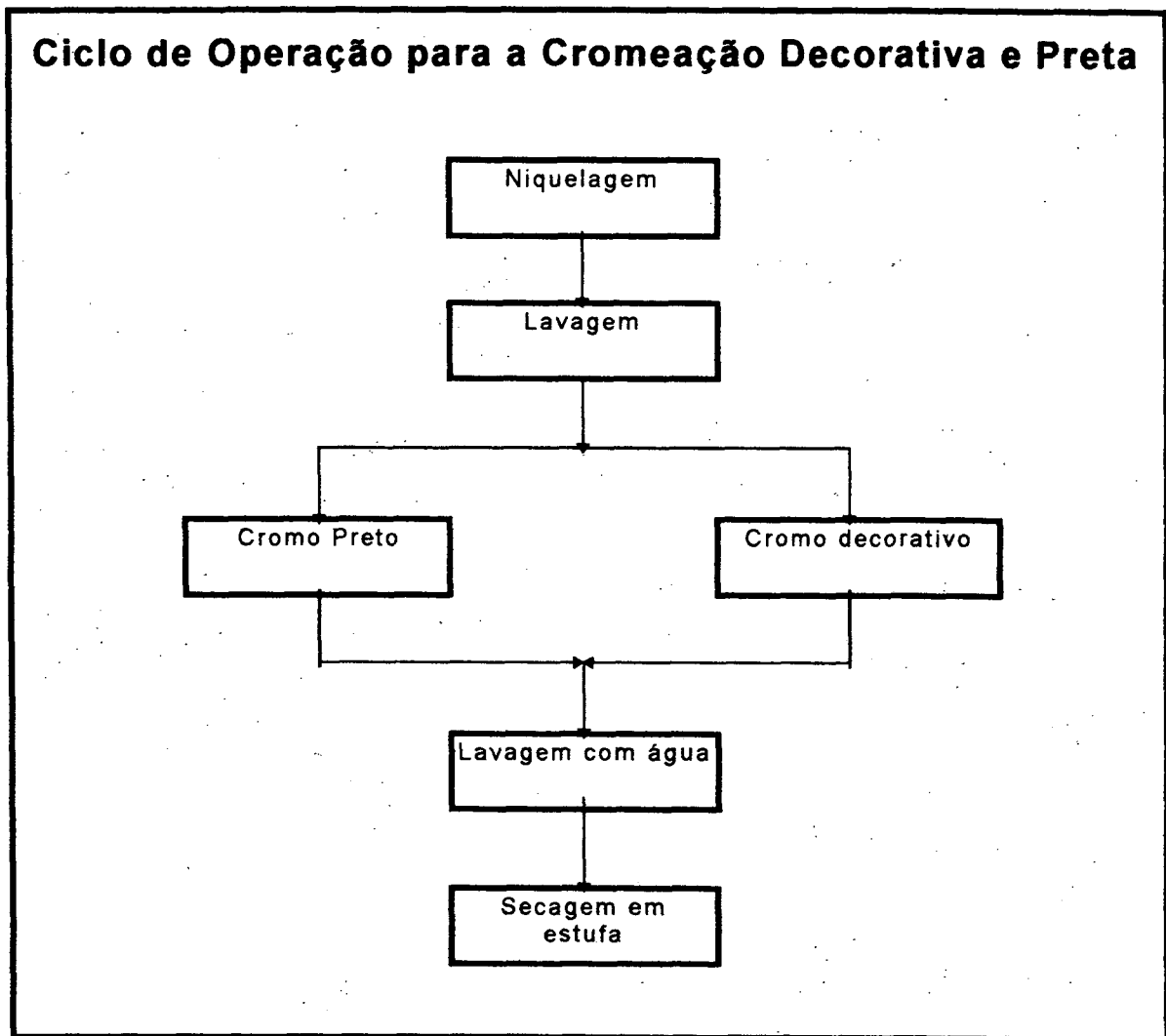


FIGURA 13: Ciclo de operação para a Cromeação Decorativa e Preta

5.4.4.5. Descrição e Padronização do Procedimento de Níquel Químico

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento de Niquelação Química:

1. Desengraxamento em percloroetileno de 5 a 10 min, a 120 °C deixar a peça no banho até parar de condensar os vapores (também

se pode fazer a jato, e o banho deve permanecer fechado) "Ir direto ao passo 4 Quando for Alpaca e Latão";

Controle: do $\text{pH} \geq 9$;

2. Decapagem em ácido clorídrico de 2 a 3 min (quando a peça esta enferrujada de 10 a 20 min), á uma concentração de 30 a 33%, capacidade do banho 100 lts, temperatura do banho ambiente, banho em repouso, troca bimestral (segundo a sua concentração) (para peças de ferro e aço)

Controle: a peça deve sair limpa e com aspecto metálico;

3. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts, (ir direto a etapa 5).

Controle: verificar teste de molhamento na peça;

4. Decapagem com decapante desengraxante Terminox Fe a uma concentração de 30% (em relação ao volume do banho) de 0,5 a 3 min, temperatura do banho de 20 a 40 °C, banho em repouso, capacidade do banho 100lts (para peças de latão e alpaca).

5. Desengraxamento eletrolítico com Radical 1012N (anódico ou catódico/anódico) a uma concentração de 8 a 15 Kg/100lts, tempo de imersão das peças de 15 a 120 seg, temperatura do banho 20 a 30 °C, densidade 8,5 °Be, densidade de corrente 10 A/dm², tensão 8 a 10 Volts, capacidade do banho 380 lts, banho em repouso.

Controle: visual da superfície, troca mensal do banho;

6. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

7. Ativação das peças numa solução de ácido clorídrico 8% e Super Ativador Detapex de 20 a 60 seg, movimentação das peças de 2 a 6 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts.

Controle: Verificação da concentração do banho por meio da medição da densidade ≥ 7 , troca mensal da solução;

8. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

9. Niquelação com "Níquel Strike", tempo de imersão de 30 a 120 seg, temperatura de 36 a 40 °C, capacidade do banho 300 lts, agitação por ar, (massa total depositada 0,007 g).

Controle: Observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de níquel no corpo de prova, verificar o pH do banho, $\text{pH} \leq 2$, pH ótimo $\cong 1.5$, (massa total depositada 0,007 g);

10. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

11. Niquelação com "Níquel Químico", tempo de imersão de 4 min para alpaca e para o latão 13 min, agitação com ar, temperatura do banho 80 a 88°C, capacidade do banho 600 lts.

Controle: Camada mínima depositada 0,031 gramas para a alpaca e o latão (de acordo com as especificações da ordem de fabricação), pH do banho, pH entre 4,5, densidade 5,8 °Be, fazer verificação visual da deposição das camadas nas peças, (massa total depositada 0,038 g);

12. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts

13. Secagem das peças em estufa a uma temperatura máxima de 80 °C.

Controle: Depois de feitos todos os controles (item 9. e 11.) no corpo de prova, fazer uma inspeção por atributos procurando na peça defeitos como riscos, porosidades, manchas, sinal de choque e eventuais deformações da peça, etc. de forma visual (se possível com ajuda de uma lente de aumento 100 vezes) e/ou tátil.

5.4.4.6 Descrição e Padronização do Procedimento de Níquel Eletrolítico Fosco

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento do Níquel Eletrolítico Fosco:

1. Desengraxamento em percloroetileno de 5 a 10 min, a 120 °C deixar a peça no banho até parar de condensar os vapores.

(também se pode fazer a jato, e o banho deveria permanecer fechado), **"Ir direto ao passo 4 Quando for Alpaca e Latão"**;

Controle: do $\text{pH} \geq 9$;

2. Decapagem em ácido clorídrico de 2 a 3 min (quando a peça esta enferrujada de 10 a 20 min), á uma concentração de 30 a 33%, capacidade do banho 100 lts, temperatura do banho ambiente, banho em repouso, troca bimestral(segundo a sua concentração). **(para peças de ferro e aço)**

Controle: a peça deve sair limpa e com aspecto metálico;

3. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts, **(ir direto a etapa 5)**.

Controle: verificar teste de molhamento na peça;

4. Decapagem com decapante desengraxante Terminox Fe a uma concentração de 30% (em relação ao volume do banho) de 0,5 a 3 min, temperatura do banho de 20 a 40 °C, banho em repouso, capacidade do banho 100 lts **(para peças de latão e alpaca)**.

5. Desengraxamento eletrolítico com Radical 1012N (anódico ou catódico/anódico) a uma concentração de 8 a 15 Kg/100lts, tempo de imersão das peças de 15 a 120 seg, temperatura do banho 20 a 30 °C, densidade 8,5 °Be, densidade de corrente 10 A/dm², tensão 8 a 10 Volts, capacidade do banho 380 lts, banho em repouso.

Controle: visual da superfície, troca mensal do banho;

6. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

7. Ativação das peças numa solução de ácido clorídrico 8% e Super Ativador Detapex de 20 a 60 seg, movimentação das peças de 2 a 6 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts.

Controle: Verificação da concentração do banho por meio da medição da densidade ≥ 7 , troca mensal da solução;

8. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

9. Niquelação com "Níquel Strike", tempo de imersão de 30 a 120 seg, temperatura de 36 a 40 °C, capacidade do banho 300 lts, Agitação por ar, (massa total depositada 0,007 g).

Controle: Observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de níquel no corpo de prova, verificar o pH do banho, $\text{pH} \leq 2$, $\text{pH} \text{ ótimo} \cong 1.5$;

10. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

11. Niquelação com "Níquel Eletrolítico Fosco", concentração de Abrilhantador 200 ml/800lts, tempo de imersão de 4 a 13 min, movimentação das peças: polidas, para hastes e lâminas, para o resto parada, temperatura do banho de 50 a 55 °C, capacidade do banho 800 lts, densidade de corrente de 20 a 100 Adm, tensão 5 Volts.

Controle: Camada mínima depositada 0,031 gramas para a alpaca e o latão (de acordo as especificações da ordem de fabricação), pH do banho, pH entre 4 e 5, fazer verificação visual da deposição da camada no corpo de prova;

12. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts;

13. Secagem das peças em centrífuga e/ou estufa a uma temperatura máxima de 80 °C;

Controle: **Depois de realizados** os testes(item 9 e 11.) no corpo de prova, fazer uma inspeção por atributos procurando na peça defeitos como riscos, porosidades, manchas, sinal de choque e eventuais deformações da peça, etc. de forma visual (se possível com ajuda de uma lente de aumento 100 vezes) e/ou táctil, (massa total depositada 0,038 g).

5.4.4.7 Descrição e padronização do Procedimento Níquel Químico e Fosco

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento do Níquel Químico e Fosco:

1. Desengraxamento em percloroetileno de 5 a 10 min, a 120°C deixar a peça no banho até parar de condensar os vapores. (também se pode fazer lavado a jato, e o banho deve permanecer fechado), **"Ir direto ao passo 4 Quando for Alpaca e Latão"**;

Controle: do $\text{pH} \geq 9$;

2. Decapagem em ácido clorídrico de 2 a 3 min (quando a peça esta enferrujada de 10 a 20 min), á uma concentração de 30 a 33%, capacidade do banho 100 lts, temperatura do banho ambiente, banho em repouso, troca bimestral (segundo a sua concentração), **(para peças de ferro e aço)**

Controle: a peça deve sair limpa e com aspecto metálico;

3. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts, **(ir direto a etapa 5)**.

Controle: verificar teste de molhamento na peça;

4. Decapagem com decapante desengraxante Terminox Fe a uma concentração de 30% (em relação ao volume do banho) de 0,5 a 3 min, temperatura do banho de 20 a 40 °C, banho em repouso, capacidade do banho 100 lts. **(para peças de latão e alpaca)**;

5. Desengraxamento eletrolítico com Radical 1012N (anódico ou catódico/anódico) a uma concentração de 8 a 15 Kg/100lts, tempo de imersão das peças de 15 a 120 seg, temperatura do banho 20 a

30 °C, densidade 8,5 °Be, densidade de corrente 10 A/dm², tensão 8 a 10 Volts, capacidade do banho 380 lts, banho em repouso.

Controle: visual da superfície, troca mensal do banho;

6. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

7. Ativação das peças numa solução de ácido clorídrico 8% e Super Ativador Detapex de 20 a 60 seg, movimentação das peças de 2 a 6 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts.

Controle: Verificação da concentração do banho por meio da medição da densidade ≥ 7 , troca mensal da solução;

8. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

9. Niquelação com "Níquel Strike", tempo de imersão de 30 a 120 seg, temperatura de 36 a 40 °C, capacidade do banho 300 lts, agitação por ar.

Controle: Observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de níquel no corpo de prova, verificar o pH do banho, $\text{pH} \leq 2$, $\text{pH} \text{ ótimo} \cong 1.5$, (massa total depositada 0,007 g);

10. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

11. Niquelação com "Níquel Químico", tempo de imersão de 4 min para a alpaca e para o latão 13 min, agitação com ar, temperatura do banho 80 a 88 °C, capacidade do banho 600 lts.

Controle: Camada mínima depositada 0,031 gramas para a alpaca e o latão (de acordo as especificações da ordem de fabricação), pH do banho, pH entre 4,7 e 5,2, fazer verificação visual da deposição das camadas nas peças;

12. Niquelação com "Níquel Eletrolítico Fosco", concentração 200 ml/800lts, tempo de imersão de 4 a 13 min, movimentação das peças, polidas, para hastes e lâminas, para o resto parada, temperatura do banho de 50 a 55 °C, capacidade do banho 800lts, densidade de corrente de 20 a 100 A/dm², tensão 5 Volts.

Controle: Camada mínima depositada 0,031 gramas para a alpaca e o latão (de acordo as especificações da ordem de fabricação), pH do banho, pH entre 4 e 5, fazer verificação visual da deposição da camada no corpo de prova, (massa total depositada 0,062 g);

13. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts;

14. Secagem das peças em centrífuga e/ou estufa a uma temperatura máxima de 80 °C.

Controle: **Depois de realizados** os testes (item 9, 11. e 12.) no corpo de prova, fazer uma inspeção por atributos procurando na peça defeitos como riscos, porosidades, manchas, sinal de choque e eventuais deformações da peça, etc. de forma visual (se possível com ajuda de uma lente de aumento 100 vezes) e/ou táctil, (massa total depositada 0,069 g).

5.4.4.8 Descrição e padronização do Procedimento do Níquel Eletrolítico Brilhante

Os seguintes passos devem ser observados para a padronização do procedimento níquel Eletrolítico Brilhante:

1. Desengraxamento em percloroetileno de 5 a 10 min, a 120°C, deixar a peça no banho até parar de condensar os vapores (também se pode fazer lavado a jato, e o banho deve permanecer fechado), **Ir direto ao passo ④ Quando for Alpaca e Latão"**;

Controle: do $\text{pH} \geq 9$;

2. Decapagem em ácido clorídrico de 2 a 3 min (quando a peça esta enferrujada de 10 a 20 min), á uma concentração de 30 a 33%, capacidade do banho 100 lts, temperatura do banho ambiente, banho em repouso, troca bimestral (segundo a sua concentração) **(para peças de ferro e aço)**.

Controle: a peça deve sair limpa e com aspecto metálico;

3. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts, **(ir direto a etapa 5)**.

Controle: verificar teste de molhamento na peça;

4. Decapagem com decapante desengraxante Terminox Fe a uma concentração de 30% (em relação ao volume do banho) de 0,5 a 3 min, temperatura do banho de 20 a 40 °C, banho em repouso, capacidade do banho 100lts (**para peças de latão e alpaca**);

5. Desengraxamento eletrolítico com Radical 1012N (anódico ou catódico/anódico) a uma concentração de 8 a 15 Kg/100lts, tempo de imersão das peças de 15 a 120 seg, temperatura do banho 20 a 30 °C, densidade 8,5 °Be, densidade de corrente 10 A/dm², tensão 8 a 10 Volts, capacidade do banho 380 lts, banho em repouso.

Controle: visual da superfície, troca mensal do banho;

6. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

7. Ativação das peças numa solução de ácido clorídrico 8% e Super Ativador Detapex de 20 a 60 seg, movimentação das peças de 2 a 6 vaivém em sentido longitudinal em relação ao banho, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts.

Controle: verificação da concentração do banho por meio da medição da densidade ≥ 7 , Troca mensal da solução;

8. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

9. Niquelação com "Níquel Strike", tempo de imersão de 30 a 120 seg, temperatura de 36 a 40 °C, capacidade do banho 300 lts, Agitação por ar.

Controle: observar se existe alguma anomalia na deposição da camada de níquel no corpo de prova, verificar o pH do banho, $\text{pH} \leq 2$, pH ótimo $\cong 1.5$ (massa total depositada 0,007 g);

10. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, temperatura ambiente, capacidade do banho 300 lts;

11. Niquelação com "Níquel Eletrolítico Brilhante", concentração 500 ml/800lts, tempo de imersão de 5,5 min para a alpaca e 1 min para o latão, movimentação das peças; polidas, para hastes e lâminas, para o resto parada, temperatura do banho de 50 a 55 °C, capacidade do banho 800lts, densidade de corrente de 20 a 100 A/dm², tensão 5 Volts.

Controle: Camada mínima depositada 0,031 gramas para a alpaca e o latão (de acordo as especificações da ordem de fabricação), pH do banho, pH entre 4, e 4,4, densidade do banho 25 °Be fazer verificação visual da deposição da camada no corpo de prova;

12. Lavagem com água corrente de 5 a 10 seg, a temperatura ambiente, capacidade do banho 280 lts;

13. Secagem das peças em centrífuga e/ou estufa a uma temperatura máxima de 80 °C.

Controle: **Depois de realizados** os testes (item 9 e 11.) no corpo de prova, fazer uma inspeção por atributos procurando na peça defeitos como riscos, porosidades, manchas, sinal de choque e eventuais deformações da peça, etc. de forma visual (se possível com ajuda de uma lente de aumento 100 vezes) e/ou tátil, (massa total depositada 0,038 g).

A FIGURA 14 apresenta o ciclo de operação para a Niquelagem.

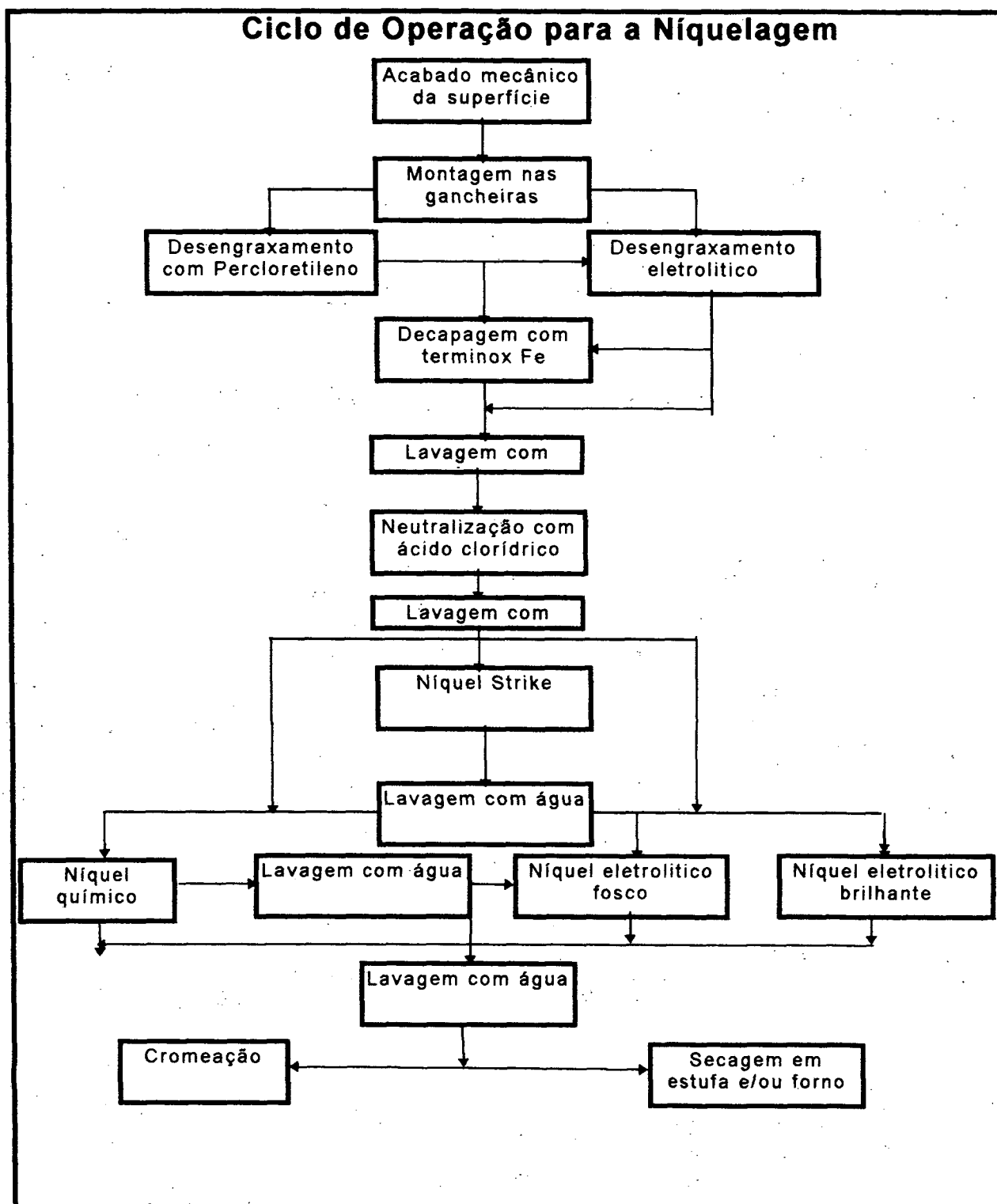


FIGURA 14: Ciclo de operação para a Niquelagem

5.4.5 Educação e Treinamento dos Funcionários

Nesta fase, a educação e o treinamento dos funcionários, consistiu basicamente no envolvimento destes em todas as etapas da padronização dos circuitos operatórios e, ao mesmo tempo, na realização de palestras dentro e fora da área de serviço.

5.5 Resultados

O modelo proposto para a padronização do circuito operatório de um sistema de galvanoplastia, foi elaborado, em conjunto com os operadores e o supervisor do setor, da empresa KAVO DO BRASIL S.A. Os circuitos operatórios e a descrição dos processos de galvanoplastia foram redigidos no estilo da empresa. Entretanto, surgiram problemas, como a falta de equipamentos para realizar as medições, obrigando a equipe de trabalho a deslocar-se para outras empresas e nelas realizar as medições pretendidas. No caso das medições só se teve acesso a medidas de peso, tendo-se que recorrer a fazer transformações de espessura de camada para massa depositada (estes fatores de conversão foram cedidos pela Associação Brasileira de Tratamento Superficial (ABTS)). No caso específico do alumínio não foi possível fazer a padronização dos seus circuitos operatórios devido a inexistência de fatores de conversão e de aparelhagem para fazer as medições.

Como resultados obtidos, além da padronização do circuito operatório do sistema de galvanoplastia da empresa, cita-se:

- Especificação para os tratamentos de Zinco, Cromo, Níquel, Alumínio;
- Estabelecimento das respectivas curvas de deposição metálica para os seguintes substratos e seus respectivos tratamentos:

Ferro: Cromação Dura e Zincagem;

Latão: Níquelagem Eletrolítica e Química, Cromo Preto e Decorativo;

Alpaca: Níquelagem Eletrolítica e Química, Cromo Preto e Decorativo;

- Confeccionaram-se um total de 14 Fichas Técnicas das Condições de operação para os banhos. (ver **TABELA 32**)
- A implementação um quadro de triagem de problemas qualitativos e quantitativos no setor de galvanoplastia, (ver **TABELA 33**)

Obtendo-se os seguintes resultados:

Identificação dos tipos de **defeitos mais freqüentes**: rebarbas, solda Porosa, peça deformada, matéria prima; manchas, mal fosqueada, sinal de choque, suja de tinta, problemas de usinagem, riscos.

Identificação **das referências (itens) mais afetadas**: capas, remotart, tampa, joelho, cabeça, terminal, corpo.

Identificação **dos setores de onde se originam estes problemas**: solda, usinagem, almoxarifado, pré-tratamento, galvanica.

- Atualização mensal de num mural das análises estatísticas levantadas através do quadro de triagem de problemas qualitativos e quantitativos de produção, visando com isto mostrar e conscientizar os colaboradores do setor em relação as boas práticas da qualidade e as conseqüências econômicas que pode acarretar a má qualidade de um serviço mal feito.
- formação de **Arquivos Históricos** (não existiam), para obter parâmetros de comparação com base nas observações atuais e as passadas. Objetivando o estabelecimento dos **índices de desempenho** desse setor.
- A adoção de um relatório mensal o qual teve como conseqüência a incorporação das funções das equipes multifuncionais, as equipes de melhoria continua já existentes. Segundo CHEMTECH vol 23 (1993, p.45) as equipes multifuncionais, são equipes de trabalho formadas por membros de diferentes setores e departamentos, que tenham problemas em comum a seus

processos produtivos. Um dos resultados da formação de "Equipes Multifuncionais", foi a redução do **tempo** de montagem do terminal a cuspideira de porcelana em mais de **75%**, e ao mesmo tempo se conseguiu fazer uma economia na simplificação do dispositivo de montagem de **20,19%** em relação ao dispositivo original.

- **Padronização dos seguintes circuitos operatórios:**
 - Zincagem do Ferro;
 - Cromeação Brilhante Decorativa;
 - Cromeação Preta;
 - Cromeação Dura;
 - Niquelação Química;
 - Niquelação Eletrolítica Brilhante;
 - Niquelação Fosca;
 - Niquelação Química e Fosca.
- A determinação da massa depositada por peça tratada, dando com isto subsídios necessários para fazer uma relação ótima do custo mínimo da camada protetora versus a proteção mínima anticorrosiva, que seus produtos podem ter.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

O desenvolvimento desta pesquisa abordou predominantemente três questões:

O papel que desempenha a padronização no desenvolvimento industrial, a importância relativa que essa representa no contexto da qualidade total e as suas principais vantagens e desvantagens.

Uma revisão geral sobre galvanoplastia, destacando nessa, os principais conceitos sobre: pré-tratamento, a eletrodeposição de metais propriamente dito e a sua importância nas indústrias de alta tecnologia.

A proposta de um modelo para a padronização de um circuito operatório de galvanoplastia, tomando em consideração os principais conceitos de qualidade e eletrodeposição metálica e a sua posterior posta em prática num estudo de caso. Conclui-se finalmente:

O modelo proposto para a padronização do circuito operatório de um sistema de galvanoplastia, foi elaborado, em conjunto com os operadores e o supervisor do setor, da empresa KAVO DO BRASIL S.A.. Os circuitos operatórios e a descrição dos processos de galvanoplastia foram redigidos no estilo da empresa. Entretanto, surgiram problemas, como a falta de equipamentos para realizar as medições, obrigando a equipe de trabalho a deslocar-se para outras empresas e nelas realizar as medições pretendidas. No caso das medições só se teve acesso a medidas de peso, tendo-se que recorrer a fazer transformações de espessura de camada para massa depositada (estes fatores de conversão foram cedidos pela Associação Brasileira de Tratamento Superficial (ABTS)). No caso específico do alumínio não foi possível fazer a

padronização dos seus circuitos operatórios devido a inexistência de fatores de conversão e de aparelhagem para fazer as medições.

6.2 Recomendações

Recomenda-se para futuros trabalhos determinar, através da Matriz de Experimentos usando Arranjos Ortogonais (Métodos TAGUCHI), os efeitos de variação nas características de produtos ou dos parâmetros de processo para a eletrodeposição metálica, sobre as diversos substratos citados neste trabalho. Quanto a determinação dos efeitos, sugerimos que sejam levantados nos seguintes parâmetros:

- Temperatura;
- Densidade de corrente;
- Concentração do eletrólito;
- Tempo de eletrodeposição metálica.

Estudos sobre levantamento final de custos podem prover informações relevantes para a padronização dos setores de galvanoplastia nas indústrias, principalmente nas peças tratadas por meio de eletrodeposição metálica.

Outros trabalhos de importância dizem respeito ao levantamento de custos ocasionados pela má qualidade da eletrodeposição metálica em diferentes substratos, quer a nível de empresa quer a nível macro.

Bibliografia

- ASTM B 456 - 79 Standard Specification for Electrodeposited Engineering Coatings of Copper Plus Nickel Plus Chromium and Nickel Plus Chromium, Catalog - 1994 American National Standard.**
- ASTM B 580 - 79. Standard Specification for Anodic Oxide Coatings on Aluminium, Catalog - 1994 American National Standard.**
- ASTM B 633 - 78. Standard Specification for Electrodeposited Engineering Zinc Coatings on Ferrous Substrates, Catalog - 1994 American National Standard.**
- ASTM B 650 - 78. Standard Specification for Electrodeposited Engineering Chromium Coatings on Ferrous Substrates, Catalog - 1994 American National Standard.**
- ASTM B 680 - 80 Standard Specification for Seal Quality of Anodic Coatings on Aluminium by Acid Dissolution, Catalog - 1994 American National Standard.**
- ASTM B 689 - 81. Standard Specification for Electrodeposited Engineering Nickel Coatings, Catalog - 1994 American National Standard.**
- BENJAMIN, J. R. Probabilidade y Estadística en Ingeniería Civil, Macgraw Hill Latino-Americana s.a. 1981 Bogotá Colombia.**
- BUSSAB, W. e MORETTIN, P. A. Estatística Básica, 1987, São Paulo.**
- CABRAL. e RAIMANN. Galvanização sua Aplicação em Equipamento Elétrico, Ao Livro Técnico s/a Indústria e Comercio, Rio de Janeiro, 1979,**
- CAMPOS, V. F. Qualidade Total Padronização de Empresas, Fundação Christiano Ottoni. 1991 Belo Horizonte. M.G.**
- CASTRO, C. M. A Prática da Pesquisa, Macgraw-Hill. 1977 São Paulo.**
- CECCHINI, M. A. G. Proteção Contra a Corrosão, Senai-SP. DMD. 1990 São Paulo.**

- CHEMTECH. The Magazine of Chemical Science, Tecnology, and Innovation** September 1993, Published by American Chemical Society vol. # 23(1993), Washington, D.C USA.
- CHEMTECH. The Magazine of Chemical Science, Tecnology, and Innovation** July 1994, Published by American Chemical Society vol. # 24(1993), Washington, D.C USA.
- CSILLAG, J. M. Análise de Valor: Metodologia do Valor**, Editora Atlas S.A. 1991 São Paulo.
- DEMING, W. E. Qualidade: A Revolução da Administração**, Marques-Saraiva, 1990 Rio de Janeiro.
- DIRCEU, M. A Estratégia para a Competitividade**, Artes Gráficas Ltda. 1989 São Paulo.
- DURNEY, J. L. Handbook for Solving Plating Problems**, 1983 Cincinnati Ohio. U.S.A.
- DURNEY, J. L. Eletroplating Engineering Handbook**, Fourth Edition. 1984 New York. N.Y. U.S.A.
- ENGELBERG, J. Noções Fundamentais de Galvanotécnica**, Editora Campos, Ltda 1967 São Paulo.
- FÓLDES, P. A. Galvanotécnica Prática I**, Editora da Universidade de São Paulo. Editora Polígono. 1974 São Paulo.
- FÓLDES, P. A. Galvanotécnica Prática II**, Editora da Universidade de São Paulo. Editora Polígono. 1974 São Paulo.
- GEORGE, S. O Sistema Baldrige da Qualidade**, Makron Books. 1993 São Paulo.
- GIL, A. L. Qualidade Total nas Orgnizações**, Atlas. 1992 São Paulo.
- GITLOW, H. S. Planejando a Qualidade, a Produtividade; e a Competividade**, QualityMark Editora Ltda. 1993 Rio de Janeiro.
- HACH, COMPANY. Handbook for Analysis of Surface Finishing Solution**, 1987 Loveland, Colorado. U.S.A.
- HAMER, M. e CHAMPY, J. Reengenharia: Revolucionando a empresa em Função dos clientes da Conorrência e das Grandes Mudanças da Gerência**, Campos. 1994 Rio de Janeiro.
- HERSEY, P. e BLANCHARD, K. Psicologia para Administradores**, Editora Pedagógica e Universitária. 1986 São Paulo.
- HRADESKY, J. L. Aperfeiçoamento da Qualidade e da Produtividade**, Macgraw-Hill. 1989 São Paulo.

- INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA, CENTRO DE CURSOS EXTRACURRICULARES DE ENGENHARIA E ADMINISTRAÇÃO. **Controle de Banhos Eletrolíticos por Meio da Célula de Hull**, São Pulo 1989.
- ISHIKAWA, K. **Controle de Qualidade Total a Maneira Japonesa**, Editora Campus Ltda. 1993 Rio de Janeiro.
- ISO 1456. 1988. **Metallic Coating - Electrodeposited Coatings of (Ni + Cr) e (Cu + Ni + Cr)**, 1992. International Organization for Standardization. ISO Catalogue 1993 - Geneve.
- ISO 1458. 1988. **Metallic Coating - Electrodeposited Coatings of Ni**, 1992. International Organization for Standardization. ISO Catalogue 1993 - Geneve.
- ISO 1462. 1973. **Metallic Coating - Coatings other than those Anodic to the Basis Metal - Accelerated Corrosion Test - Method for the Evaluation of the Results**, International Organization for Standardization. ISO Catalogue 1993 - Geneve.
- ISO 2064. 1980. **Metallic and other non - Organic Coatings Definitions and Conventions Concerning the Measurement of Thickness**, International Organization for Standardization. ISO Catalogue 1993 - Geneve.
- ISO 2081. 1986. **Metallic Coatings - Electrodeposited Coatings of Zn on Iron or Steel**, International Organization for Standardization.
- JOINER ASSOCIATES INC. MANAGEMENT CONSULTANTS. **Times da Qualidade; Como Usar Equipes para Melhorar a Qualidade**, QualityMark Editora. 1993 Rio de Janeiro.
- JURAN, J. M. e GRINA, F. M. **Juran Controle da Qualidade Handbook, Métodos Estatísticos Clássicos Aplicados à Qualidade**, Makron Books Macgraw-Hill. 1993 São Paulo.
- JURAN, J. M. e GRINA, F. M. **Juran Controle da Qualidade Handbook, Qualidade em Diferentes Sistemas de Produção**, Makron Books Macgraw-Hill. 1993 São Paulo.
- JURAN, J. M. e GRINA, F. M. **Juran Controle da Qualidade Handbook, Ciclo dos Produtos do Projeto à Produção**, Makron Books Macgraw-Hill. 1993 São Paulo.
- JURAN, J. M. e GRINA, F. M. **Juran Controle da Qualidade Handbook, Conceitos, Políticas e Filosofia da Qualidade**, Makron Books Macgraw-Hill. 1993 São Paulo.

- LEVY, L. F. **Balanço Anual Santa Catarina 94/95**, Setembro 1994. Gazeta Mercantil S.A. 1994 São Paulo.
- MACHLINE, C. **Manual de Administração da Produção I**, Editora da Fundação Getulio Vargas. 1986 Rio de Janeiro.
- MACHLINE, C. **Manual de Administração da Produção II**, Editora da Fundação Getulio Vargas. 1986 Rio de Janeiro.
- MALLORY, G. **Electroless Plating: Fundamentals and Applications**, by American Electroplaters and Surface Finishers Society, AESF. 1990 Orlando Florida. U.S.A.
- MAURITI, M. **ISO Série 9000 Manual de Implementação**, QualityMark. 1993 Rio de Janeiro.
- METAL and PLASTICS PUBLICATIONS, Inc. **Metal Finishing**, 56th, 1988 Mackensack, N.J. U.S.A.
- MEYER, P. L. **Probabilidade; Aplicações à Estatística**, Ltc. 1984 Rio de Janeiro.
- New Coating + Surface Finishing**, World Business publications Ltda. 1994 London England.
- PALADINI, E. P. **Controle da Qualidade: Uma Abordagem Abrangente**, Editora Atlas. 1990 São Paulo.
- SIERRA, A. **Cromado Duro**, 1957 Bilbao España.
- SOCIEDADE AMERICANA PARA O CONTROLE DA QUALIDADE, DIVISÃO DE INDÚSTRIAS QUÍMICAS E DE PROCESSO, COMITÊ DE INTERESSE QUÍMICO GARANTIA DA QUALIDADE PARA INDÚSTRIAS QUÍMICAS E DE PROCESSO. **Um Manual de Boas Práticas**, QualityMark Editora Ltda. 1993 Rio de Janeiro.
- SPENDOLINI, M. J. **Benchmarking**, Makron Books, 1993 São Paulo.
- TEBUL, J. **Gerenciando a Dinâmica da Qualidade**, QualityMark. 1991 Rio de Janeiro.
- TOLEDO, J. C. **Qualidade INDUSTRIAL**, Atlas. 1987 São Paulo.
- TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE**. Janeiro/Fevereiro 1994, Associação Brasileira de Tratamento Superficial. 1994 São Paulo.
- TREGOE, K. **Deteção Analítica de Falhas (DAF)**, 1975 São Paulo.
- WALTON, M. **O Método Deming de Administração**, Marques-Saraiva, 1990 Rio de Janeiro.
- WEBER, J. and BIESTEK, T. **Electrolytic and Chemical Conversion Coatings**, Wydawnictwa Naukowe Techniczne. 1976 Poland.

WILEY, A. **Modern Eletroplating**, Third Edition, 1974 Heim
Princeton, N. J. U.S.A.

ANEXOS

Anexo 1

Órgãos de Padronização

- BRITISH STANDARDS INSTITUTION BSI
- INSTITUTO DE PADRÕES ALEMÃES DIN
- UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION UNIDO
- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION ISO
- INTERNACIONAL ELECTROTECNICAL COMISSION IEC
- ALLIED QUALITY ASSURANCE PUBLICATION AQAP/OTAN
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS ASTM
- SOCIETY FOR AUTOMOTIVE ENGENEERS SAE
- UNDERWRITER'S LABORATOIES UL
- AMERICAM NATIONAL STANDARDS INSTITUTE ANSI
- NACIONAL BUREAU OF STANDARDS
- JAPAN STANDARD ASSOCIATION
- JAPAN INDUSTRIAL STANDARDS JIS

Anexo II

Orgãos de Homologação

- BRITISH STANDARDS INSTITUTION BSI
- FUNDAÇÃO PARA O TESTE DO PRODUTO (STIFTUNNG WARENTEST). ALEMANHA
- NORMALE FRANÇAIS NF/AFNOR
- INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION/INTERNATIONAL TRADE CENTER (ISO/ITC/CERTICO)
- UNDERWRITER'S LABORATOIES UL
- JAPAN STANDARD ASSOCIATION
- JAPAN INDUSTRIAL STANDARDS JIS

Anexo III

Método 5W 1H

O 5W 1H é um "check-list" utilizado para garantir que a operação seja conduzida sem nenhuma dúvida por parte da chefia ou dos subordinados.

5W 1H	Significado	Definição
WHAT	que	(Assunto) Que operação é esta?, Qual é o Assunto?
WHO	quem	Quem conduz esta operação?, Qual o departamento responsável?
WHERE	onde	Onde a operação será conduzida?, Em que lugar?
WHEN	quando	Quando esta operação será conduzida?, A que horas?, Com que prioridade?
WHY	porque	Por que esta operação é necessária?, Ela pode ser omitida?
HOW	como	(Método) como conduzir esta operação?, De que maneira?

Fonte: Campos(1993)

Anexo IV

Forma Final das Curvas de Eletrodeposição Metálica

Tabela para Tempo de Eletrodeposição Metálica para as Espessuras e as Massas

Tabela da Espessura (Milímetros) para a Cromação Preta do Alumínio (Equação linear)											
Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet
1	-0.0011	11	0.0032	21	0.00753	31	0.01183	41	0.01613	51	0.02043
2	-0.0006	12	0.0037	22	0.00796	32	0.01226	42	0.01656	52	0.02086
3	-0.0002	13	0.0041	23	0.00839	33	0.01269	43	0.01699	53	0.02129
4	0.00022	14	0.0045	24	0.00882	34	0.01312	44	0.01742	54	0.02172
5	0.00065	15	0.005	25	0.00925	35	0.01355	45	0.01785	55	0.02215
6	0.00108	16	0.0054	26	0.00968	36	0.01398	46	0.01828	56	0.02258
7	0.00151	17	0.0058	27	0.01011	37	0.01441	47	0.01871	57	0.02301
8	0.00194	18	0.0062	28	0.01054	38	0.01484	48	0.01914	58	0.02344
9	0.00237	19	0.0067	29	0.01097	39	0.01527	49	0.01957	59	0.02387
10	0.0028	20	0.0071	30	0.0114	40	0.0157	50	0.02	60	0.0243
			RQ=		0.9232						
			Coe.Co=		0.9608						
			Inclina=		0.0004						
			Interce=		-0.0015						
Tabela da Massa (Gramas) para a Cromação Preta do Alumínio (Equação linear)											
Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas
1	0.01249	11	0.0319	21	0.05129	31	0.07069	41	0.09009	51	0.10949
2	0.01443	12	0.0338	22	0.05323	32	0.07263	42	0.09203	52	0.11143
3	0.01637	13	0.0358	23	0.05517	33	0.07457	43	0.09397	53	0.11337
4	0.01831	14	0.0377	24	0.05711	34	0.07651	44	0.09591	54	0.11531
5	0.02025	15	0.0397	25	0.05905	35	0.07845	45	0.09785	55	0.11725
6	0.02219	16	0.0416	26	0.06099	36	0.08039	46	0.09979	56	0.11919
7	0.02413	17	0.0435	27	0.06293	37	0.08233	47	0.10173	57	0.12113
8	0.02607	18	0.0455	28	0.06487	38	0.08427	48	0.10367	58	0.12307
9	0.02801	19	0.0474	29	0.06681	39	0.08621	49	0.10561	59	0.12501
10	0.02995	20	0.0494	30	0.06875	40	0.08815	50	0.10755	60	0.12695
			RQ=		0.9486						
			Coe.Co=		0.974						
			Inclina=		0.0019						
			Interce=		0.0106						

Tabela para Tempo de Eletrodeposição Metálica para as Espessuras e as Massas

Tabela da Espessura (Milímetros) para a Anodização Cor Preta do Alumínio (Equação linear)											
Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet	Minutos	Milimet
2	-0.0019	22	-0.0003	42	0.00134	62	0.00298	82	0.00462	102	0.00626
4	-0.0018	24	-0.0001	44	0.00151	64	0.00315	84	0.00479	104	0.00643
6	-0.0016	26	3E-05	46	0.00167	66	0.00331	86	0.00495	106	0.00659
8	-0.0014	28	0.0002	48	0.00184	68	0.00348	88	0.00512	108	0.00676
10	-0.0013	30	0.0004	50	0.002	70	0.00364	90	0.00528	110	0.00692
12	-0.0011	32	0.0005	52	0.00216	72	0.0038	92	0.00544	112	0.00708
14	-0.001	34	0.0007	54	0.00233	74	0.00397	94	0.00561	114	0.00725
16	-0.0008	36	0.0009	56	0.00249	76	0.00413	96	0.00577	116	0.00741
18	-0.0006	38	0.001	58	0.00266	78	0.0043	98	0.00594	118	0.00758
20	-0.0005	40	0.0012	60	0.00282	80	0.00446	100	0.0061	120	0.00774
			RQ=		0.7223						
			Coe.Co=		0.8499						
			Inclina=		8E-05						
			Interce=		-0.0021						
Tabela da Massa (Gramas) para a Anodização Cor Preta do Alumínio (Equação linear)											
Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas	Minutos	Gramas
2	0.00046	22	0.0027	42	0.00486	62	0.00706	82	0.00926	102	0.01146
4	0.00068	24	0.0029	44	0.00508	64	0.00728	84	0.00948	104	0.01168
6	0.0009	26	0.0031	46	0.0053	66	0.0075	86	0.0097	106	0.0119
8	0.00112	28	0.0033	48	0.00552	68	0.00772	88	0.00992	108	0.01212
10	0.00134	30	0.0035	50	0.00574	70	0.00794	90	0.01014	110	0.01234
12	0.00156	32	0.0038	52	0.00596	72	0.00816	92	0.01036	112	0.01256
14	0.00178	34	0.004	54	0.00618	74	0.00838	94	0.01058	114	0.01278
16	0.002	36	0.0042	56	0.0064	76	0.0086	96	0.0108	116	0.013
18	0.00222	38	0.0044	58	0.00662	78	0.00882	98	0.01102	118	0.01322
20	0.00244	40	0.0046	60	0.00684	80	0.00904	100	0.01124	120	0.01344
			RQ=		0.4469						
			Coe.Co=		0.6685						
			Inclina=		0.0001						
			Interce=		0.0002						

