



Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

JÓIAS EM AÇO INOXIDÁVEL  
Proposta para produção artesanal

Ana Paula Fernandes Rosa

Florianópolis

2006



Universidade Federal de Santa Catarina  
Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

JÓIAS EM AÇO INOXIDÁVEL  
Proposta para produção artesanal

Ana Paula Fernandes Rosa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção com concentração em Ergonomia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Leila Amaral Gontijo  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis

2006

Ana Paula Fernandes Rosa

Jóias em aço inoxidável: modelo para confecção artesanal de jóias

Esta dissertação foi julgada adequada à obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPEGP) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 17 de março de 2006.

---

Profº. Edson Pacheco Paladini, Dr.

Coordenador do PPEGP

BANCA EXAMINADORA

---

Profº. Leila Amaral Gontijo, Dra.

Orientador – PPEGP – UFSC

---

Profº. Alexandre Amorim dos Reis, Dr.

---

Profº. Eugênio Andrés Diaz Merino, Dr.

---

Profª Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dra.

## DEDICATÓRIA

---

Dedico este trabalho a Fábio, meu parceiro e sempre companheiro, aos meus pais, Darlan e Maria Célia, a minha família e a todos aqueles que estiveram presentes, incentivando para que eu pudesse alcançar os meus objetivos.

## AGRADECIMENTOS

---

Aos meus pais, agradeço pelo incentivo, por me apoiarem, acreditarem nos meus sonhos e apostarem nele.

Pela obra do meu pai, que serve de inspiração para este trabalho.

Aos meus irmãos, pelo estímulo e apoio apesar da grande distância.

Ao Fábio, agradeço por sua compreensão, força e paciência, durante todo este período.

Aos meus amigos, que mesmo de longe, contribuíram de alguma forma, com palavras de entusiasmo e por torcerem para que eu não desistisse.

À Professora Leila Amaral Gontijo, minha orientadora, agradeço pelo esforço e auxílio durante a realização deste estudo.

A Deus por suas bênçãos e sua fortaleza.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

## RESUMO

---

Rosa, Ana Paula Fernandes. **Jóias em aço inoxidável: modelo para confecção artesanal de jóias**. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Ergonomia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 96p.

Este estudo tem como finalidade apresentar um modelo de confecção artesanal de jóias em aço inoxidável a fim de acrescentar conhecimento sobre o assunto. O interesse em explorar o aço inoxidável como matéria-prima base na produção artesanal de jóias surge da observação do emprego deste material nas artes plásticas e do resultado obtido na construção de esculturas. Para tanto, foi realizado um levantamento referencial teórico sobre a jóia tradicional, o seu processo de confecção, ferramentas e metais utilizados. A seguir, feita uma pesquisa sobre o aço inoxidável onde são exploradas as características, as propriedades físicas e as suas diversas aplicações.

Pela ausência de referencial bibliográfico sobre a confecção artesanal de jóias em aço inoxidável, esta pesquisa buscou suporte no trabalho que um artista plástico desenvolveu para produzir obras de artes utilizando o mesmo metal. O objetivo desta investigação foi analisar as técnicas e procedimentos adotados pelo artista plástico e partir desta compreensão sistematizar os procedimentos para confecção artesanal de protótipos de jóias em aço.

Palavras-chave: jóias tradicionais, jóias em aço inoxidável, processo produtivo.

## ABSTRACT

---

Rosa, Ana Paula Fernandes. **Jóias em aço inoxidável: modelo para confecção artesanal de jóias.** Florianópolis, 2006. Dissertation (Master in Ergonomics) – Post-Graduation in Production Engineering Program, Universidade Federal de Santa Catarina, 96p.

The goal of this study is to present a standard model for the production of handmade stainless steel jewelry, built on previous field knowledge. The interest in exploring stainless steel as a medium for the production of jewelry derives from its observed occurrence in the visual arts and the results obtained from the production of stainless steel sculptures.

The research results were obtained through a theoretic survey on traditional jewelry, jewelry making, jewelry tools, and related metals. The researcher also conducted a study on the nature of stainless steel, revealing the characteristics, physical properties and applicability of the metal.

Due to the absence of previous bibliographic references connecting stainless steel to jewelry manufacturing, the researcher based her findings on a sculptor's technical knowledge of stainless steel, developed to the production of his own artwork. The research aimed to analyze the techniques and procedures adopted by the artist. The findings of this collaboration generated a model for the production of a handmade prototype stainless steel jewelry.

**Keywords:** Traditional jewelry, stainless steel jewelry, productive process.

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 01 – Efeito do teor crescente de Cr na resistência á corrosão atmosférica de ligas Fé-Cr . . . . .	38
Fig. 02 – Curva de tensão X deformação . . . . .	54
Fig. 03 – Comportamento estrutural dos aços . . . . .	54
Fig. 04 – Curvas de encruamento . . . . .	56
Fig. 05 – Diagrama de transformação dos aços . . . . .	57
Fig. 06 – Esquema básico de tocha de plasma . . . . .	61
Fig. 07 – Esquema básico de equipamento de corte LASER . . . . .	62
Fig. 08 – Diagrama de tipos de soldagem . . . . .	64
Fig. 09 – Exposição de Cergy, França . . . . .	66
Fig. 10 – Mesa de corte e tocha de plasma . . . . .	68
Fig. 11 – Esmeril e furadeira . . . . .	68
Fig. 12 – Guilhotina . . . . .	69
Fig. 13 – Escultura em aço inoxidável tipo AISI 304, com 200cm de diâmetro . . . . .	70
Fig. 14 – Escultura em aço inoxidável tipo AISI 304, com 200cm de diâmetro. Colocada em frente ao Colégio Marista, Brasília-DF . . . . .	70
Fig. 15 – esfera em aço carbono, com 100cm de diâmetro. Localizada no saguão Blue Tree Hotel, em Brasília-DF . . . . .	71
Fig. 16 – esferas em aço carbono, com 220cm de diâmetro. Localizada no jardim em frente ao Memorial JK, em Brasília-DF . . . . .	71
Fig. 17 – Escultura em 2D, aço inoxidável tipo AISI 430, colocada em caixa-moldura de 30 X 30cm e escultura em 2D, aço inoxidável tipo AISI 430, com 50cm de diâmetro. . . . .	72
Fig. 18 – Esfera em aço inoxidável, tipo AISI com 70 X 70 X 500cm . . . . .	72
Fig. 19 – Pulseira em aço inoxidável, coleção Duo masculina . . . . .	76
Fig. 20 – Pulseira em aço inoxidável da coleção <i>Trendsetter</i> . . . . .	76



Fig. 21 – Pingente em aço inoxidável com aplicação em ouro no centro, coleção Duo feminina . . . . .	77
Fig. 22 – Pingente em aço inoxidável com aplicação em ouro, preso a cordão de couro, com fechamento co cubo de aço inoxidável deslizante, <i>S. Tropez</i> , série <i>Solid</i>	77
Fig. 23 – Pingente em aço inoxidável, coleção duo feminina . . . . .	78
Fig. 24 – Pingente em aço inoxidável com brilhantes, preso a cordão de couro, coleção <i>details</i> , série <i>Freestyle</i> . . . . .	78
Fig. 25 – Brinco em aço inoxidável com detalhes em ouro, coleção Duo feminina .	79
Fig. 26 – Desenho para bracelete BOLAS . . . . .	83
Fig. 27 – Desenho para bracelete ONDAS . . . . .	83
Fig. 28 – Desenho para bracelete FREQUÊNCIA . . . . .	83
Fig. 29 – Desenho para bracelete PÉROLAS . . . . .	83
Fig. 30 – Desenho para a pulseira AMEBAS . . . . .	84
Fig. 31 – Bracelete BOLAS . . . . .	86
Fig. 32 – Bracelete ONDAS . . . . .	86
Fig. 33 – Bracelete FREQUÊNCIA . . . . .	87
Fig. 34 – Bracelete PÉROLAS . . . . .	87
Fig. 35 – Bracelete AMEBAS . . . . .	87

**LISTA DE QUADROS**

---

Quadro 01 – Representação esquemática dos aços inoxidáveis e resistentes ao calor conforme classificação AISI . . . . .	43
Quadro 02 – Tipos AISI de aços inoxidáveis martensíticos mais conhecidos, suas características e aplicações mais comuns . . . . .	44
Quadro 03 – Tipos AISI de aços inoxidáveis ferrítico mais conhecidos, suas características e aplicações mais comuns . . . . .	45
Quadro 04 – Tipos AISI de aços inoxidáveis austenítico mais conhecidos, suas características e aplicações mais comuns . . . . .	46
Quadro 05 – Resistência à corrosão relativa. (conforme NBR 6847/81) . . . . .	49
Quadro 06 – Acabamentos superficiais . . . . .	50
Quadro 07 – Estampagem . . . . .	58
Quadro 08 – Dobramento . . . . .	58
Quadro 09 – Curvamento . . . . .	58
Quadro 10 – Furação . . . . .	59
Quadro 11 – Jóias tradicionais X aço . . . . .	80

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b>	13
<b>1.1 Considerações iniciais</b>	13
<b>1.2 Justificativa</b>	14
<b>1.3 Pressuposto e questões do estudo</b>	15
<b>1.4 Objetivos</b>	16
1.4.1 Objetivo geral	16
1.4.2 Objetivos específicos	16
<b>1.5 Metodologia da pesquisa</b>	16
<b>1.6 Etapas do procedimento metodológico</b>	17
1.7 Organização do estudo	19
<b>CAPÍTULO 2</b>	21
<b>2.1 Arte, artesanato, produção artesanal, industrializada e design</b>	21
<b>2.2 A jóia como a conhecemos</b>	23
2.1.1 O processo tradicional de confecção de uma jóia.	26
2.1.2 Os metais nobres como matéria-prima	26
2.1.3 Etapas do processo de execução de uma jóia	30
2.1.4 Profissionais da área de joalheria	34
<b>2.3 Aço Inoxidável</b>	36
2.3.1 O papel do cromo e a passividade.	37
2.3.2 Principais atributos e aplicações do aço inoxidável	40
2.3.3 Classificação e características dos aços inoxidáveis	41
2.3.3.1 Aços inoxidáveis martensíticos	43
2.3.2 Aços inoxidáveis ferríticos	44
2.3.3 Aços inoxidáveis austeníticos	45
2.3.4 Seleção do aço inoxidável.	48
2.3.4.1 Acabamento superficial	50
2.3.4.2 Limpeza e manutenção	51
2.3.4.3 Formatos, tamanhos e tipos AISI disponíveis no mercado brasileiro	51
2.3.5 Operações de modificação dos metais ferrosos	52
2.3.5.1 Conformação plástica	57
2.3.5.2 Processos de corte	59
2.3.5.3 Soldas	63

<b>CAPÍTULO 3</b>	83
<b>3.1 Aplicação do aço nas artes plásticas: uma situação de referência</b>	84
3.1.1 O ambiente de trabalho	85
3.1.2 Ferramentas e equipamentos	85
3.1.3 Desmontando e remontando a obra	88
<b>3.2 Um teste com jóia em Aço Inoxidável</b>	95
3.2.1 Um teste do uso do aço inoxidável na confecção artesanal de jóias	98
3.2.2 Delimitando o estudo: braceletes em aço inoxidável	99
3.2.3 Desenvolvimento dos braceletes	100
<b>3.3 Desafios e dificuldades</b>	105
<b>CAPÍTULO 4</b>	107
<b>4.1 Conclusões finais.</b>	107
<b>4.2 Sugestões para novos estudos.</b>	110
<b>REFERÊNCIAS</b>	111

## CAPÍTULO 1

---

### 1.1 Considerações iniciais

A joalheria é considerada a mais antiga das artes decorativas, sendo difícil precisar há quantos milênios antes da Era Cristã o ser humano se relaciona com a matéria na produção de objetos e jóias. O primeiro relato de uma jóia foi feito há mais de 7 mil anos.

Escavações arqueológicas constataram que as primeiras jóias eram feitas de conchas, fósseis e ossos de animais; desde a pré-história além da função ornamental, as jóias conotavam o status da pessoa, já que apenas os líderes portavam colares com dentes e chifres das presas abatidas pelo grupo, como símbolo de vitória. (NOEBAUER,2004)

Com a descoberta dos metais e pedras preciosas, a jóia ganha valor particularmente social. Esta particularidade permanece até meados do século XVIII quando “sob influência das Belas Artes na Europa e dos movimentos artísticos da época, a joalheria assume um valor artístico mais consciente de sua preciosidade como criação e assim a bijuteria renasce e ascende” (NOEBAUER, 2004). Ainda no século XX, ao falar em jóia a idéia que vem à mente é de uma peça confeccionada em ouro, cravada com pedras preciosas.

A joalheria contemporânea vem da arte e do ofício tradicional da ourivesaria onde o trabalho é essencialmente artesanal. As ferramentas e as técnicas usadas pelos ourives, nos dias atuais, são semelhantes às empregadas há séculos atrás.

A pesquisa na área de joalheria, bem como em todas as áreas deve ser permanente. Mesmo depois de anos de estudo, ainda assim, novidades irão surgir. Novos conceitos devem ser agregados aos conhecimentos já existentes e assim servir como estímulo para a criação de um novo produto.

A procura por novos materiais seja pela escassez ou pela busca harmoniosa com a natureza, traz para a realidade da joalheria uma nova concepção para jóia, onde não apenas o

ouro, a prata, agregados a pedras preciosas, são apreciados como peça de valor sentimental, comercial e até mesmo símbolo de uma época.

Assim como Batista (2004) comenta em seu artigo:

O requinte de uma jóia é resultado de um longo processo que envolve criatividade e design, qualidade da matéria-prima, alta tecnologia na produção do produto, profissionais especializados e perfeição no acabamento das peças da joalheria.

O mercado tem apresentado novas tecnologias no desenvolvimento de jóias e a conscientização tanto do designer como do público consumidor fez com que os joalheiros voltassem seus olhares para novos metais e para o reaproveitamento de materiais além dos metais nobres e das pedras preciosas, sempre preservando o valor e o glamour de cada peça. Estas inovações não se limitaram a pesquisa por novos materiais, mas estendendo-se a texturas, formas e cores e esta busca traz esta pesquisa a campo.

No caso desta pesquisa, é explorado o uso do aço inoxidável na produção artesanal de jóias. O interesse por este material nasce da observação dos objetos do cotidiano que usam o aço, o emprego nas artes plásticas e as constatações de seus efeitos plásticos e possibilidades de aplicação.

Com a pouca difusão das técnicas usadas na produção de jóias em aço, pretende-se desenvolver o estudo deste metal aplicado à construção de jóias. Pretende-se utilizar como referência as técnicas usadas na construção de esculturas desenvolvidas por um artista plástico.

## **1.2 Justificativa**

O interesse em explorar o aço inoxidável como matéria-prima base na produção artesanal de jóias, nasce da observação do emprego deste material nas artes plásticas e do resultado visual e estético obtido.

O aço inoxidável é um metal ferroso de baixa oxidação, baixo custo e passível de ser modelado. Este metal apresenta particularidades que requerem o conhecimento de técnicas e procedimentos específicos para o corte e a conformação e devido a estas características, compreender o material é primordial para o estudo e a verificação da aplicação do aço inoxidável às jóias.

O mercado dispõe de peças de joalheria confeccionadas em aço inoxidável, em escala industrial, no entanto estas técnicas são pouco divulgadas e pouco difundidas até mesmo entre os ourives artesanais.

### **1.3 Pressuposto e questões do estudo**

Neste estudo parte-se do princípio que o aço inoxidável pode ser usado como matéria-prima base na fabricação artesanal de jóias, considerando seu valor estético e suas características físicas.

No entanto faz-se necessário explorar as particularidades e limitações que o metal apresenta e tirar proveito de suas características, bem como conhecer as ferramentas e equipamentos disponíveis no mercado.

O comércio dispõe de jóias em aço inoxidável, confeccionadas em escala industrial, no entanto a proposta deste estudo é de contribuir para o desenvolvimento da produção artesanal de jóias em aço inoxidável. Para isto surgem as seguintes perguntas:

- o conhecimento das técnicas aplicadas à confecção tradicional de jóias podem ser aproveitadas na produção artesanal da jóia em aço?
- quais as características e propriedades do aço são favoráveis no processo produtivo artesanal de jóias e quais são limitantes?

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo analisar a aplicação do aço inoxidável como matéria-prima base na produção artesanal de jóias.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Analisar as etapas e os procedimentos da produção tradicional de jóias para servir de comparativo no modelo de produção artesanal de jóias em aço inoxidável;
- Conhecer as propriedades do aço inoxidável para aplicação na produção artesanal de jóias, identificando quais são limitantes a esta produção;
- Analisar e descrever as técnicas usadas por um artista plástico, no desenvolvimento artesanal de sua obra usando o aço inoxidável, com intenção de aplicá-las como referência na proposta de produção artesanal de jóia em aço.

## **1.5 Metodologia da pesquisa**

O método científico é a ordem que se deve impor aos diversos processos necessários para atingir um resultado desejado de uma pesquisa. É o instrumento que se serve da inteligência para descobrir relações, verdades e leis diferentes aos diversos objetos da investigação. A metodologia veio orientar a escolha dos procedimentos de coleta e análise de dados.

O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos.

A investigação científica pode ser caracterizada em diversos níveis e estágios segundo sua natureza, forma de abordagem do problema, seus objetivos e seus procedimentos.



Esta pesquisa caracteriza-se, por sua natureza como aplicada. Segundo Menezes & Silva (2001), objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos.

Quanto à forma de abordagem do problema, trata-se de pesquisa qualitativa, que de acordo com Menezes & Silva (2001) não requer uso de métodos e técnicas estatísticas. “... o ambiente natural é a frente direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave”. O pesquisador tende a analisar os dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais da abordagem.

Do ponto de vista de seus objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória. De acordo com Gil (1991) envolvem levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, análise de exemplos, entre outros exemplos. Assume, em geral, as formas de pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

## **1.6 Etapas do procedimento metodológico**

Na primeira etapa desta pesquisa foram feitos o levantamento bibliográfico sobre o que são as jóias tradicionais, o seu processo de confecção, os metais nobres aplicados e os profissionais envolvidos na fabricação.

Na fase seguinte foi feito um levantamento sobre o aço inoxidável, suas características, particularidades e aplicações. O aço apresenta peculiaridades na forma de corte e modelagem que precisaram ser bem exploradas.

Após a investigação teórica, partiu-se para uma análise do que há disponível no mercado em relação as jóias em aço com o intuito de verificar se há produção, como são, quais as variedades e o design. A observação destas jóias ganhou duas vertentes: pesquisa nas joalherias e na Internet.

As visitas às joalherias foram feitas nas cidades de Brasília e Florianópolis onde foram observadas as peças disponíveis no mercado. Foram levantados os detalhes, os desenhos, os acabamentos e as texturas, além de complementos como aplicações em ouro sobre o aço.

Com a pesquisa feita na Internet foi possível constatar que existem empresas brasileiras e estrangeiras desenvolvendo jóias em aço inoxidável, em escala industrial e que não há muita variedade de estilo e nos modelos produzidos por estas empresas.

A seguir foi feito um levantamento das metalúrgicas que trabalham com o aço inoxidável próximas à cidade de Florianópolis-SC, localizando uma na cidade de Itajaí e outra em Joinville. A metalúrgica de Itajaí foi visitada, mas ambas foram contatadas e avaliadas.

A finalidade deste levantamento e da posterior visita foi de conhecer os procedimentos adotados na manufatura do aço e os recursos que estão disponíveis.

A visita a esta metalúrgica foi importante para estabelecer quais dos recursos disponíveis poderiam ser aplicados à produção artesanal da jóia em aço, levando em consideração as limitações das máquinas. Durante a visita foi possível esclarecer dúvidas existentes sobre os equipamentos, ferramentas e obter as coordenadas para a execução do projeto.

Além da ida à metalúrgica, foram visitados dois ourives artesãos, em Brasília e uma designer de jóias artesanais em Florianópolis. Estas visitas foram fundamentais para conhecer o processo produtivo artesanal de jóias usando metais preciosos como matéria-prima.

As visitas feitas aos profissionais em Brasília aconteceram no período de uma semana com frequência diária. Já as ocorridas em Florianópolis, duraram três meses com frequência semanal.

Durante as visitas à designer de Florianópolis foi possível executar alguns testes com o aço usando as ferramentas e as técnicas aplicadas aos metais preciosos tais como: cortar, unir, modelar e dar acabamentos.

Com isto ficava explícito que havia dois limitantes, sendo o primeiro referente aos equipamentos disponíveis na metalúrgica e o segundo a não adaptação dos recursos da joalheria tradicional artesanal aos propósitos do estudo.

Devido à escassez de informações sobre as técnicas artesanais de joalheria em aço inoxidável, optou-se por analisar as técnicas e procedimentos adotados por um artista plástico que desenvolve suas obras usando o aço como matéria-prima.

Foram realizadas entrevistas com o artista de duas formas: pessoalmente e via Internet. A entrevista feita pessoalmente foi realizada no ateliê em Brasília, em setembro de 2004. Nesta oportunidade foi possível acompanhar o artista, durante uma semana, e ver passo-a-passo a concepção do seu trabalho. As entrevistas virtuais foram acontecendo ao longo do desenvolvimento do projeto com frequência semanal.

Compreender as técnicas utilizadas na produção das esculturas seria a base para o desenvolvimento do processo produtivo para a proposta de um modelo de confecção artesanal de jóias usando o aço inoxidável.

A fim de delimitar o projeto focou-se o estudo e desenvolvimento de apenas um tipo de peça da joalheria: braceletes.

Foram feitos estudos e a confecção artesanal, de forma experimental, de 5 modelos de braceletes.

## **1.7 Organização do estudo**

Esta dissertação contém quatro capítulos, sendo eles:

**Capítulo 1** – Introdução – apresentação do tema que motivou esta pesquisa e o foco do estudo, a justificativa, os objetivos, o pressuposto, a metodologia a ser aplicada e os procedimentos metodológico.

**Capítulo 2** – Revisão de literatura – neste capítulo está subdividido em três partes, na primeira são apresentados os conceitos de arte e artesanato, design, produção artesanal e industrial. A segunda parte apresenta a aborda os processos de confecção adotados na joalheria tradicional. Por fim é feita a apresentação do aço inoxidável, exploradas suas características, propriedades físicas e aplicações.

**Capítulo 3** – Referências usadas na proposta do protótipo para confecção artesanal da jóia em aço inoxidável – observação e análise do trabalho desenvolvido por um artista plástico que usa o aço inoxidável na confecção de suas obras de arte. Compreensão dos métodos que o artista utiliza para moldar o aço, a fim de evidenciar o processo de produção, todas as etapas percorridas, desde a criação à concretização da obra.

A partir da compreensão destas técnicas e procedimentos, foi elaborado e sistematizado protótipos para a confecção artesanal de jóias em aço inoxidável estabelecendo, então, os processos de produção implicados neste produto. São delineadas as limitações impostas pelo metal ou pelo processo de produção e exploradas as características físicas do tipo de aço escolhido.

**Capítulo 4** – Conclusões e sugestões de estudos futuros.

## CAPÍTULO 2

---

### 2.1 Arte, artesanato, produção artesanal, industrializada e design

Segundo o Dicionário Houaiss da língua portuguesa (2001), arte segundo tradição que remonta ao platonismo, é a habilidade ou disposição dirigida para a execução de uma finalidade prática ou teórica, realizada de forma consciente, controlada e racional e segundo tradição que remonta ao aristotelismo, conjunto de meios e procedimentos através dos quais é possível a obtenção de finalidades práticas ou a produção de objetos. O conjunto de princípios e técnicas característicos de um ofício ou profissão.

No dicionário Michaelis (1999) encontra-se as seguintes definições para arte: “Execução prática de uma idéia... *Filos.* Complexo de regras e processos para a produção de um efeito estético determinado... *A. mecânica:* a) arte ou ofício que requer habilidade e aprendizagem manuais e mecânicas; b) artesanato”.

Os conceitos atuais sobre o artesanato estão muito próximos aos da arte, ou seja, um plano ténue une o trabalho de artesanaria ao de criatividade. Valadares diz na introdução do livro “Artesanato Brasileiro” (FUNARTE, 1978) que nem sempre é possível detectar com muita nitidez o limite entre arte e artesanato, embora uma seja geradora da outra. Gullar (FUNARTE, 1978) complementa que os limites entre o artesanato e as arte populares são difíceis de se estabelecer, devido ao fato dos autores destas obras atuarem às margens da cultura urbana predominante, podendo ser considerados artesãos ou artistas.

Artesanato, por sua vez, é definido no Dicionário Houaiss (2001), como sendo a arte e a técnica do trabalho manual não industrializado, podendo ser produzido de forma seriada, realizado por artesão<sup>1</sup>, que tem finalidade a um tempo utilitária e artística.

Sendo assim, os objetos artesanais são aqueles feitos um a um, onde as mãos e a inventividade humanas são determinantes na forma como as matérias-primas são transformadas, com uso de instrumentos também muitas vezes feitos manualmente. Ruth Cardoso comenta no livro “Artesanato no Brasil” (2001), que o artesanato era uma atividade fundamental nas comunidades pré-industriais, nas quais os utensílios, vestimentas, mobiliário e o mais diversos objetos eram feitos à mão e que ganharam um novo significado no mundo moderno.

Estes objetos artesanais são portadores não só de utilidade, mas também de beleza e de significados simbólicos, devido às características de sua produção remetem-se à sensibilidade humana, diferenciando-se da arte por serem feitos de forma seriada a um determinado uso. Estes objetos, decorativos ou de natureza utilitária, são a expressão material dos elementos com usados como referência da forma como um país vive e com o que se identifica.

Heskett (1998) aponta que na produção artesanal, a concepção e a realização estão ligadas e coordenadas pela relação entre mãos, olhos e materiais. O fato de todo processo poder ser realizado por uma única pessoa, disfarça sua complexidade, dando-lhe uma escala humana e uma simplicidade que permite que seja experimentado por um artesão e observado como uma unidade compreensível.

Ainda segundo Heskett (1998), na indústria de produção em massa essa coerência é fragmentada e a complexidade da concepção e fabricação é exposta por sua subdivisão numa

---

<sup>1</sup> Artesão – artífice, plural de artesão - Pessoa que se dedica a qualquer arte mecânica; operário. **2** Fabricante de artefatos. **3** Indivíduo que inventa. **4** Autor. (MICHAELIS, 1999).

Indivíduo que pratica arte ou ofício que dependem de trabalhos manuais. Artífice que exerce sua profissão em oficina própria **Etimologia** it. *artigiano* 'que atua numa produção em caráter doméstico e tradicional, não em série, com instrumentos de sua propriedade e com utilização de mão-de-obra pouco numerosa', der. de *arte*; cf. fr. *artisan* < it. (1546) 'aquele que exerce uma arte manual'; f.hist. sXV *artesaãos* (HOUAISS, 2001)

série de atividades especializadas. Esses processos são interligados, mas em relações remotas e impessoais.

A mão humana é incapaz de repetir com extrema exatidão e precisão o trabalho desempenhado pelas máquinas. No entanto, os produtos industrializados raramente revelam qualquer indicação da participação e personalidade da pessoa que o faz.

A palavra design, segundo Bernsen (1995) significa traduzir um propósito em uma forma física ou ferramenta. É um processo que começa com a definição de um propósito e avança através de uma série de questões e respostas no sentido de uma solução.

O design é uma atividade voltada à resolução de problemas, criação, atividades coordenadoras e sistêmicas e está próxima à atividade da gestão, que igualmente é orientada na direção de resolução de problemas, atividade de inovação, atividade sistêmica e coordenadora. O objetivo do design consiste em pensar e pesquisar a coerência do sistema de objetos. Concebe marcas, espaços ou objetos para satisfazer necessidades específicas segundo um processo lógico. Cada problema colocado implica em descobrir um equilíbrio entre toda uma gama de produtos impostos sobre os planos da tecnologia, da ergonomia, da produção e do mercado.

Para Bonsiepe (1997), o design consiste na melhoria da qualidade de uso do produto, da forma de um novo produto, do seu processo de fabricação, da sustentabilidade ambiental e social, da forma de acesso a um produto socialmente inclusivo, da aplicação de novos materiais e da qualidade estética.

## **2.2 A jóia como a conhecemos**

Se analisarmos todas as peças remanescentes da joalheria de todos os tempos não encontraremos motivações provenientes da ordem da necessidade, ou mesmo da funcionalidade, que justifiquem as suas criações. Salvo alguns pitorescos broches que serviam para prender as capas utilizadas, principalmente, pelos chamados povos bárbaros, as jóias sempre foram representações culturais. A motivação do uso das jóias escapa ao estatuto

dos objetos chamados utilitários; a razão de seu uso é de outra ordem. São veículos de significados, objetos mágicos que lidam com um universo ambíguo que flutua entre a proteção, o prestígio e a sedução (MACHADO, 2002).

A jóia é possuidora de um ciclo vital maior do que o dos objetos unicamente utilitários. São veículos de significados, objetos que lidam com um universo ambíguo que flutua entre a proteção, o prestígio e a sedução. Capazes de fixar, representar e simbolizar o sentimento de um momento através do tempo. “Tem sido, ao mesmo tempo, a testemunha, a prova material e o narrador que transcende às personagens para, finalmente, se transformar em herança, característica que tem funcionado como o grande álibi de seu consumo” (MACHADO, 2002).

Muitas vezes o estudo das jóias consegue reconstruir melhor a história do homem por meio de suas crenças e superstições, costumes, estrutura econômica e conhecimentos tecnológicos do que outros materiais menos duradouros (CAIXETA, 2003).

A forma, o material, o tratamento dado a uma jóia eram determinados pelo conteúdo simbólico que ela guardava, pela experiência do ser humano na sua relação com o universo sagrado. Neste ambiente, a jóia se prestava, inclusive, para diferenciar o lugar, o status ocupado por ele na hierarquia de seu grupo.

As jóias criadas ao longo da história, trouxeram estilos e formas que souberam satisfazer às necessidades dos povos politeístas de agradarem seus deuses nos rituais sagrados, onde as funções de poder espiritual eram demarcadas pelo uso de determinado anel, pulseira ou talismã, isto é, pelo conteúdo simbólico que cada jóia possuía.

A jóia se populariza no período renascentista na Europa, com o surgimento da classe social dos comerciantes e dos mecenas, nobres que promoviam os artistas da época. Com esta popularização a jóia já não era mais vista apenas como elemento decorativo e de status da nobreza, e abre caminho para a expansão das confecções e do comércio. No mesmo período, o cristianismo dominava a Europa e suas colônias. Ainda na Europa, os nobres, influenciados pelas culturas Árabe e Bizantina, intensificam o uso simbólico das jóias, onde predominavam



as cruzes, as imagens de santos e os objetos religiosos. Estas jóias conseguiram representar, de forma expressiva, o absolutismo do cristianismo.

Com o término das corporações medievais e das oficinas renascentistas, onde os ourives dominavam todo o processo da joalheria da criação à execução, a partir da revolução industrial, o setor joalheiro passa por um processo de segmentação que envolve a contratação de profissionais para cada fase da produção. A indústria da jóia surge na Inglaterra, na metade do século XIX, alterando toda a indústria manufatureira existente com seu maquinário específico. Após a segunda grande guerra, o conceito de jóia passa a ser também um investimento.

A figura do designer de jóia aparece em meados do século XX, onde até então o trabalho na confecção das jóias era feito apenas pelos ourives. O designer, agora passa a conceber o produto e o ourives a desenvolvê-lo e executá-lo. Novas idéias e conceitos, assim como novos materiais passaram a ser utilizado pelos designers.

No Brasil, até meados dos anos 1960 o setor joalheiro era constituído por pequenas empresas, com infra-estrutura e modelos administrativos de “empresas familiares”. A partir da década de 1980 começam a surgir mudanças nas características do setor. O crescimento de pequenos empreendimentos transformando-se em grandes empresas que passam a atuar de forma mais competitiva no mercado.

Atualmente, a joalheria mundial está voltada para o design, que deve ser criativo, com estilo marcante e corresponder a um mercado consumidor sempre crescente e ansioso por inovações tanto nas técnicas de fabricação, quanto na expressão dos estilos e conceitos escolhidos, além de preços competitivos. Mesmo com a existência de processos industrializados de produção de peças em série, o ourives ainda é muito procurado para confecção de peças exclusivas, reprodução de jóias de família ou consertos.

### 2.2.1 O processo tradicional de confecção de uma jóia

Uma jóia “nasce” de uma idéia, de uma inspiração ou sofre influência de outro objeto da vivência de quem a desenha. A idéia é representada na forma de desenho para que o ourives possa fazer sua interpretação, tornando o objeto real e viável para a finalidade a qual se destina. O desenho técnico representa a peça a ser reproduzida em três vistas (superior, frontal e lateral), com todos os detalhes e especificações.

Este estudo abordará apenas o processo de produção artesanal de jóias. O processo industrial é usado na produção de peças em série ou quando a peça idealizada não pode ser confeccionada pelo ourives de forma artesanal.

Naguchi (2003) relata que, historicamente, o trabalho artesanal no setor joalheiro sempre esteve associado à informalidade. O surgimento do modo de produção industrial não abalou a atividade artesanal informal, pelo contrário, trouxe-a para dentro do chão de fábrica na forma de terceirização. Mesmo a produção industrializada exige trabalho manual em procedimentos como o de serrar, limar, cortar, recozer, lixar, soldar e cravejar.

O ambiente de trabalho de um ourives artesão, muitas vezes, restringe-se em um ou mais aposentos do próprio local onde vive. A oficina se confunde com seu domicílio. A disposição do mobiliário e das máquinas oscila de acordo com o espaço físico disponível. Encontra-se, basicamente, a bancada, um laminador manual ou elétrico, uma mesa de apóio e a parte onde se faz a fundição.

No processo artesanal, o ourives artesão tem domínio total sobre as etapas do processo de execução.

### 2.2.2 Os metais nobres como matéria-prima

Compreender o valor de uma jóia é estender o conhecimento a um universo que envolve elementos da natureza como as gemas, os metais preciosos e o efeito provocado pelo ser

humano. Todo o processo, inicialmente rudimentar, transforma ligas de metal em peças complexas e harmônicas.

O ouro é o elemento preferido pelos ourives não só por suas propriedades estéticas, mas também pela relativa maleabilidade e sua elevada resistência ao desgaste. Além do ouro, outros metais nobres são aplicados na joalheria e destacam-se o uso da prata, da platina, do titânio e do paládio.

O ouro foi provavelmente um dos primeiros metais a ser descoberto pelo homem e a procura deste metal esteve presente na origem do aparecimento das primeiras civilizações conhecidas, no seu desenvolvimento e conquistas.

Estudos arqueológicos revelam que no ano de 4000 a.C., o ouro já era trabalhado na Mesopotâmia. Posteriormente, as técnicas de obtenção do metal e manufatura dos objetos foram transmitidas a todas as civilizações do Mediterrâneo Oriental, com realce para a egípcia. As civilizações dos Astecas e Maias, no continente americano, também conheciam e trabalhavam o ouro, que consideravam um metal precioso.

Na Idade Média, a busca pela Pedra Filosofal, que converteria qualquer metal em ouro, indiretamente, contribuiu para o desenvolvimento da Química, da Medicina e da Metalurgia. Era um padrão de valor devido às manifestações de resistência aos efeitos do tempo por ser imune à ferrugem, à corrosão, à sujeira, à água, aos ácidos (exceto a *aqua regia*) ou a quaisquer outros agentes de deterioração.

O ouro era usado como moeda de troca desde o ano 3000 a.C. e só no final do século XVIII passa a ter valor monetário universal. A maior parte do ouro produzido no mundo era direcionada para a cunhagem de moeda e para reservas bancárias – como garantia de equilíbrio nas transações comerciais internacionais.

Além da utilização nas aplicações monetárias, o ouro é destinado a confecção de elementos decorativos e funcionais.

O consumo mundial do ouro, como matéria-prima industrial, pode ser dividido em cinco grandes gêneros de aplicação e uso (AJOMIG, 2001)

- como jóias (57%);
- como matéria-prima de aplicação na indústria (12%);
- fins odontológicos (5%);
- meio internacional de pagamento (15%);
- reserva de valor de consumo mundial (11%).

A Prata também é conhecida pelo homem desde a Pré-História, estimando-se que a sua descoberta se fez pouco depois do ouro e do cobre. Os Egípcios consideravam o ouro como o metal perfeito e a prata a mais próxima do ouro em perfeição.

Tal como o ouro, a prata era considerada pelos Antigos um metal quase sagrado e por conseguinte, de uso extremamente restrito das pessoas de hierarquia elevada.

A sua maleabilidade e ductilidade tornam-na ideais para fins decorativos. É também usada na ornamentação pessoal ou na decoração de locais religiosos, em utensílios domésticos e na odontologia.

A prata pura é maleável demais para ser usada na aplicação de jóias e objetos de decoração e utensílios domésticos. É usada, pela quase totalidade dos fabricantes, ligada ao cobre. Sua cor não se altera como teor<sup>2</sup>, mas sua oxidação sim. A dureza ideal para jóias encorpadas é a obtida com a prata 950<sup>3</sup> ainda que muitos artesões utilizem a prata 925 apesar de sua forte oxidação. (SALEM, 1998)

A platina é um dos metais preciosos mais raros e é encontrada somente em alguns sítios ao redor do mundo. Foi usada primeiramente pelos antigos egípcios, há aproximadamente três mil anos. Oitocentos anos mais tarde, os incas trabalharam com a platina. A primeira jóia em platina surgiu na Europa por volta do ano 1780, na corte de Louis XVI da França. Por ser o

---

<sup>2</sup> Teor – proporção de metal base (original) que determinada liga contém. (SALEM, 1998).

<sup>3</sup> 95% de prata e 5% de cobre.

mais duro dos metais utilizados na joalheria tradicional, a Platina é usada em trabalhos delicados e com aplicações de pedras preciosas. Os índios pré-colombianos conheciam a platina e a utilizavam como substituto da prata.

Quando pura, a platina é de coloração branca acinzentada, brilhante, maleável não se oxida nem se dissolve em ácido clorídrico. Foi largamente utilizada até o começo do século XX, quando o ouro branco veio a substituí-la. Além de sua aplicação na joalheria, a platina é largamente usada em utensílio de laboratório e na odontologia.

Outro metal usado na joalheria é o paládio. Têm a ocorrência mole, de coloração branca e é dúctil. Ligado ao ouro serve como “descolorizante”, dando origem ao ouro branco. Ligado à prata e com banho de ródio é muitas vezes confundida com o ouro branco.

O titânio é um metal prateado, dúctil, quebradiço, resistente a corrosão e inflamável e apresenta-se na forma de óxidos. Sua maior limitação é uma elevada reatividade química com outros elementos em temperaturas elevadas, o que levou ao desenvolvimento de uma série de ligas especiais que elevam o custo deste material.

É um metal que não pode ser facilmente soldado devido ao elevado ponto de solda que se dá a uma temperatura entre 1.600 e 1.800°C. A indústria utiliza-se de gás argônio e maçarico de tungstênio para soldá-lo. É um material de difícil modelagem, mas pode-se conseguir uma certa deformação.

Na joalheria tira-se proveito dos efeitos de cores que o metal apresenta. A luz refletida nas camadas de óxido<sup>4</sup> de espessuras variadas dá origem a diferentes cores aos olhos do espectador. Esta camada estável e translúcida de óxido que filtra a luz apresenta uma gama de cores metálicas que vai da cor palha passando pelo dourado, violeta, azuis, verde e rosa.

---

<sup>4</sup> Camadas de óxido - existem duas superfícies paralelas, a de óxido e a do metal. A camada de óxido tem transparência variável conforme sua espessura. A luz incide sobre a superfície atravessando a camada de óxido e atingindo a face refletiva do metal. A luz é desviada de volta à superfície passando pela camada de óxido novamente.(JÓIA E ARTE,2004)

Na joalheria soldar o titânio é inviável<sup>5</sup>. Sua fixação costuma ser feita na cravação, por garras, rebites, parafusos, entre outros.

### 2.2.3 Etapas do processo de execução de uma jóia

O ourives dá início ao seu trabalho com a análise do projeto a ser executado e em seguida ele separa o material, as ferramentas e o metal a ser utilizado na peça que será confeccionada.

O processo tem início na fundição onde é feita a liga<sup>6</sup> do metal, mistura um tipo de metal a outro para que o metal possa ser trabalhado, manuseado para atender as necessidades de execução de um projeto.

O tempo de exposição da chama do maçarico, a intensidade e direção do fogo para a matéria-prima devem ser controladas. Quanto mais baixas as temperaturas neste processo de fusão e menor o tempo de exposição ao calor, menor será a oxidação do metal, a retenção de gases e mais finos os grãos fundidos, resultando em melhores condições de trabalho e qualidade. É preciso ter prática para identificar quando o metal alcança o ponto de fusão e o momento de ser interrompido.

Para cada metal é usado um tipo de chama:

- oxidantes: tem oxigênio em excesso, que livre e superaquecido é altamente reagente e facilita a formação de óxidos (chama muito azul e barulhenta). É indicada na fundição do ouro branco;
- redutora: pouco oxigênio, partículas de carbono não reagentes escapam produzindo luz amarela ou fumaça. Quanto menos luminosa, mais quente. Indicada para a prata;

---

<sup>5</sup> Solda de titânio - A indústria utiliza-se de gás argônio e maçarico de tungstênio para soldar do titânio.

<sup>6</sup> Liga - combinação de dois ou mais metais que quando misturados pela fundição vão creditar maleabilidade (capacidade de aceitar a modelagem ou a deformação sem romper a estrutura) e tenacidade (capacidade de suportar uma deformação e voltar ao estado original – efeito mola) a uma peça. As ligas são preparadas para que se possa ter controle destas duas propriedades e para controlar o ponto de fusão, no caso das soldas. Na joalheria as ligas mais usadas são as de prata, ouro e platina. (SALEM, 2000)

- neutra: nem muito, nem pouco oxigênio. A quantidade de oxigênio faz com que o amarelo da chama desapareça. Indicada para aplicação da solda.

Os metais são fundidos dentro do cadinho, que deve ser mexido em movimentos circulares, a fim de obter uma mistura homogênea. O metal fica uniforme e pronto para ser despejado na rilheira ou na lingoteira, previamente aquecida e untada com cera de abelha, vela, óleo ou grafite. Coloca-se o metal ainda líquido nos veios da rilheira com o lingote mais próximo do desejado, para ser laminado posteriormente.

O metal é retirado com a ajuda de uma pinça para que esfrie naturalmente. Depois de frias estão prontas as barras ou tiras de ouro que serão laminadas ou trefiladas.

Durante a laminação e a trefilação de um metal, o recozimento<sup>7</sup> é necessário a fim de recuperar a estrutura cristalina original do metal. Se a expansão for feita apenas com o uso da têmpera<sup>8</sup> mecânica<sup>9</sup>, o metal pode “rachar”, alterar sua estrutura cristalina.

As regras, genéricas, para o recozimento e têmpera, durante a laminação, seguem a ordem abaixo:

- laminação de chapa – duas a três vezes o tamanho do último recozimento;
- laminação de fio – entre o segundo e o terceiro sulco, entre o terceiro e o quarto e ao final do sexto;
- trefilação – a cada quatro ou cinco furos da fieira, em média.

Laminar é reduzir a espessura do metal e ocorre um aumento tanto no comprimento como na largura.

O laminador é composto de cilindros, por onde passa o metal. A cada redução na espessura do lingote, é necessário fazer um recozimento para que o metal readquirira sua

---

<sup>7</sup> Recozimento - é um processo presente em todas as etapas da execução da jóia. A maleabilidade de uma liga não é uma propriedade estática e precisa ser restabelecida ao longo do processo.

<sup>8</sup> Têmpera - banho em que se temperam os metais, introduzindo-os candentes em água fria (PREBIAM, 2004). Provoca o “congelamento da estrutura cristalina no estado maleabilidade dos metais não-ferros (SALEM, 2000);

<sup>9</sup> Têmpera mecânica - a diminuição da maleabilidade do metal dá-se gradativamente, por “esmagamento”, para moldar ou expandir fazendo uso do martelo (usinar) ou do laminador (laminar) (SALEM, 2000).

maleabilidade e possa continuar a redução. O metal vai ficando “duro”. Cada metal suporta um tipo de laminação.

A laminação de uma barra ou um fio deve ser coerente com o projeto da peça que está sendo confeccionada, a fim de evitar desperdício do trabalho devido a um cálculo mal feito. As medidas de espessura devem ser conferidas ao decorrer do trabalho. O instrumento usado para fazer estas medidas é o paquímetro. As barras são laminadas na parte lisa dos cilindros e o fio na parte com sulcos.

Após laminar o metal, seguem as etapas onde a peça começa a tomar forma.

Utiliza-se uma tesoura ou guilhotina para cortar o metal. É preciso habilidade na manipulação da ferramenta para cortar no local exato desejado.

A serra é um dos itens do trabalho do joalheiro que merece atenção. Carlos Salem (2000) ressalta em seu livro, *Jóias: o segredo da técnica*, que “o corte, preciso e bem feito, economiza muito tempo e acabamento”. A serra é composta de um arco e uma lâmina. Para cada tipo de tarefa é utilizado um tipo de lâmina e posicionamento da serra. Para serrar, o ourives apóia o metal com uma das mãos na estilheira e com a outra segura a serra. É feita a conferência na pressão do arco na serra para que não esteja nem tão esticada, nem tão folgada.

A serra é usada para fazer cortes nas chapas ou lâminas atendendo aos contornos que a peça exige. Podem ser feitos cortes retos, curvas, canto vivo e vazados. Para os cortes vazados é preciso, primeiro fazer um orifício com uma broca para introduzir a serra.

Ao longo do corte, as sobras são depositadas em uma bandeja da bancada, para que não haja desperdício. A serra deve ser limpa de tempos em tempos, com escova de aço, para retirar resíduos que ficam presos nos dentes.

As limas são ferramentas abrasivas, usadas na modelagem da peça. Em primeira instância, as limas servem para acertar e dar acabamento ao trabalho da serra e é o melhor instrumento para um amador esculpir o metal.



Com o surgimento no mercado de uma grande quantidade de acessórios abrasivos para serem usados no mandril, cresce o número de joalheiros que estão substituindo o uso da lima por estes. Fresas, discos diamantados e de silício, em formatos variados.

O lixamento de uma peça ocorre em várias etapas e de forma gradativa. É um processo de desgaste do metal feito com lixas. As lixas mais adequadas são as lixas d'água, encontradas em granulações que variam de 80 a 600 ou 1000. Estes números indicam a quantidade de grãos por área. Quanto maior o número, maior a quantidade de grãos por área, ou seja, a lixa 1000 é a mais fina e a 80 a mais grossa.

As lixas são usadas para dar acabamento ao trabalho feito pelas limas e devem ser usadas na ordem de escala de crescimento. Exemplificando: para retirar as marcas da lixa 220 usa-se a 400, para só então usar a 600. O descumprimento da seqüência deriva em perda de tempo.

A lixa pode ser usada, dobrada, sobre uma lima de madeira, executando os mesmos movimentos da lima ou fazendo o uso de mandril de lixa.

Os fios quadrados que saem do laminador, são arredondados e afinados na fieira. As fieiras são placas de aço com furos calibrados e retificados em várias medidas. O metal é introduzido na fieira e puxado com a ajuda de um alicate próprio para puxar fio. Como na laminação, a fieira vai reduzindo a espessura do fio e expandindo seu comprimento.

A união de dois ou mais objetos de metal, laminado, trefilado e cortado é feita através de outro metal com uso da solda. Neste processo o metal usado para soldar tem ponto de fusão inferior ao metal que está sendo unido.

A solda deve ser preparada de acordo com o metal que está sendo trabalhado e pode ser classificada em forte, média e fraca. Durante a solda é preciso atentar para o fato de que o oxigênio em contato com o ar pode vir a oxidar a peça. Para evitar é usado o fluxo “soldarom”, mistura à base de bórax e ácido bórico. Antes de aplicar a solda, a peça deve ser

toda aquecida com o maçarico para receber o fluxo soldador, que ajuda a fluir a solda entre as rupturas do metal.

Uma boa solda é aquela que tem como resultado uma união perfeita, sem provocar manchas ou outras rachaduras.

O acabamento começa com o uso das lixas. Depois de lixada a peça é polida manualmente ou com o uso de uma politriz, onde podem ser fixados feltros, escovas e lixas. O acessório usado para fazer este acabamento vai depender do resultado que se pretende obter.

Um ourives artesão nem sempre domina todas as etapas do processo de produção de uma jóia, não dispõe de maquinário e ferramentas adequados, não tem domínio de uma ou mais técnicas ou não dispõe de tempo para a execução. Dentre estas técnicas podemos citar a cravação, o acabamento, a lapidação, o modelagem (cera) e a fundição.

#### 2.2.4 Profissionais da área de joalheria

A beleza e o valor de uma jóia são os resultados da perfeição e do aprimoramento das técnicas, ferramentas e maquinários utilizados na produção, bem como do aperfeiçoamento dos profissionais envolvidos no processo.

No passado, as jóias eram criadas e confeccionadas por ourives. Este idealizava e modelava simultaneamente a jóia. Em geral, o ourives se dedica à execução das peças baseadas em modelos ou desenhos. Com o advento da industrialização, surgiram novas etapas e diferentes profissionais envolvidos na produção de uma jóia.

O designer de jóia surge no século XX na figura daquele que cria uma peça, no entanto nem todos os designers têm domínio do processo de produção da jóia. Ele idealiza, desenha e encaminha a peça a um ourives. A profissão foi valorizada e teve seu reconhecimento, nos últimos anos, com o surgimento das jóias de autor, tendência que nasceu na Europa.

As jóias de autor são as peças criadas pelo profissional que, além de criar suas peças, tem o domínio das técnicas do ourives. Ele trabalha como um artista plástico.

Há ainda os profissionais que suprem as necessidades que o ourives, o designer e até mesmo o autor de jóia podem vir a ter, sejam elas por deficiência de maquinário e ferramentas, não domínio de certas técnicas ou com a finalidade de otimizar a produção. Os profissionais desta área se dedicam exclusivamente a cada uma das suas especificações.

O modelista é o profissional que trabalha especificamente com a modelagem de protótipos em cera para fundição. Estes modelos são usados tanto para peças simples e comerciais, como para atender às necessidades de uma peça que seria inviável confeccionar pelo processo artesanal. O modelista leva em conta os parâmetros do projeto, a qualidade do acabamento, o peso da peça, entre outros.

O fundidor é a pessoa que manuseia os equipamentos da fundição, aquele que transforma peças de cera em peças de metal. É também, quem reproduz peças através da borracha vulcanizada.

O cravador dedica-se à arte da cravação de pedras, aquele que fixa as pedras nas peças de metal. Está apto a executar texturas e desenhos sobre o metal. São necessárias ferramentas específicas para essa atividade, um trabalho que requer experiência, paciência e boa visão. Este profissional precisa ter conhecimento sobre gemas, lapidações, efeitos de colorações raras e brilho de cada pedra.

Desenhar sobre o metal é a atividade desenvolvida pelo gravador vão de monogramas, silhuetas, figuras, brasões até o limite da imaginação do cliente. São necessárias ferramentas específicas para a atividade.

O conhecimento refinado sobre gemas fica a cargo do gemólogo. Ele pode assessorar o lapidário, o cravador, o ourives, o galvanizador e todos os demais profissionais que trabalham com gemas.

Lapidário é o profissional que modela, lapida pedras brutas. É ele quem “desnuda” a gema, para que se mostre por completo sua cor e brilho.

Polidor é quem se dedica ao acabamento das peças. É o responsável pelo brilho final do metal. Cabe ao polidor selecionar as massas de polimento adequadas a cada peça bem como escovas, chips e equipamentos.

O trabalho do galvanizador vem antes do polimento. Este profissional fica encarregado de dar banhos (de ouro, prata, ródio, entre outros) à peça que deve estar em perfeito estado de limpeza.

### 2.3 Aço Inoxidável

Aço inoxidável é o termo empregado para identificar uma família de aços, ligas de ferro e carbono, com pelo menos 11% de cromo em sua composição química balanceada, que garante ao material maior resistência à corrosão<sup>10</sup>.

A extração e a transformação do ferro e do aço sofreu um grande e contínuo desenvolvimento ao longo dos anos desde sua primeira aplicação há mais de 5000 anos. No entanto um problema ainda permanecia sem solução até o início do século XX. Segundo Padilha (1994), este problema começava a ser resolvido em vários países simultaneamente. Em 1912, Harry Brearly, estudava na Inglaterra uma liga ferro-cromo com aproximadamente 12,8% de cromo e 0,24% de carbono, constatando que a liga fabricada resistia à maior parte dos reagentes frequentemente utilizados em metalografia. Brearly chamou a liga de *Stainless Steel*, que traduzida significa "aço sem manchas", ou seja, o aço não era atacado ou "manchado" quando submetido aos ataques metalográficos existentes à época. Este aço é hoje conhecido como inoxidável martensítico.

---

<sup>10</sup> Corrosão – é a inimiga natural dos metais. Os aços comuns reagem com o meio ambiente, formando uma camada superficial de óxido de ferro. Essa camada é extremamente porosa e permite a contínua oxidação do aço, produzindo a corrosão, popularmente conhecida como "ferrugem". (CHIAVERINI, 2002).

Padilha (1994) descreve que, também em 1912 nos Estados Unidos, Christian Dantszen iniciava suas experiências com uma liga de aço contendo 14 a 16% de cromo e com baixo teor de carbono. Estavam descobertos os aços inoxidáveis ferríticos.

No mesmo ano, Eduard Maurer, chefiado por Breno Straub reportava, na Alemanha, uma liga de ferro-cromo que continha além da liga verificada por Bearley, aproximadamente 35% de níquel. Esta liga, elaborada por Beno Strauss, havia resistido por vários meses aos vapores agressivos do laboratório no qual trabalhavam. Nasceram aqui os aços inoxidáveis austeníticos

Ainda na Alemanha, em 1914, uma liga a base de ferro, contendo 20% de cromo, 7% de níquel e 0,25% de carbono, foi utilizada numa fábrica de anilina e soda. Segundo Padilha (1994), imediatamente depois, no mesmo país, os aços inoxidáveis irrompiam nas fábricas de amônia sintética. Ligas ferro-cromo (17% cromo) e ferro-cromo-níquel (18% cromo e 8% níquel) foram largamente usadas nas décadas de 1920 e 1930, nos Estados Unidos, Inglaterra e Alemanha, em fábricas de amônia e de ácido nítrico. Na ocasião, os dois cientistas também concluíram a necessidade de se fazer o tratamento térmico a altas temperaturas para conseguir uma alta dureza (no tipo AISI 420) e uma boa ductibilidade (no tipo AISI 302), mas no segundo caso, o tratamento térmico é de autoria de Maurer.

### 2.3.1 O papel do cromo e a passividade

Os aços inoxidáveis são, basicamente, ligas ferro-cromo. Para Chiaverini (2002), Colombier (1965) e Soares (198\_), outros metais atuam como elementos de liga, mas o cromo é o mais importante dos elementos, sendo sua presença indispensável para conferir resistência à corrosão.

No gráfico da figura 01, Chiaverini (2002) demonstra que um mínimo de 11% de cromo é necessário para tornar as ligas ferro-cromo resistentes à corrosão atmosférica.

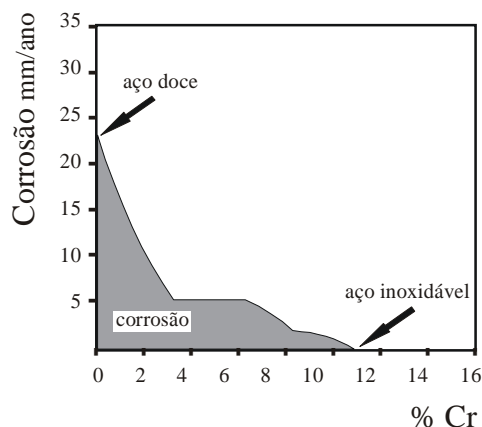


Fig. 01 – Efeito do teor crescente de Cr na resistência à corrosão atmosférica de ligas Fe-Cr

Fonte: CHIVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. São Paulo : Associação de Metalúrgicas e Materiais, 2002. 599p.

De acordo com Chiaverini (2002) e Colombier (1965), a corrosão pode ser considerada um ataque gradual e contínuo do metal por parte do meio circunvizinho, podendo ser a atmosfera, meios químicos, líquidos ou gasosos. Como resultado desta reação química, tem-se a mudança gradual do metal em um composto, geralmente de sais e óxidos. Este fenômeno consiste em uma reação eletroquímica entre eletrólitos e a superfície do metal.

Ainda segundo os autores supracitados, quando um metal não corroe, admite-se que exista uma reação entre o metal e o meio em que está inserido, com a formação de uma camada protetora que se adere à superfície e é mantida ali por forças atômicas, resultantes de certos elementos de liga introduzidos no metal. A esta camada protetora dá-se o nome de Passividade<sup>11</sup>.

A passividade dos aços resistentes à corrosão dependem dos seguintes fatores (Chiaverini, 2002):

- composição química;
- condições de oxidação;
- suscetibilidade à corrosão localizada (*pitting*);

---

<sup>11</sup> Passividade – propriedade de certos metais e ligas metálicas de permanecerem inalteradas no meio circunvizinho. É o resultado da formação de um filme de óxido que protege a superfície do aço. (Chiaverini, 2002).

- suscetibilidade à corrosão intergranular, entre outros.

Para Colombier (1965), a passividade está relacionada à configuração dos elétrons do metal. Quando o oxigênio ou agentes oxidantes são absorvidos, a passividade é aumentada, desde que estes agentes peguem elétrons e não tenham tendência de suprir a superfície do metal com a deficiência destes elétrons.

Para Chiaverini (2002), em determinados meios, especialmente nos que contém íons negativos do cloro de soluções aquosas, estes aços apresentam um tipo de corrosão localizada somente em certos pontos das superfícies, que progride principalmente em profundidade podendo atravessar todo o metal. Este tipo de corrosão pode ser mais prejudicial que uma corrosão generalizada por criar pontos de tensão levando o metal à ruptura por fadiga.

Ainda segundo Colombier (1965), outros elementos podem estar presentes na composição química dos aços inoxidáveis, como o Níquel, o Molibdênio, o Nióbio e o Titânio, em proporções que caracterizam a estrutura, as propriedades mecânicas e o comportamento final em serviço.

A adição de níquel provoca uma mudança na estrutura do material que apresenta as seguintes características:

- ductilidade (estampagem);
- resistência mecânica a quente;
- soldabilidade (fabricação);
- aumento da resistência à corrosão de uma maneira geral.

Chiaverini (2002) e Colombier (1965) comentam que, aços contendo cromo e o níquel constituem os melhores aços resistentes à corrosão. O molibdênio e o cobre têm a finalidade de aumentar a resistência à corrosão por via úmida. O silício e o alumínio melhoram a resistência à oxidação em alta temperatura.

O titânio e o nióbio são elementos "estabilizadores" nos aços cromo-níquel, devido a sua avidez por carbono, evitando que se produza a corrosão intragranular. Estes aços estão sujeitos a tratamentos térmicos ou aquecimento para trabalho a quente ou soldagem. Na faixa de temperatura entre 400° e 700° C, o empobrecimento do cromo via precipitação em forma de carbonetos que provoca uma diminuição na resistência local.

Elementos como o manganês e o nitrogênio, o cobalto, o boro e as terras raras modificam e melhoram as características básicas dos aços inoxidáveis, porém são muito específicos.

O molibdênio é introduzido como elemento de liga nos aços inoxidáveis precisamente para diminuir a sensibilidade a esta forma de corrosão. A presença de molibdênio permite a formação de uma camada passiva mais resistente.

### 2.3.2 Principais atributos e aplicações do aço inoxidável

O aço inoxidável é um metal muito requisitado por engenheiros, arquitetos, designers, decoradores e projetistas por sua suscetibilidade à corrosão beleza, maleabilidade e durabilidade, incluindo a resistência à corrosão, resistência mecânica e a grandes variações de temperatura. Estas qualidades são o resultado de anos de pesquisa e investimento tecnológico. O aço inoxidável é um material que pode ser combinado com diversos materiais, é de fácil manutenção e apresenta características que só um material nobre e moderno pode oferecer:

- resistência à corrosão
- resistência mecânica superior aos aços de baixo carbono
- facilidade de limpeza / baixa rugosidade superficial
- aparência higiênica
- facilidade de conformação
- facilidade de soldagem/união



- mantém suas propriedades numa faixa muito ampla de temperatura, inclusive muito baixas (criogênicas)
- conformabilidade<sup>12</sup>
- acabamentos superficiais variados
- forte apelo visual (modernidade, leveza e prestígio)
- relação custo/benefício favorável
- baixo custo de manutenção
- material 100% reciclável (ARMCO, 2004; METÁLICA ARQUITETURA, 2003).

Podemos ver o aço inoxidável sendo aplicado nos exemplos a seguir:

- pias, cozinhas industriais, talheres, equipamentos hospitalares e revestimento de elevadores e fachadas (facilidade no manuseio, limpeza, manutenção e assepsia);
- bancas de jornal e caixas d'água (locais sujeitos a variações atmosféricas e ação de poluentes);
- equipamentos náuticos submetidos à salinidade, barris de chope, fornos elétricos, e equipamentos de refrigeração;
- ferragens e peças para a indústria automotiva;
- possibilidade de desenvolvimento ilimitado de texturas e desenhos por polimentos (uso doméstico);
- funcionalidade e beleza a utensílios domésticos, móveis e objetos decorativos.

### 2.3.3 Classificação e características dos aços inoxidáveis

Como já foi dito anteriormente, além do cromo, outros elementos podem ser adicionados ao aço inox (níquel, molibdênio, titânio, nióbio, etc.) com o objetivo de elevar sua resistência à corrosão e melhorar suas propriedades físicas e mecânicas. Segundo Chiaverini (2002),

---

<sup>12</sup> Conformabilidade – propriedade do material que se deforma com facilidade, podendo tomar diversas formas segundo as cargas submetidas (ARMCO, 2004)

Colombier (1965) e Soares (198\_), os aços inoxidáveis podem ser agrupados segundo sua composição química, baseada na microestrutura que apresentam à temperatura ambiente.

Em concordância com os autores citados acima, os aços agrupados segundo a estrutura metalúrgica são:

1. Aço Inoxidável Martensítico;
2. Aço Inoxidável Ferrítico;
3. Aço Inoxidável Austenítico;
4. Aço Inoxidável Duplex;
5. Aço Inoxidável endurecível por precipitação; e
6. Aço Inoxidável Nitrítico.

Os dois primeiros aços são essencialmente ligas de ferro-cromo-níquel, de uso mais generalizado, são magnéticos em quaisquer condições; o terceiro levemente magnéticos na condição de trabalhado a frio (encruados), porém não são magnéticos no estado solubilizado, condição em que são mais comumente utilizados e os demais são empregados em condições especiais. Os aços do grupo cinco são magnéticos na condição de endurecidos por precipitação.

Facciolongo (2004) comenta em seu artigo publicado no *site* da Armco que os aços inoxidáveis são divididos em três grupos, identificados pela sua estrutura metalográfica revelada após resfriamento rápido de alta temperatura e separados em duas séries, 300 e 400, que pode ser visto no quadro 01.

<b>Elemento de liga básico</b>	<b>Microestrutura</b>	<b>Capacidade de endurecimento via tratamento térmico</b>	<b>Qualidades típicas</b>
Série 4XX (cromo)	martensítica	endurecível	AISI 416 - 420
	ferrítica	não endurecível	AISI 430 – 430F
Série 3XX	austenítica	não endurecível	302 – 303 – 304 – 305 – 316 não estabilizados

(cromo-níquel)			321 (Ti), 347 (Nb) estabilizados
	duplex	não endurecível	não endurecível

Quadro 01 – Representação esquemática dos aços inoxidáveis e resistentes ao calor conforme a classificação AISI<sup>13</sup>

Fonte: GERDAU. **Catálogo de Produtos da Gerdau: Aços especiais Piratini**. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais/>>. Acesso em 26 abr. 2005.

### 2.3.3.1 AÇOS INOXIDÁVEIS MARTENSÍTICOS

São aços-cromo aqueles com porcentagens de cromo entre 11,5% e 18% em sua composição. Chiaverini (2002) escreve que nos aços inoxidáveis martensíticos, o carbono permite a formação de martensita<sup>14</sup> durante o resfriamento, a partir da austenita<sup>15</sup> em altas temperaturas. Endurecem pela têmpera<sup>16</sup>.

Suas características principais:

- são ferro-magnéticos;
- podem ser trabalhados tanto a quente como a frio (principalmente quando o teor de carbono é baixo);
- endurecíveis por tratamento térmico – tornam-se muito duros depois de temperados, mas pouco dúcteis<sup>17</sup>;
- ductilidade razoável;
- apresentam boa resistência a corrosão quando expostos ao tempo, a ação da água e de certas substâncias químicas;
- o aumento no teor de carbono prejudica a resistência à corrosão, que por sua vez é compensada pelo aumento no teor de cromo;

<sup>13</sup> AISI – *American Iron Steel Institute* (Instituto Americano de Ferro e Aço)

<sup>14</sup> Martensita – é uma fase rica em carbono, frágil e dura.

<sup>15</sup> Austenita – solução sólida de carbono no ferro gama. Possui boa resistência mecânica e apreciável tenacidade. Não é magnética. Nos aços-carbonos comuns só é estável a 727°C (CHIAVERINI, 2002). Fase metaestável que corresponde a uma solução sólida supersaturada de carbono em ferro. É uma fase extremamente dura (ARMCO, 2004)

<sup>16</sup> Têmpera – banho em que se temperam os metais, introduzindo-os candentes em água fria (PRIBERAN, 2004).

<sup>17</sup> Dúctil – que pode ser reduzido a fios sem se partir; manejável; maleável; flexível; elástico. (PRIBERAN, 2004)

- o níquel melhora a resistência à corrosão;
- a têmpera também melhora a resistência à corrosão contribuindo para evitar a possibilidade de precipitação dos carbonetos.

O quadro 02 apresenta os tipos AISI mais conhecidos e suas particularidades.

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicação</b>
420	- alto teor de carbono. - alta dureza e razoável tenacidade adquiridos por tratamento térmico	cutelaria, instrumentos cirúrgicos, eixos de bomba, válvulas, peças de motores a jato, mancais <sup>18</sup> de esfera, parafusos, buchas, entre outros
416, 416 Se e 420 F	- baixo teor de carbono. - fácil usinagem	operações de usinagem, parafusos, porcas, hastes de válvulas, lâminas de turbina, cutelaria, entre outros

Quadro 02 – Tipos AISI de aços inoxidáveis martensíticos mais conhecidos, suas características e aplicações mais comuns.

Fonte: CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. São Paulo : Associação de Metalúrgicas e Materiais, 2002.

### 2.3.3.2 AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS

O cromo ainda é o principal elemento de liga, podendo atingir valores superiores a 25%. O teor de carbono é baixo (máximo de 20%) fazendo com que estes aços não sejam endurecíveis pela têmpera. Apesar de conter menor quantidade de carbono que os martensíticos, segundo Chiaverini (2002) e Soares (198\_), os aços ferríticos tornam-se parcialmente austeníticos a altas temperaturas e, conseqüentemente, precipitam martensita durante o resfriamento. Pode-se dizer que são parcialmente endurecíveis por tratamento térmico. O tratamento térmico usual é o recozimento para alívio de tensões e obtenção máxima de ductibilidade. A seguir as principais características dos aços inoxidáveis ferríticos e no quadro 03 os tipos AISI mais conhecidos e aplicações:

- são magnéticos;

---

<sup>18</sup> Mancais – importantes acessórios para todo tipo de equipamento mecânico, fixo ou móvel, pois sua função principal é facilitar o movimento entre partes fixas e moveis (CHIAVERINI, 2002)

- apresentam melhor a resistência à corrosão em diversos meios, no entanto menos resistente a impacto;
- boa embutibilidade, porém insuficiente em aplicações de estampagem profunda;
- soldabilidade discreta;
- melhoria em muitas propriedades com a introdução de níquel como elemento de liga;
- com certos teores de níquel é possível conseguir uma mudança da estrutura ferrítica para austenítica.

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicação</b>
430	<ul style="list-style-type: none"> <li>- é o mais usado</li> <li>- fácil conformação a frio</li> <li>- grande resistência à corrosão à temperatura ambiente e mais elevadas</li> <li>- resistente à ação de ácidos, principalmente o nítrico e orgânicos e à ação da água do mar podendo sofrer resfriamento rápido sem sofrer um ligeiro endurecimento</li> </ul>	eletrodomésticos, talheres e baixelas, fogões, pias, moedas, revestimentos e balcões frigoríficos, indústria automobilística e indústria química
430 F 430 Se	<ul style="list-style-type: none"> <li>- a adição de enxofre, selênio, fósforo</li> <li>- variações do 430</li> <li>- fácil usinabilidade</li> </ul>	peças de máquinas operatrizes automáticas (parafusos, porcas, ferragens, entre outros).
409, 430 Ti 430 Nb	<ul style="list-style-type: none"> <li>- adição de titânio e nióbio</li> <li>- fácil trabalho a frio e produz soldas tenazes</li> </ul>	silenciadores de escapamento de automóveis

Quadro 03 – Tipos AISI de aços inoxidáveis ferrítico mais conhecidos, suas características e aplicações mais comuns.

Fonte: CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. São Paulo : Associação de Metalúrgicas e Materiais, 2002.

### 2.3.3.3 AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS

A introdução do níquel melhora sensivelmente a resistência a corrosão e à oxidação a altas temperaturas. Estes aços podem ser divididos em dois subgrupos:

- aços ligados ao cromo-níquel

- aços ligados ao cromo-manganês-níquel

No primeiro grupo estão os aços mais usados. Os mais conhecidos como vemos em Chiaverini (2002), Colombier (1965), Padilha (1994) e Soares (198\_) são os chamados de 18-8, ou seja, teor médio de 18% de cromo e 8% de níquel. O níquel forma uma camada de óxido que protege o aço espontaneamente.

O segundo grupo surge na década de 1930, durante a Segunda Guerra Mundial, em decorrência da baixa disponibilidade de níquel. Segundo Padilha (1994), o níquel é substituído por outros elementos austeníticos como o manganês e o nitrogênio. Vêm-se a seguir as características gerais dos aços inoxidáveis austeníticos e no quadro 04 os tipos AISI dos mais conhecidos, suas particularidades e aplicações:

- não são magnéticos;
- não podem ser endurecidos por tratamento térmico;
- são muito dúcteis;
- apresentam excelente soldabilidade;
- aumento de dureza quando encruados<sup>19</sup> (superior ao que se encontra em outros aços mediante a mesma deformação<sup>20</sup>). Um reaquecimento à temperatura moderada do aço encruado restaura a austenita.

O aumento no teor de níquel em um aço inoxidável austenítico diminui o efeito de encruamento. O fenômeno é tão importante que estes aços são classificados conforme os níveis de resistência ao encruamento desde o tipo recozido mole até o tipo inteiramente duro.

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicação</b>
301	- boa trabalhabilidade.	ornamentação, utensílio domésticos, fins estruturais, equipamento para a indústria
302	- excelentes propriedades	

<sup>19</sup> Encruado – adj. Mal cozido, endurecido. (PREBIAM, 2004)

<sup>20</sup> Esse endurecimento além do normal pode ser atribuído à instabilidade da austenita (Fase do aço Cúbica de Face Centrada-CFC, com boa resistência mecânica, apreciável tenacidade, magnética, com solubilidade máxima de carbono de 2%) que sob o efeito das tensões de encruamento, transforma-se parcialmente e devagar em ferrita (fase do ferro com estrutura Cúbica de Corpo Centrado-CCC, com boa ductilidade) a ferrita supersaturada de carbono – como uma martensita – contribui para este endurecimento.

	estruturais <sup>21</sup>	química, naval, fabricação utensílio e equipamentos para alimentos, transporte, indústrias ferroviárias, de trens metropolitanos, carrocerias de ônibus.
302B	- presença de silício - melhor resistência à formação de casca de óxido a temperaturas elevadas	peças de torno.
303	- fácil usinabilidade - aumento no teor de enxofre no tipo 304 que diminui a ductilidade e a resistência à corrosão	eixos, parafusos, porcas, peças de carburador, buchas, válvulas, entre outros
304	- baixo teor de carbono - menos suscetível à corrosão intercrystalina - recomendado para trabalho ao ar, a temperaturas inferiores a 925°C sem serviços contínuos - excelente ductilidade	equipamento para processamento de alimentos, recipientes criogênicos, indústrias química, farmacêutica, petroquímicas, do álcool, aeronáutica, naval, de arquitetura, de transporte, talheres, baixelas, pias, revestimentos de elevadores
305	- com um aumento no teor de níquel é possível obter um aço que permite ainda mais a ductilidade que o 304	indicado para casos de estampagem extraprofunda
316	- resistência à corrosão química	eletrodos de solda, equipamentos para indústria química, alcoleiras e petroquímica, equipamentos para indústria de papel e celulose, prospecção de petróleo, indústrias têxtil e farmacêutica
316 Ti	- versão estabilizada do 316. - conservam as propriedades mecânicas em temperaturas entre 400 e 900°C - resistem mais às fluências <sup>22</sup> que o aço extra baixo carbono	equipamentos que operam a temperaturas entre 40 e 900°C
321	- tipo 18-8 estabilizado <sup>23</sup> contra corrosão intercrystalina a	onde exigem soldagem, vasos de

<sup>21</sup> Propriedades estruturais do aço 301 – ligeiras reduções no teor de níquel diminuem a estabilidade da austenita, permitindo o aparecimento da martensita induzida por deformação a frio.

<sup>22</sup> Fluência – fenômeno pelo qual os metais e ligas tendem a sofrer deformações plásticas, quando submetidos por longos períodos a tensões constantes, porém inferiores ao limite de resistência normal do material. Normalmente ocorre a altas temperaturas

<sup>23</sup> Tipo 18-8 estabilizado – o titânio, adicionado como elemento de liga, inibe a formação de carboneto de cromo devido ao fato de ter uma afinidade maior com carbono, em relação à afinidade com o cromo. Assim, precipita-se carboneto de titânio e o cromo permanece em solução sólida. Com a mesma finalidade pode ser utilizado o nióbio. (QUALINIOX, 2004)

347	temperaturas elevadas pela introdução de titânio ou nióbio - são conhecidos como aços estabilizados	pressão, juntas de expansão
304N 316N	- possuem melhores limites de escoamento sem prejuízo à corrosão devido à presença de nitrogênio	estruturas muito solicitadas como aparelhos de pressão na indústria química
304H 316H	- boa resistência mecânica - aços com baixo teor de carbono (0,04 a 10%).	onde não há preocupação com a corrosão intergranular
304L 316L 317L	- teor baixo de carbono (no máximo 0,03%) a fim de controlar a sensitização <sup>24</sup> nos pontos de solda.	onde há necessidade de soldagem a temperaturas muito elevadas

Quadro 04 - Tipos AISI de aços inoxidáveis austeníticos mais conhecidos, suas características e aplicações mais comuns.

Fonte: CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos**. São Paulo : Associação de Metalúrgicas e Materiais, 2002.

### 2.3.4 Seleção do aço inoxidável

A seleção do tipo de aço inoxidável a ser usado para uma aplicação específica envolvem basicamente a avaliação de suas propriedades e o desempenho esperado do produto. Para cada projeto são feitos estudos com dados comparativos sobre o desempenho do aço escolhido e, às vezes, até mesmo de um teste ou trabalho piloto, um protótipo.

Fatores ambientais como temperatura e umidade e a localização do projeto precisam ser consideradas para estas definições.

De forma geral o aço 304 pode ser utilizado na maioria das áreas, exceto em áreas industriais fortemente poluídas ou na maioria das áreas litorâneas, por causa da maresia.

Nestes casos a escolha preferencial deve ser o aço 316 (melhor ainda, 316L).

---

<sup>24</sup> Sensitização – fenômeno que ocorre nos aços inoxidáveis austeníticos, devido a precipitação de carboneto de cromo nos contornos de grão, tornando-os suscetíveis à corrosão intergranular, e logo fragilizando-os. A sensitização ocorre quando estes aços são aquecidos entre 340 e 900 °C (ARMCO, 2004). As zonas termicamente afetadas por operação de soldagem são particularmente sensíveis a esta forma de corrosão, já que durante o ciclo térmico da soldagem parte do material fica mantido na faixa crítica de temperaturas (QUALINOX, 2004)



Uma avaliação geral da efetiva resistência à corrosão dos aços inoxidáveis e resistentes ao calor em diversos ambientes é indicada no quadro 05, a seguir.

Qualidade	Atmosfera branda e água	Atmosfera		Água salgada	Química		
		indústria	marinha		branda	oxidante	reduzora
416	X						
410	X				X		
430	X	X			X	X	
302	X	X			X	X	
303	X	X	X		X		
304	X	X	X		X	X	
304L	X	X	X		X	X	
316	X	X	X	X	X	X	X
316L	X	X	X	X	X	X	X
310	X	X	X		X	X	

O X indica que o um tipo específico pode ser resistente aquele meio corrosivo

Quadro 05 – Resistência à corrosão relativa. (conforme NBR 6847/81)

Fonte: GERDAU. **Catálogo de Produtos da Gerdau: Aços especiais Piratini**. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais/>>. Acesso em 26 abr. 2005.

Outros fatores importantes na escolha do tipo de aço são:

- acabamento superficial;
- projeto e tônica construtiva;
- facilidade de limpeza e manutenção;
- propriedades físicas e mecânicas.

### 2.3.4.1 ACABAMENTO SUPERFICIAL

Como regra geral, quanto mais fino o acabamento, maior a resistência à corrosão. O tipo de aplicação a que o aço inoxidável será empregado deve ser levado em consideração.

Segundo Colombier (1965) tem-se as seguintes colocações:

- acabamento altamente refletivo pode ser desaconselhável especialmente para coberturas. Oferecem risco ao tráfego aéreo se em edifícios próximo aos aeroportos ou em trajetória de vôos. Acabamentos foscos são mais indicados para estas aplicações;
- acabamentos refletivos são indicados para pátios fechados de edifícios por refletir a luz no escuro;
- acabamentos texturizados são melhores para esconder riscos e marcas de dedo em áreas de “alto tráfego”;
- acabamentos coloridos são também utilizáveis para efeitos decorativos especiais.

O quadro 06 mostra os tipos de acabamentos superficiais podem ser encontrados no Brasil.

<b>Tipo</b>	<b>Nome</b>	<b>Especificação</b>
BB	<i>Buffing Bright</i>	polimento com escovas de algodão e pastas abrasivas de números 400, 600, 800
MIRROR	<i>Mirror Finish</i>	acabamento espelhado obtido por polimento com feltro e pastas abrasivas de diferentes granulometrias até 3000
RF	<i>Rugged Finish</i>	lixamento em uma direção a seco, com lixas abrasivas de números 60 a 100
SF	<i>Super Finish</i>	lixamento a seco com lixas abrasivas de números 20 a 320
ST	<i>Satin Finish</i>	lixamento com rolos abrasivos de <i>Scotch Bright</i> de números 100 a 180 sem uso de pastas abrasivas.
BF-1	<i>Butterfly Finish</i>	lixamento com pequenos rebolos de números 80 a 120, dando à superfície aspecto decorativo de círculos sobrepostos em distribuição padronizada.
BF-2	<i>Exclusive Design</i>	lixamento com pequenos rebolos de números 80 a 120, dando à superfície aspecto decorativo de ondas simétricas.

Quadro 06 – Acabamentos superficiais

Fonte: NUCELO INOX. **Acabamentos do aço inox** Assistência técnica on line. Acesso em abr. 2005.

#### 2.3.4.2 LIMPEZA E MANUTENÇÃO

Os Aços Inoxidáveis são materiais que possuem uma resistência inerente à corrosão, não sendo preciso adição de proteção extra em sua superfície para melhorar a aparência e a durabilidade.

Para Colombier (1965), os cuidados com peças em aço inoxidável requerem alguma atenção:

- manutenção e limpeza de rotina são necessárias para manter as superfícies em boas condições, privilegiar a aparência estética e resistência e não promover a corrosão;
- remover a gordura e lavar;
- remover imperfeições, principalmente as causadas por soldas;
- pedem manutenção durante a vida útil, assim como vidros, plásticos e aços revestidos.

Estas diretrizes têm o objetivo de fornecer recomendações relativas a uma limpeza eficiente e de bom custo-benefício e permitir ganhos em vantagens das propriedades anticorrosivas do aço inoxidável.

#### 2.3.4.3 FORMATOS, TAMANHOS E TIPOS AISI DISPONÍVEIS NO MERCADO BRASILEIRO

Os aços inoxidáveis estão disponíveis, no mercado brasileiro, nas formas de bobinas, chapas, blanques, tubos, barra com acabamentos superficiais e superfícies revestidas com película de polietileno.

As metalúrgicas que beneficiam o metal no Brasil costumam trabalhar, em sua maioria com os tipos AISI 301, 304, 304L, 316, 316L, (austeníticos); 430, 409, 410S (ferríticos) e 420 (martensítico). Estas informações foram obtidas junto às metalúrgicas pesquisadas para este trabalho e através dos catálogos da ACESITA S.A.

As chapas estão disponíveis em espessuras, tamanhos e acabamentos de superfícies variados:

- espessura: 0,5 a 3,00mm;
- tamanho da chapa: 1000 x 2000mm, 1000 x 3000mm, 1200 x 3000 e 1220 x 2000mm;
- acabamento da superfície: liso (as duas faces brilhantes) e escovado (uma face brilhante e a outra escovada).

Estão também disponíveis no mercado tubos, barras, bobinas e tiras de aço inoxidável. Os tubos e as barras nos formatos quadrado e redondo e bobinas e tiras de largura e comprimentos variáveis, atendendo à necessidade do produto.

Outra particularidade é que o aço tem cor. O tom de cinza não pode ser obtido com nenhuma liga de prata ou outro metal e à superfície do aço pode ser adicionadas outras cores, de acordo com a tecnologia desenvolvida nos laboratórios da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC.

### 2.3.5 Operações de modificação dos metais ferrosos

Ferraresi (1977) classifica que as operações com metais podem ser divididas em dois grupos: as operações de usinagem e as de conformação.

Ainda segundo Ferraresi (1971), entendem-se por usinagem as operações que, ao conferir à peça a forma, as dimensões pretendidas, o acabamento, ou ainda a combinação qualquer destes três itens, há a formação do cavaco<sup>25</sup>. E por conformação as operações que visam conferir à peça a forma, as dimensões pretendidas, o acabamento, ou a combinação qualquer destes três itens através da deformação plástica.

Bresciani Filho (1991) apresenta a conformação dos metais como sendo “a modificação de um corpo metálico para outra forma definida” e divide esta modificação em dois grupos de

---

<sup>25</sup> Cavaco – a porção de material da peça retirada pela ferramenta de forma geométrica irregular. (FERRASERI, 1977)

processos: os mecânicos, onde a forma é modificada pela aplicação de tensões externas e os metalúrgicos pela relação da modificação da forma à altas temperaturas.

Os processos mecânicos apresentados por Bresciani Filho (1991), são constituídos pelos processos de conformação plástica, para as quais são aplicadas tensões, geralmente inferiores ao limite de resistência à ruptura do material e pelos processos de usinagem onde as tensões aplicadas são sempre superiores ao limite de resistência à ruptura, sendo a forma final obtida por retirada de material – o cavaco.

Os processos metalúrgicos subdividem-se em conformação por solidificação – temperatura superior à de fusão do metal – e por sintetização – temperatura inferior à de fusão).

Mesquita (1997), define em seu artigo publicado em conjunto com a Acesita, ser a conformação um conjunto de técnicas e procedimentos necessários para transformar uma superfície plana – chapa, por exemplo – em produtos de formas e utilização definidas, como: cantoneiras, perfis, tubos, pias, cubas, mesas de fogão, entre outros.

Segundo Lesko (2004), os metais ferrosos apresentam um comportamento plástico que possibilita que haja deformação, ou seja, o material pode ser submetido a alongamentos e contrações até atingirem um ponto de fratura ou ruptura. A figura 02 mostra como se comporta um metal quando submetido a uma tensão e sua deformação.

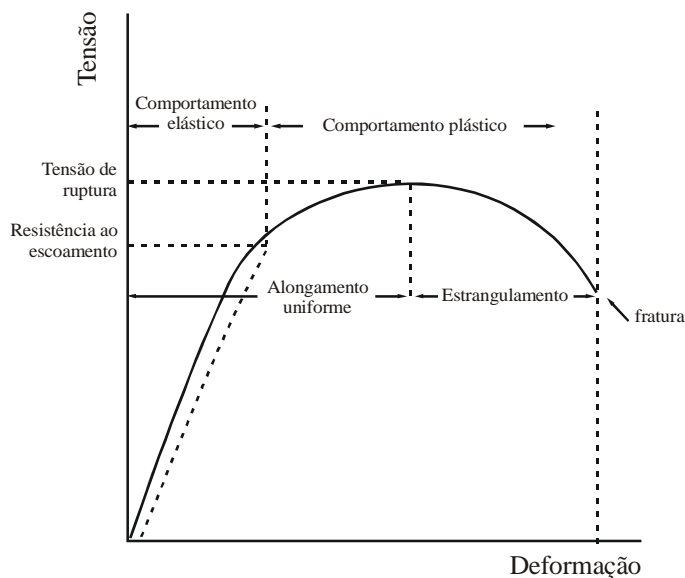


Figura 02 – Curva de tensão X deformação

Fonte: LESKO, Jim. **Design Industrial: matérias e processos de fabricação**. São Paulo : Editora Edgard Blüncher, 2004. 272p.

Mesquita (1997) aponta que o comportamento estrutural dos aços inoxidáveis, a exemplo dos aços carbono, é definido pela curva tensão-deformação representada na figura 03, onde um corpo de prova de material com dimensões padronizadas é submetido a um esforço de tração crescente até a sua ruptura.

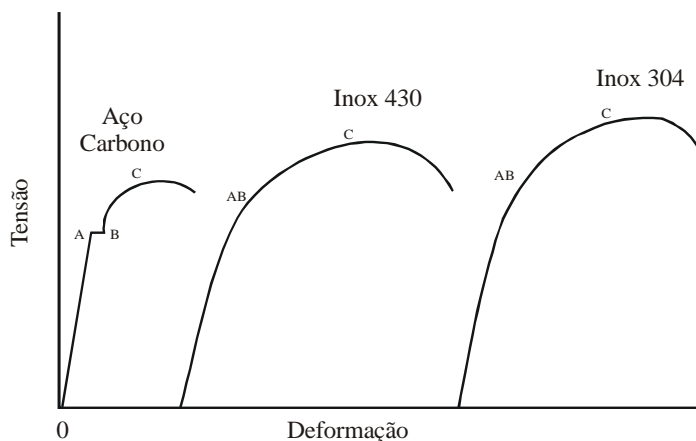


Fig. 03 – Comportamento estrutural dos aços<sup>26</sup>

<sup>26</sup> Pontos (0-A) as deformações não são permanentes. Cada tensão corresponde a uma deformação própria de cada aço. Cessado o esforço, o corpo de prova retorna às dimensões iniciais; Pontos (B-C) para cada tensão corresponde uma deformação permanente. Uma vez cessado o esforço, em qualquer momento deste domínio, o corpo de prova não retorna às dimensões iniciais; Pontos (A-B), existe um ponto para o qual o corpo de prova sofre deformação sem nenhum acréscimo de tensão. Diz-se que o material “escoa” neste ponto. Nos aços inoxidáveis, esta transição não é tão visível e define-se o

Fonte: MESQUITA, Eduardo Luiz Álvares e Rugani, Léo Lucas. Conformação dos Aços Inoxidáveis. “Noções Básicas de Caldeiraria e Serralheria em Aço Inox”. ACESITA, 1997. Disponível em <[http://www.acesita.com.br/interno.php?area=inox\\_apostilas](http://www.acesita.com.br/interno.php?area=inox_apostilas)>. Acesso em 10 ago. 2005.

A curva tensão X deformação é típica para cada aço. São usados como comparativos um aço carbono e os aços inoxidáveis AISI 304 e AISI 430. A curva demonstra que o Limite de Escoamento – LE dos aços carbono são ligeiramente mais elevados do que os aços inoxidáveis tipos 430 e 304. Porém, o Limite de Resistência – LR dos aços inoxidáveis são superiores aos dos aços carbono. O que significa dizer que os aços inoxidáveis suportam deformações maiores sem ocorrer fraturas. Dentre os aços inoxidáveis, os aços austeníticos (por exemplo, o tipo 304) apresentam este ramo plástico maior do que os aços ferríticos (por exemplo, o tipo 430) sendo especificados para conformações profundas.

Nas operações de conformação onde ocorrem corte e, no caso de dimensionamento de parafusos, rebites e pinos de fixação, que são submetidos a esforços cortantes, a tensão para a qual ocorre a ruptura é chamada de tensão de cisalhamento.

Uma das diferenças marcantes de comportamento às solicitações entre os vários tipos de aço é o encruamento.<sup>27</sup>

---

limite de escoamento (LE) como o ponto na curva determinado pela intersecção de uma paralela à reta que define o domínio elástico (0-A) a 0,2% de deformação permanente.

O ponto C determina o fim do ramo plástico e é definido como Limite de resistência (LR) (MESQUITA, 1997)

<sup>27</sup> Encruamento – aumento das características (dureza, limites de escoamento, de resistência e de cisalhamento) pelo efeito de trabalho mecânico (ACESITA, 2004).

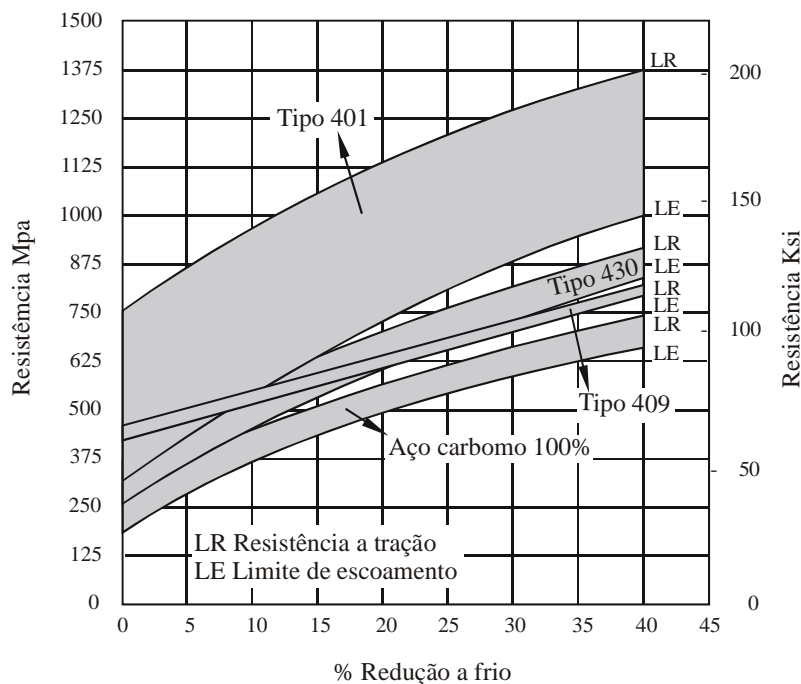


Fig. 04 – Curvas de encruamentos.

Fonte: MESQUITA, Eduardo Luiz Álvares e Rugani, Léo Lucas. Conformação dos Aços Inoxidáveis. “Noções Básicas de Caldeiraria e Serralheria em Aço Inox”. ACESITA, 1997. Disponível em <[http://www.acesita.com.br/interno.php?area=inox\\_apostilas](http://www.acesita.com.br/interno.php?area=inox_apostilas)>. Acesso em 10 ago. 2005.

Essas diferenças de comportamento ao trabalho mecânico a frio, demonstram que os esforços necessários para a conformação dos aços inoxidáveis são consideravelmente maiores que os exigidos para os aços carbono. Além dos aços inox apresentarem o LR superior aos dos aços carbono em condições equivalentes, tanto o LE quanto seu LR crescem a uma taxa maior que o crescimento destes parâmetros dos aços baixo carbono.

Dentre os aços inoxidáveis, os aços austeníticos “aceitam” maiores deformações que os aços ferríticos e assim diz-se que eles são mais “dúcteis”. Este efeito é conferido pelo níquel contido nos aços austeníticos e ausente nos aços ferríticos.

Dentre as técnicas e procedimentos usados para conformar um metal destacam-se os processos de: estampagem, dobramento, curvamento, furação e corte.



### 2.3.5.1 Conformação plástica

É importante compreender a conformação plástica dos metais porque mais de 80% de todos os produtos metálicos, diz Ferraresi (1977), são produzidos usando um ou mais estágios deste processo. Além da conformação plástica os metais podem ser cortados e soldados. A figura 05 mostra de forma resumida e simplificada os processos de transformações que podem ser aplicadas aos metais.

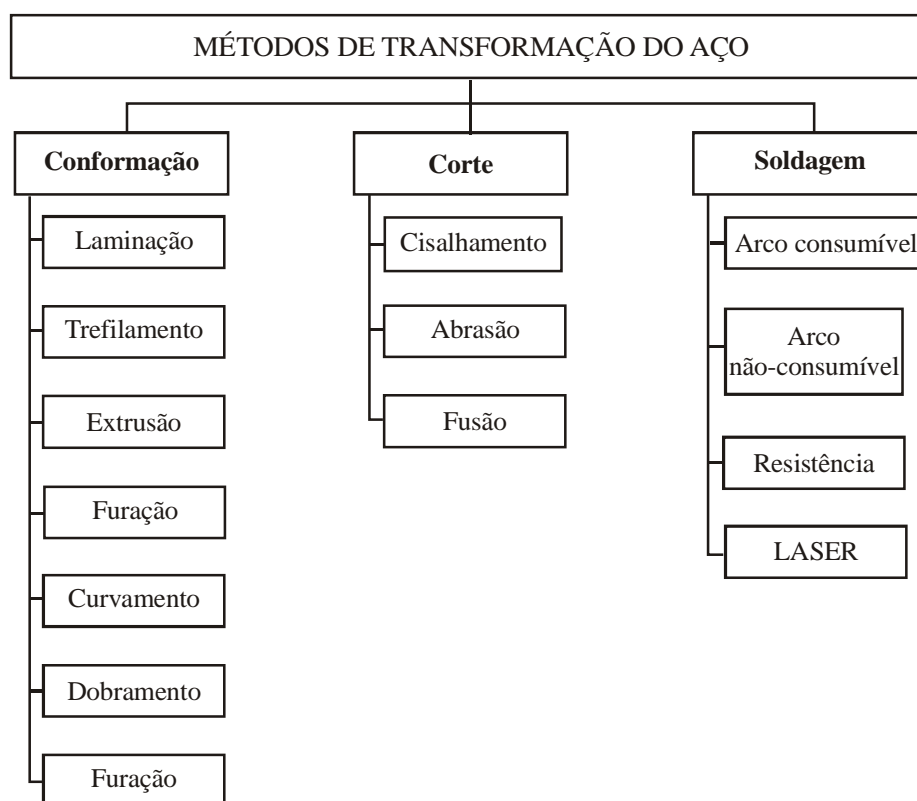
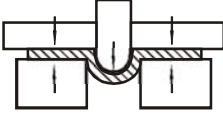


Figura 05 – Diagrama de transformações dos aços

Fonte: LESKO, Jim. **Design Industrial: matérias e processos de fabricação**. São Paulo : Editora Edgard Blüncher, 2004. 272p.

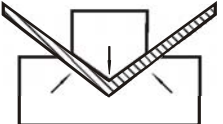
Segundo Bresciani Filho (1991), Lesko (2004) e Mesquita (1997) a conformação plástica dos aços acontece, em sua maioria nos no estado sólido. Os processos de laminação, trefilação e extrusão são procedimentos industrializados e de grande porte.

Os quadro 07, 08, 09 e 10 exemplificam estes processos que podem ser aplicados aos aços inoxidáveis em geral, na indústria e em pequena escala.

<b>Estampagem</b>	
Tipo de trabalho	A frio
Tipo de deformação	Permanente na região plástica por flexão furo, corte, dobra e repuxo
Como ocorre	Superfície externa tracionada e interna comprimida
Ferramentas	Prensas, estampos, dobradeiras, puncionadeiras
Ilustração	
Produtos e semi-produtos	Peças a partir de chapas
Função	Produzir peças com forma determinada

Quadro 07 – Estampagem

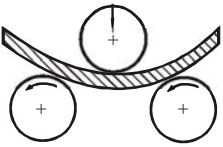
Fonte: Bresciani Filho (1991), Lesko (2004) e Mesquita (1997)

<b>Dobramento</b>	
Tipo de trabalho	A frio
Tipo de deformação	Permanente na região plástica por flexão Dobramento de fundo – uso de punção e matriz Dobramento em vazio – uso de punção e matriz em aberto
Como ocorre	Superfície externa tracionada e interna comprimida Ocorre o retorno elástico ( <i>springback</i> )
Ferramentas	Punção e matrizes
Ilustração	
Produtos e semi-produtos	Chapas, hastes, arames e tubos
Função	Produzir peças com forma determinada

Quadro 08 – Dobramento

Fonte: Bresciani Filho (1991), Lesko (2004) e Mesquita (1997)

<b>Curvamento</b>	
Tipo de trabalho	A frio
Tipo de deformação	deformação permanente em raios previamente determinados
Como ocorre	Superfície externa tracionada e interna comprimida,
Ferramentas	Calandra de passo e calandra piramidal

Iustração	
Produtos e semi-produtos	Peças curvadas
Função	Chapas, perfis, placas, barras e tubos

Quadro 09 – Curvamento

Fonte: Bresciani Filho (1991), Lesko (2004) e Mesquita (1997)

<b>Furação</b>	
Tipo de trabalho	A frio
Tipo de deformação	Corte com formação de cavaco
Como ocorre	Superfície cortada
Ferramentas	Puncionadeira, furadeira de coluna e radial
Produtos e semi-produtos	Peças perfuradas
Função	Produzir aberturas

Quadro 10 – Furação

Fonte: Bresciani Filho (1991), Lesko (2004) e Mesquita (1997)

### 2.3.5.2 PROCESSOS DE CORTE

Na indústria a palavra corte não é aplicada para descrever um processo, exceto para cortes brutos ou envolvendo chapas sobrepostas. De acordo com Colombier (1965), os processos de corte são operações que envolvem:

- cisalhamento – uso de guilhotinas, tesouras e discos rotativos de vários tipos;
- abrasão – discos de corte, serras de vários tipos e corte por jato d'água;
- fusão – plasma e corte a laser.

Os cortes mais indicados aos aços inoxidáveis são os cortes por fusão, que serão explorados a seguir.

**Corte à plasma** (*Plasma Air Cutting – PAC*)

O plasma, também conhecido como o quarto estado da matéria, surge através da adição de energia ao vapor. Segundo Secco (2006), algumas de suas propriedades são alteradas, como a temperatura e características elétricas. Esse processo é chamado ionização e quando isso acontece os gases tornam-se plasma. O plasma é um condutor elétrico, e quanto menor for o local em que ele se encontrar, tanto maior será sua temperatura.

Secco (2006) aponta que existem quatro sistemas de corte por plasma: plasma de gás; plasma com fluxo de gás secundário (dióxido de carbono); plasma com injeção de água e plasma sobre ou sob água. O segundo tipo incorpora em seu processo o oxigênio presente no ar que fornece uma energia adicional e aumenta a velocidade de corte em 25%. Esse processo pode ser usado para corte de aço inoxidável e alumínio. Entretanto, a superfície desses materiais tende a ficar fortemente oxidada, o que não é adequado para certas aplicações.

Durante a realização do corte plasma produz-se uma elevada concentração de calor, que é própria do processo. Secco (2006) lembra que as altas correntes utilizadas geram intenso nível de ruído e as operações produzem fumaça e gases tóxicos. Por isso, é preciso que haja nessas áreas de trabalho boa ventilação e sejam utilizados protetores de ouvido. Roupas apropriadas e uso de óculos escuros são também necessários, por causa da radiação ultravioleta.

O processo de corte plasma pode cortar praticamente todos os metais e peças de pequena espessura de aço de baixo teor de carbono. O corte pode ser feito de forma imediata, sem necessidade de um pré-aquecimento do equipamento. A figura 06 mostra de forma esquemática como funciona a tocha de plasma.

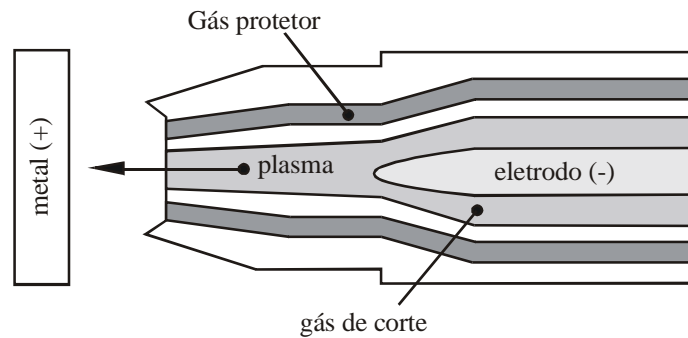


Fig. 06 – esquema básico de uma tocha de plasma.

Fonte: MY SPACE: Como as coisas funcionam, 2003 Disponível em <<http://myspace.eng.br/como/comoe1.asp>> Acesso em 31 de out. 2005.

Na grande maioria dos equipamentos existentes, o processo de corte plasma é mecanizado (copiadoras e pantógrafos). Tochas para cortes manuais também são utilizadas, mas em menor escala.

### **Corte a LASER (*Laser Beam Cutting* – LBC)**

O nome LASER é a abreviatura da descrição do processo em inglês *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* que em uma tradução livre para o português seria: Amplificação da luz através da emissão estimulada de radiação.

Secco (2006) comenta que, de forma simplificada, pode-se dizer que o LASER é um dispositivo que produz um feixe de luz concentrado, obtido por excitação dos elétrons de determinados átomos, utilizando um veículo ativo que pode ser um sólido (o rubi) ou um líquido (o dióxido de carbono sob pressão). Este feixe de luz produz intensa energia na forma de calor.

Ainda segundo Secco (2006), a incidência de um feixe de laser sobre um ponto da peça é capaz de fundir e vaporizar até o material em volta desse ponto. Desse modo, é possível furar e cortar praticamente qualquer material, independentemente de sua resistência mecânica. Atualmente, o tipo mais comum de laser usado na indústria utiliza o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como veículo ativo. Outros gases, como o nitrogênio (N<sub>2</sub>) e o hélio (H), são misturados ao

dióxido de carbono para aumentar a potência do laser. A figura 07 mostra um esquema básico de um sistema de feixe de LASER.

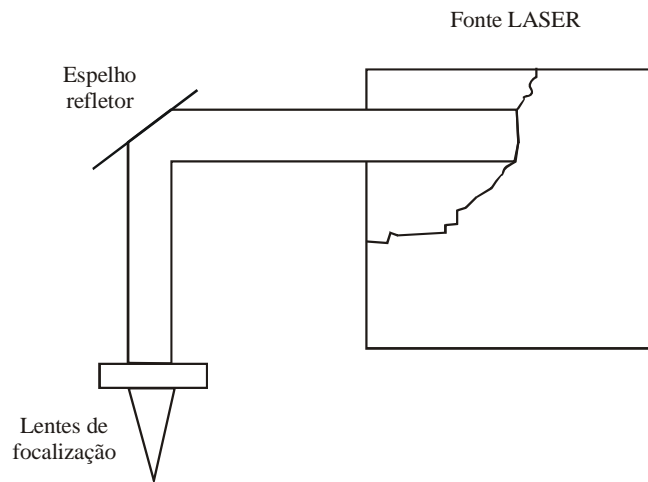


Fig.07 – Esquema básico de equipamento de corte LASER

Fonte: INFOSOLDA. Informações Técnicas: processo de corte – laser. Disponível em: <[http://www.infosolda.com.br/corte\\_laser.htm](http://www.infosolda.com.br/corte_laser.htm)>. Acesso em 19 abr. 2005

O corte a laser é um processo rápido e silencioso, ideal para chapas finas de metal, madeira, plástico, vidro e cerâmica, com um mínimo de desperdício e sem distorções. Para Secco (2006), ao utilizar o LASER tem-se um corte de altíssimo nível de precisão, o que permite realizar tarefas extremamente delicadas.

Os sistemas de corte a laser não podem ser operados manualmente, pois o processo envolve alta concentração de energia, uma vez que o feixe deve ser muito concentrado e o corte ocorre a velocidades muito altas.

Secco (2006) ressalta que o equipamento mais comum consiste em mesas móveis, com capacidade de movimentação segundo os eixos x, y e z. Os eixos x e y determinam as coordenadas de corte, enquanto o eixo z serve para corrigir a altura do ponto focal em relação à superfície da peça, pois, durante o corte, esta distância é afetada por deformações provocadas na chapa, pelo calor decorrente do próprio processo.

As coordenadas de deslocamento geralmente são comandadas por um sistema CAD (Computer Aided Design ou, em português, projeto assistido por computador), acoplado à

mesa de corte. Nas máquinas de corte a laser, o material a ser cortado normalmente encontra-se em forma de chapas. Embora existam máquinas que se destinem ao corte de tubos, estas não são muito conhecidas.

O uso de máquinas de corte a laser é recomendado quando as peças apresentarem formas complicadas e for exigido um acabamento de superfície praticamente livre de rebarbas na região de corte. Como esse processo não requer estampos de corte, é possível produzir rapidamente lotes pequenos e diversificados.

Secco (2006) ressalta que a elevada velocidade e a alta precisão do corte combinados com o excelente acabamento superficial têm elevado a utilização deste processo de corte para a produção de peças de formatos complexos que, muitas vezes, não necessitam de acabamento posterior.

#### 2.5.3.3 SOLDAS

Existem diversas maneiras de unir duas partes metálicas. Entre elas está a soldagem, que é um processo de junção, utilizando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão.

Segundo Lesko (2004), a soldagem Os processos de soldagem podem ser classificados de acordo com o tipo de fonte de energia ou de acordo com a natureza da união. Uma forma de classificação dos processos de soldagem consiste em agrupá-los em dois grupos: soldagem por pressão (ou deformação) e por fusão. A soldagem por resistência envolve as seguintes variantes de processo: soldagem a ponto, soldagem com costura, soldagem topo-a-topo e soldagem por projeção. Já a soldagem com arco elétrico pode ser subdividida entre soldagem com eletrodo consumível e soldagem com eletrodo não consumível. No primeiro caso estão englobados os processos de soldagem com eletrodo revestido, processo de soldagem MIG/MAG, processo de soldagem com eletrodo tubular e processo de soldagem com arco submerso. Os processos que utilizam eletrodo não consumível são soldagem TIG e soldagem

com plasma. A figura 08 apresenta de forma esquematizada as formas de soldagem dos aços inoxidáveis.

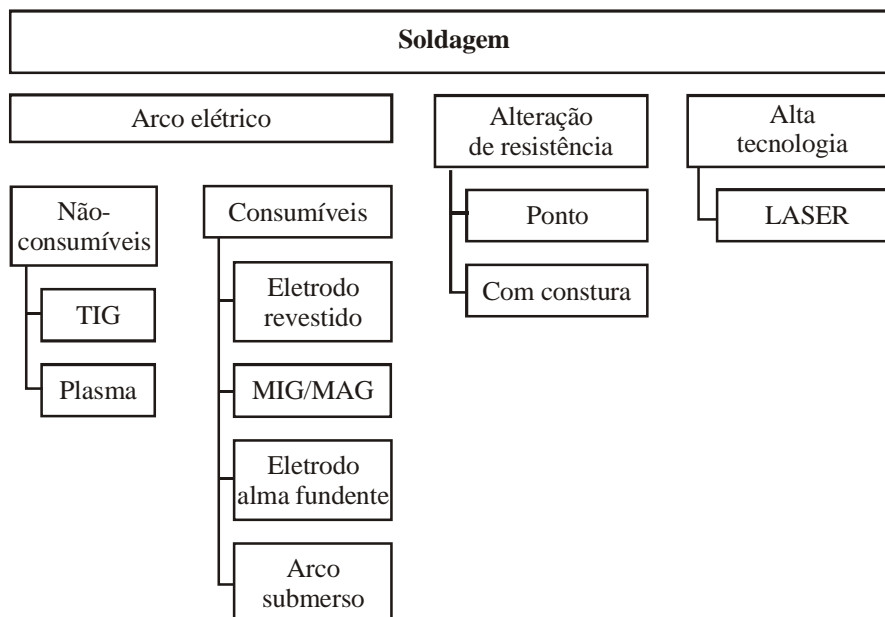


Figura 08 – Diagrama de tipos de soldagens

Fonte: LESKO, Jim. **Design Industrial: matérias e processos de fabricação**. São Paulo : Editora Edgard Blüncher, 2004. 272p.

Todos os processos citados podem ser utilizados para a soldagem dos aços inoxidáveis. A escolha do tipo de solda depende do resultado desejado ou necessário.



## CAPÍTULO 3

---

Com base na pesquisa sobre as técnicas e o processo de produção da jóia tradicional e as informações coletadas sobre o aço inoxidável percebeu-se que ainda há muito que ser desenvolvido no que diz respeito à confecção artesanal de jóias usando o aço inoxidável como matéria-prima base.

No entanto, ao analisar o que a literatura tem a oferecer sobre o aço inoxidável, suas propriedades e particularidades, acredita-se ser possível trabalhar o metal em outras esferas, não ficando restrita sua aplicação à construção civil e aos utensílios domésticos, por exemplo.

A escassez de material teórico que abrangesse o processo produtivo artesanal de jóias em aço inoxidável, fez com que o pesquisador buscasse alternativas que pudessem ser compreendidas e adaptadas à necessidade do projeto.

Encontrou-se na avaliação do trabalho de um artista plástico as informações necessárias para o desenvolvimento de um protótipo de uma jóia em aço inoxidável, baseada nas técnicas e procedimentos adotados na confecção de uma peça de arte.

O trabalho do artista plástico desenvolve-se a partir de uma gama de fatores que influenciam não apenas seu modo de trabalhar, mas também sua relação com clientes e fornecedores: disponibilidade de equipamentos e ferramentas, características ambientais do local de trabalho, domínio técnico das ferramentas que ele utiliza, habilidade manual, enfim, a combinação de uma série de elementos determinantes na prática cotidiana do artista.

Por outro lado há fatores que fogem da competência do artista, mas que influenciam no seu trabalho, tais como: viabilidade do material almejado para cada peça a ser desenvolvida, qualidade nas etapas terceirizadas, acesso a equipamentos e ferramentas não domésticas, entre outras. A seguir será feita uma explanação sobre estes elementos citados acima.

### 3.1 Aplicação do Aço Inoxidável nas artes plásticas: uma situação de referência no trabalho

A obra de um artista plástico deve ser analisada e compreendida em sua integridade e não por partes. E para entender sua criação é preciso conhecer seu criador e as razões que o levaram a seguir esta ou aquela vertente artística.

Darlan Manoel Rosa nasceu na cidade mineira de Coromandel, mora e trabalha em Brasília desde 1967.

Seu trabalho como artista plástico teve início em 1965. Seus trabalhos já foram expostos nos principais salões de arte brasileiros e em salões no exterior. Dentre estes se destacam a Bienal Internacional de São Paulo em 1976, no México em 1986, nos Estados Unidos em 1996 e 1998, na Holanda em 2000 e na Coreia em 2004.



Fig. 09 – exposição de Cergy, França.

A mais recente foi realizada na França nas cidades de Cergy e em Paris, nos meses de outubro e novembro de 2005 durante as comemorações do ano do Brasil na França. Nesta oportunidade foram expostas 5 esculturas em alumínio naval construídas com este material com o propósito de facilitar o transporte.

Exemplos de esculturas em aço inoxidável, objetos de análise desta pesquisa podem ser vistas em locais públicos nas cidades brasileiras de Brasília, DF; Campo Grande, MS; Fortaleza, CE; São Luís-MA e em El Salvador.

### 3.1.1 O ambiente de trabalho

O ateliê do artista está localizado na sua própria casa, em Brasília, em uma área residencial no Plano Piloto, Asa Sul.

Não existe uma separação entre a casa e o ateliê. As máquinas, ferramentas e matéria-prima estão alojadas em diversas partes da casa. Furadeira, dobradeira e as placas de aço inoxidável ficam na varanda; o equipamento de corte a plasma fica no terraço e o computador no primeiro andar, próximo da entrada do terraço.

As máquinas e ferramentas estão divididas desta forma devido ao barulho que fazem e pelo nível de exposição e periculosidade que apresentam.

### 3.1.2 Ferramentas e equipamentos

O equipamento de corte a plasma fica no terraço da casa, por ser um equipamento que emite gases tóxicos e radiação nociva aos olhos.

O metal é cortado sobre uma mesa de ferro com o tampo formado por tiras aço (fig. 10), como uma grade, para que o feixe de luz atravesse o aço sem afetar o suporte.

Devido à radiação que o feixe de luz emite torna-se necessário o uso de óculos de proteção com filtro ultravioleta. Olhar diretamente para esta luz provoca dor na região dos olhos e dor de cabeça. Além dos óculos é preciso usar luvas e máscara com filtro para partículas finas.



Fig. 10 – mesa de corte e tocha de plasma.

Fonte: imagem cedida pelo artista

Outras ferramentas são a furadeira, o esmeril (fig. 11) e a guilhotina (fig. 12) que exigem habilidade e atenção do operador.



Fig. 11 – esmeril e furadeira

Fonte: imagem cedida pelo artista



Fig. 12 – guilhotina

Fonte: imagem cedida pelo artista

Além dos equipamentos de corte, são utilizadas ferramentas para dar acabamentos e corrigir pequenas imperfeições. Dentre elas podem ser citados o martelo, limas, lixas e alicates, entre outros.

O artista não dispõe de equipamentos de solda, dobradeiras, puncionadeiras ou calandras, sendo estes serviços, quando necessários, são terceirizados.

### 3.1.3 Desmontando e remontando a obra

As obras realizadas pelo artista são, em sua grande maioria, esculturas em forma de esfera multifacetada, de grandes proporções. Por serem destinadas a espaços públicos ou áreas abertas, são de grandes proporções. Além das esferas, o artista desenvolve peças menores, no formato esférico e figuras em duas dimensões (2D).

As esculturas são confeccionadas em aço inoxidável e a montagem das figuras que compõem a esfera unidas com parafusos e porcas.

As figuras 13 e 14 mostram exemplos das peças.

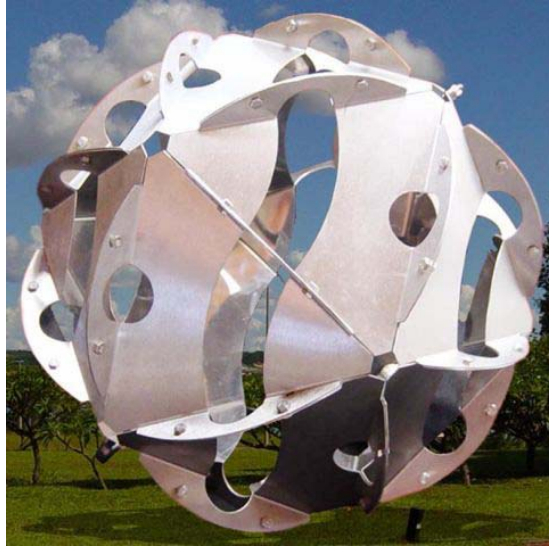


Fig. 13 – escultura em aço inoxidável tipo AISI 304, com 200cm de diâmetro.

Foto: cedida pelo artista.



Fig. 14 – escultura em aço inoxidável tipo AISI 304, com 200cm de diâmetro. Colocada em frente ao Colégio Marista, Brasília-DF.

Foto: cedida pelo artista

As esculturas eram, no início, confeccionadas em aço carbono e montadas apenas com o uso de solda, formando uma peça maciça (figs. 15 e 16). À medida que o artista desenvolvia estas peças maciças e em aço carbono, percebeu que havia pontos desfavoráveis:

- dificuldade na locomoção, no caso das esferas de grandes dimensões;
- peças muito pesadas;

- necessidade de tratamento químico anti-ferrugem (pintura).

Para solucionar estas dificuldades, foram elaboradas as esferas em aço inoxidável, em módulos e unidas com parafusos e porcas.

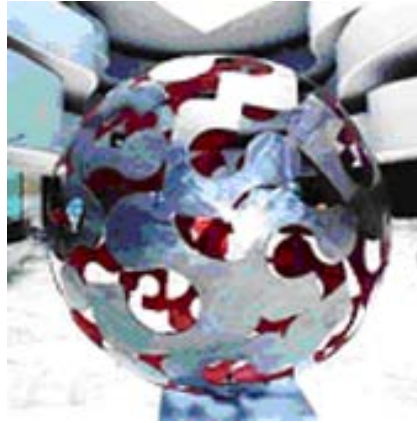


Fig. 15 – esfera em aço carbono, com 100cm de diâmetro. Localizada no saguão Blue Tree Hotel, em Brasília-DF

Foto: Carlos Terrana



Fig. 16 – esferas em aço carbono, com 220cm de diâmetro. Localizada no jardim em frente ao Memorial JK, em Brasília-DF

Foto: Carlos Terrana

As esferas são compostas por figuras ou formas que interagem entre si formando outros e novos desenhos. Estas figuras podem ser geométricas, antropomórficas ou ambas combinadas (figs. 17 e 18). As figuras em 2D partem do mesmo princípio das formas que compõem as

esferas, sendo que sua apresentação pode ser colocada em pequenas caixas-moldura ou fixa na parede, como uma mandala como pode ser visto nas imagens da figura 17.



Fig. 17 – escultura em 2D, aço inoxidável tipo AISI 430, colocada em caixa-moldura de 30X30cm e escultura em 2D, aço inoxidável tipo AISI 430, com 50cm de diâmetro

Foto: cedida pelo artista



Fig. 18 – escultura em aço inoxidável tipo AISI 430, com 70 X 70 X 500cm

Foto: cedida pelo artista.



Na primeira fase do processo de produção de uma escultura são definidos os desenhos ou formas que vão compor a peça, a dimensão da total, o tamanho de cada figura e o local onde será instalada.

Os desenhos são desenvolvidos, a princípio usando um software de desenho, com o auxílio de mesa digitalizadora e caneta digital que substituem os tradicionais pincel e tinta.

Com os desenhos definidos uma maquete virtual é criada, a fim de verificar a composição final e averiguar se está de acordo com a idéia inicial, usando um software de modelagem tridimensional. Em seguida é criada uma maquete real usando materiais alternativos. O ideal seria que estas maquetes fossem executadas no mesmo material final da obra de arte, mas isto elevaria os custos de cada peça e limitaria o artista a eventuais mudanças e alterações que julgasse necessária.

As primeiras maquetes foram feitas em papel machê sobre bolas de plástico infláveis, no entanto esta técnica apresentava limitantes que levaram o artista a buscar outro material que tivesse características semelhantes as do aço inoxidável.

O material mais usado para as maquetes é o polipropileno, termoplástico usado em capas de encadernação. Este polímero apresenta a mesma resistência a deformação que o aço e é de fácil manuseio. Pode ser cortado com tesoura ou estilete, furado, dobrado e parafusado.

Nesta etapa são definidas quantas peças de cada desenho serão confeccionadas para compor a esfera, eventuais adequações de formas e acréscimo de outras peças que antes não estavam previstas. Existem fatores como a gravidade, o peso do material e a estrutura de sustentação que agregados ao projeto, transformam ou deformam o objeto.

É necessário enfatizar que a precisão na escolha dos elementos que irão compor a escultura são primordiais devido ao fato de que uma vez a peça for cortada no aço e conformada, não é possível voltar atrás (desmanchar) e refazer. Peças com erro são descartadas.

O processo de fundição do aço é feito apenas nas esferas industriais e não deve ser levada em consideração em pequenas escalas.

A segunda fase é onde são feitos os cortes das peças no aço. Estes cortes são feitos, em sua maioria, no próprio ateliê do artista, com o equipamento de plasma e em alguns casos usando serra tico-tico ou o corte LASER. Para guiar o corte plasma, são feitos moldes em MDF<sup>28</sup>, a partir dos desenhos pré-definidos.

Para facilitar o manuseio, as chapas de aço inoxidável são encomendadas, pré cortadas nos tamanhos aproximados de cada peça, levando em conta as dimensões das chapas ou bobinas, evitando desperdício.

Para o corte, a chapa de aço é colocada sobre a mesa própria e o molde em MDF é sobreposto a ela e preso com grampos de ferro para não haver riscos de sair do lugar. O operador do plasma e todos os demais que estiverem presentes no momento do corte devem usar todos os equipamentos de segurança individual (EPI), tais como luvas de couro para não cortar as mãos no aço, óculos com proteção ultravioleta, máscara com filtro de ar e protetor auricular.

Depois que as peças são cortadas, são lavadas com decapante e água para retirada de resíduos e manchas decorrentes do corte. Peças lavadas e secas seguem para as etapas de furação e dobras.

O ateliê dispõe de furadeira industrial e uma pequena dobradeira, que atende às necessidades do artista. Caso julgue necessário, a peça é levada a uma metalúrgica onde podem ser executados serviços de calandragem e estampagem.

As peças que forem enviadas para metalúrgica para corte LASER devem seguir os seguintes passos.

---

<sup>28</sup> O MDF Duratex é uma chapa de fibra de madeira de média densidade, produzida com fibras de madeira de pinus de reflorestamento, e que oferece grande resistência, homogeneidade e estabilidade dimensional. (<http://www.catep.com.br/dicas/MDF%20DURATEX.htm>, 2006)

- as peças precisam ser desenhadas em softwares do tipo CAD, e estar em escala de 1:1, com as dimensões em milímetros;
- os desenhos podem ser enviados via correio eletrônico para a metalúrgica acompanhados de um desenho técnico onde ficam especificados todos os detalhes, como locais de dobra, furos, calandras e estampas;
- é informado o número de cópias que se deseja de cada peça e a espessura da chapa a ser cortada.

O que define se o corte de uma peça será feito com plasma ou LASER é o nível de detalhamento e o tamanho dos cortes. O plasma atende bem a cortes de peças grandes, sem muitos detalhes e o LASER peças ricas em detalhes, pequenas e de cortes precisos.

Depois do corte feito, a próxima etapa é fazer os acabamentos necessários e/ou desejados. Para as peças cortadas a LASER, os acabamentos se limitam a polimentos e texturas na superfície, não sendo necessário fazer nenhum outro tipo de acabamento para retirar rebarbas ou lascas resultantes do corte.

Nas peças cortadas com o plasma, os acabamentos são necessários para refinar o corte, eliminar rebarbas, lascas e manchas decorrentes do corte. Os acabamentos são feitos usando lixas, limas e ceras de polimento específicas para o aço inoxidável.

A forma como as peças serão unidas entre si depende do resultado que se pretende obter. A união das peças pode ser feita com uso de solda ou com parafusos. As montagens com solda são feitas na metalúrgica e as montadas com parafusos no próprio ateliê do artista ou no local em que a obra será instalada.

Durante a montagem podem surgir problemas que não estavam previstos no projeto, ou de peças que não ficaram de acordo com o esperado:

- para problemas de encaixe nas juntas de união dos parafusos, alargamento dos orifícios;

- para problemas na peça cortada é preciso refazer, seja para as cortadas com plasma ou LASER.

O desenho das peças é uma das etapas primordiais do projeto, onde uma peça mal elaborada e mal desenhada pode comprometer todo o projeto.

### 3.2 Uma análise das jóias em aço inoxidável disponíveis no mercado

Das visitas às joalherias e da pesquisa na Internet, foi possível verificar que não há muita diversidade no design das jóias em aço inoxidável industrializadas. Pode se destacar as peças com desenhos baseados no conceito das pulseiras de relógio, como as demonstradas a seguir nas figuras 19 e 20:



Fig. 19 – pulseiras em aço inoxidável, coleção Duo masculina

Fonte: SÉCULUS Jóias. Disponível em: <<http://www.portalseculus.com.br/>>. Acesso em 25 out. 2004.



Fig. 20 – pulseiras em aço inoxidável da coleção *Trendsetter*.

Fonte: NOMINATION. Italian Charm: the original jewelry collection by Nomination. Disponível em: <<http://www.nomination.com/collection.html>>. Acesso em out. 2004.

Das empresas pesquisadas, podem ser citadas a empresa brasileira Séculus e a italiana *Nomination* que produzem e comercializam jóias industriais em aço inoxidável. Ambas confeccionam pulseiras, braceletes, colares, pingentes e brincos.

As figuras 21 a 24 mostram alguns exemplos de jóias em aço confeccionadas industrialmente:



Fig. 21 – Pingente em aço inoxidável com aplicação em ouro no centro, coleção Duo Feminina.

Fonte: SÉCULUS Jóias. Disponível em: <<http://www.portalseculus.com.br/>>. Acesso em 25 out. 2004.



Fig. 22 – Pingente em aço inoxidável com aplicação em ouro, preso a cordão de couro, com fechamento em cubo de aço inoxidável deslizante, *S.Tropez*, série *Solid*.

Fonte: NOMINATION. Italian Charm: the original jewelry collection by Nomination. Disponível em: <<http://www.nomination.com/collection.html>>. Acesso em out. 2004.



Fig. 23 – Pingente em aço inoxidável, coleção Duo Feminina.

Fonte: SÉCULUS Jóias. Disponível em: <<http://www.portalseculus.com.br/>>. Acesso em 25 out. 2004.



Fig. 24 – Pingente em aço inoxidável com brilhantes, preso a cordão de couro, coleção *Details*, série *Freestyle*.

Fonte: NOMINATION. Italian Charm: the original jewelry collection by Nomination. Disponível em: <<http://www.nomination.com/collection.html>>. Acesso em out. 2004.

Pôde-se observar que todas as jóias apresentam formas em linhas retas e simples, diferente do que normalmente é visto nas jóias confeccionadas em ouro e prata. Na sua maioria, as peças são compostas de formas geométricas e desenhos recortados. Não se vê peças compostas, com itens sobreposição de aço ou composições complexas.

Além do desenho com características particulares, observou-se a forma como a solda é aplicada. A figura 25 é de um brinco composto por dois tipos de peças: dois quadrados arredondados e duas peças que unem estes quadrados. As peças de união são as que recebem a solda, que fica por trás, mas está visível.

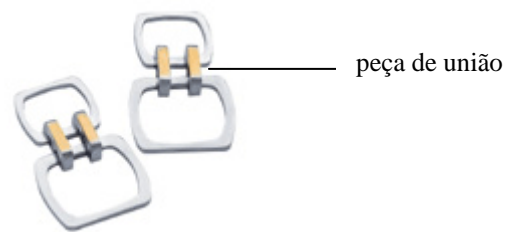


Fig. 25 – Brinco em aço inoxidável com detalhes em ouro, coleção Duo Feminina

Fonte: SÉCULUS Jóias. Disponível em: <<http://www.portalseculus.com.br/>>. Acesso em 25 out. 2004.

As aplicações mais freqüentes de solda em objetos de aço inoxidável estão em peças maiores que uma jóia onde o fato da solda estar aparente, não influenciam na aparência.

### 3.2.1 Um teste do uso do aço inoxidável na confecção artesanal de jóias

Sendo o universo das jóias diversificado, o estudo foi limitado a braceletes, por serem peças que podem ser construídas a partir de formas inteiras, com recortes e sem pontos de junção, ou encaixes.

É inegável que a produção de jóias em aço inoxidável se faz possível, mas de forma industrializada, uma vez que o mercado dispõe de peças para comercialização, mas não foram encontradas bibliografias que tratem da produção artesanal de jóias em aço.

Optou-se, então, por absorver as técnicas e o processo produtivo adotados pelo artista plástico, na construção de sua obra, também em aço inoxidável.

A partir das informações obtidas no capítulo anterior, das observações feitas sobre as jóias industriais em aço inoxidável, disponíveis no mercado e as características do aço inoxidável, foi possível delimitar os parâmetros possíveis ao propor a confecção artesanal de uma jóia usando o aço inoxidável. O quadro 11 mostra um comparativo entre as técnicas aplicadas a modelagem do metal (ouro) nas jóias tradicionais e as aplicadas ao aço assim como as ferramentas utilizadas em ambos os casos.

	<b>Jóia tradicional</b>	<b>Aço inoxidável</b>
Fundição	Dentro de cadinho aquecido com maçarico, onde é feita a adição dos elementos de liga.	A fundição é feita a altíssimas temperaturas, sendo necessário fornos especiais. O aço chega às metalúrgicas na forma de chapas, tubos, barras e blankes, com a adição dos elementos de liga, espessura e formatos predeterminados.
Adição de liga(s)		
Laminação	Laminador	São usadas ferramentas similares às usadas para beneficiar o ouro, porém em escalas diferentes.
Trefilação/fiação	Fiador	
Corte	Guilhotina, serra, tesoura	Plasma e LASER
Modelagem	Uso de têmpera. Tribulê, martelo, macete, alicates	À frio. Tribulê, martelo, macete, alicates, calandra, estampo, dobradeira
Soldagem	Maçarico, soldarom e liga metálica	Arco elétrico, alteração de resistência e LASER
Acabamento	Lixas, limas, motor de chicote e assessórios.	Lixas, limas, motor de chicote e assessórios.
Polimento	Politriz	Politriz

Quadro 11 – Jóia tradicional X aço

O primeiro ponto que fica claro é que não é possível utilizar todos os conceitos e técnicas aplicadas à confecção de uma jóia tradicional na proposta de uma jóia artesanal em aço. As etapas de fundição e adição de liga não podem ser aplicadas de forma artesanal ao aço da mesma forma que acontece com o ouro, limitando os procedimentos de fundição nos casos de resultados não satisfatórios. No entanto as ferramentas usadas para dar acabamento e modelagem podem ser aproveitados.

A indústria que beneficia e conforma o aço está equipada para trabalhos em dimensões e proporções muito diferentes de uma jóia, sendo que nem tudo o que está disponível pode ser aproveitado. Acredita-se que seja possível adequar os equipamentos e as ferramentas hoje disponíveis nas metalúrgicas, mas seria necessário um maior aprofundamento no assunto. Dos procedimentos disponíveis para beneficiamento do aço nas metalúrgicas, será usado apenas o corte LASER.



### 3.2.2 Desenvolvimento dos braceletes

A proposta inicial consistiu em desenhar 10 braceletes e destes selecionar apenas 5 para serem produzidos. O estudo para um protótipo de confecção artesanal de jóia em aço foi composto das seguintes etapas:

1. pesquisar as formas, os desenhos ou figuras que poderiam compor os braceletes e selecionar aquelas consideradas possíveis de serem trabalhadas;
2. determinar uma medida de circunferência de pulso para ser usada como área de trabalho. Esta área foi determinada pelo pesquisador;
3. desenvolver o estudo dos desenhos para os braceletes, o feitiço das maquetes e os testes para verificar se os braceletes se adaptam ao corpo (ao braço) com conforto e beleza.

Todas as etapas foram desenvolvidas usando como base as técnicas e o processo produtivo que o artista plástico utiliza na concepção de suas obras de arte.

O aço inoxidável escolhido para os braceletes foi o tipo AISI 304, com 1mm de espessura. A escolha por este tipo de aço foi determinada, em primeiro lugar, por se tratar de um aço austenítico, não ser magnético, por poder ser soldados (para futuras peças) e por estar disponível em pronta entrega nas metalúrgicas. Outro tipo que também atende aos propósitos e às necessidades de uma jóia é o AISI 316, mas para este teste o protótipo foi executado com o AISI 304.

Para trabalhar os desenhos definiu-se que a medida dos braceletes iria variar entre 130 e 170 mm de comprimento e de 20 a 50 mm de largura. Esta medida foi determinada com base em braceletes, pulseiras e o diâmetro do pulso do pesquisador. Com a área de trabalho determinada começam os ensaios com as formas e desenhos.

Os primeiros estudos foram feitos em um programa de desenho vetorial, mas logo constatou-se que a ferramenta era rudimentar para o tipo de trabalho. Um desenho vetorial não pode ser convertido em um arquivo válido em um programa do tipo CAD. O ideal era

usar a ferramenta CAD diretamente. Esta ferramenta é muito usada por engenheiros e arquitetos e seu manuseio requer conhecimentos aprofundados.

Com o software definido, era preciso determinar como seriam estes braceletes: se peças inteiras, sólidas ou formadas por partes unidas por elos ou outros artifícios.

Este estudo não aprofundou sua pesquisa nas técnicas de soldagem, dobramento e estampagem do aço. Sendo assim, pulseiras articuladas, unidas por elos ou com aplicação de solda foram descartadas neste momento, dando ênfase às composições de peças inteiras, explorando os desenhos vazados por recortes.

O desenho é uma das etapas mais importantes na produção de uma jóia. No caso da jóia em aço é fundamental.

Sendo o aço um metal que não pode ser derretido com facilidade para que uma peça possa ser refeita, caso haja erro no projeto – como ocorre no manuseio do ouro e da prata – é de suma importância que o desenho seja feito com requinte de perfeição. Desenhos sintéticos e com poucas repetições de formas não incorrerem em imperfeições no corte ou defeito no ato de conformar a peça.

O LASER lê tudo o que for desenhado, inclusive os pequenos defeitos. Desenhos muito rebuscados e ricos em detalhes podem gerar mais erros e defeitos que ficam aparentes.

Os desenhos das peças selecionadas foram inspirados nas formas da natureza e suas representações:

- Bolas – inspirada nas formas obtidas de pedras sobrepostas (fig 26);
- Ondas – ondas do mar (fig. 27);
- Freqüência – gráficos de freqüências de ondas sonoras(fig. 28);
- Pérolas – pérolas nas conchas (fig. 29);
- Amebas – forma amebóide (fig. 30).

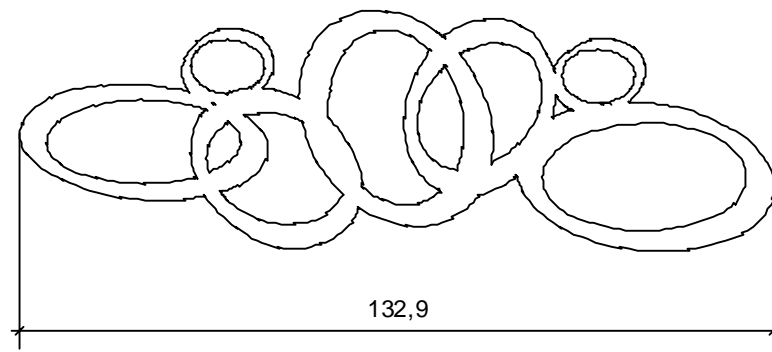


Fig. 26 – Desenho para bracelete BOLAS

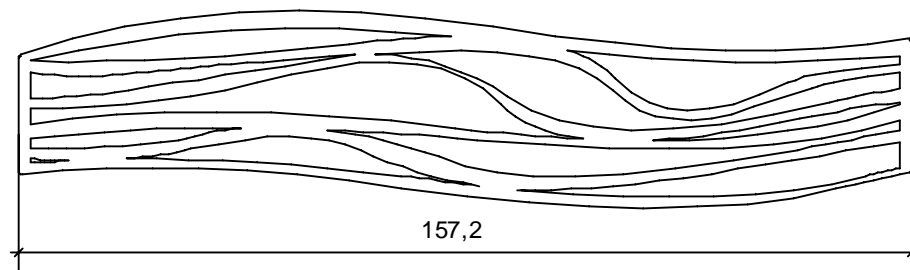


Fig. 27 – Desenho para bracelete ONDAS

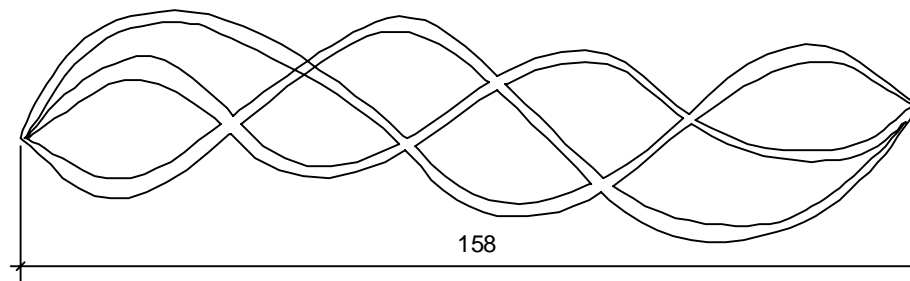


Fig. 28 – Desenho para bracelete FREQUÊNCIA

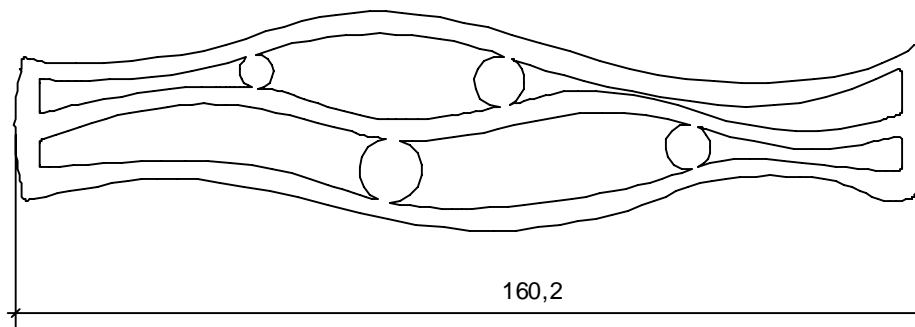


Fig. 29 – Desenho para bracelete PÉROLAS.

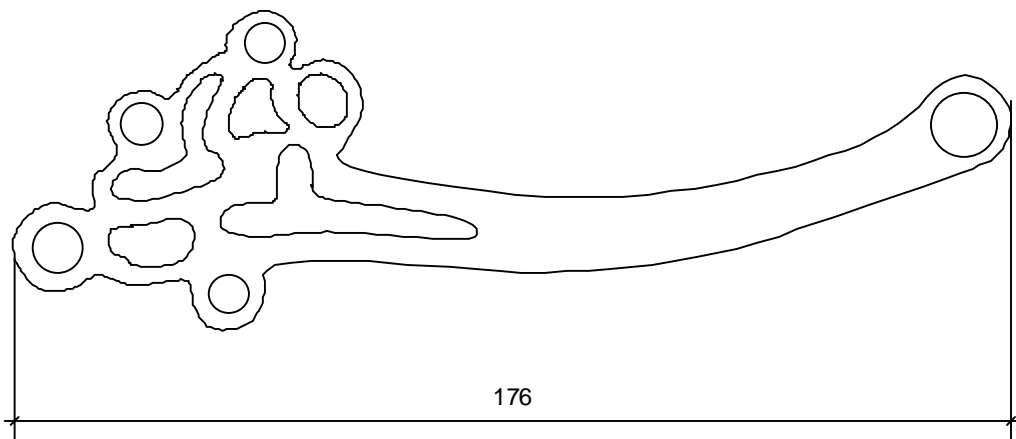


Fig. 30 – Desenho para bracelete AMEBAS.

À medida que os desenhos eram elaborados, foram feitas maquetes dos braceletes para teste. Como as peças não seriam tencionadas ou estampadas, não foi necessário usar o polipropileno na confecção das maquetes. As maquetes foram impressas em papel branco, recortadas e foram testadas sobre um tubo de PVC com o diâmetro próximo da medida determinada para os braceletes – as mesmas medidas usadas para determinar a área de trabalho para os desenhos dos braceletes.

Estes testes visaram verificar:

- se o desenho se sobrepunha ao final do circunferência;
- se poderiam haver possíveis deformações ao conformar a peça;
- se haveriam pontas agudas que pudessem machucar no encontro das pontas nas peças ondas, frequência e pérolas;
- a peça amebas precisava ter a curvatura exata desejada para que a sobreposição ficasse como o esperado; entre outros.

As peças cortadas na metalúrgica e chegam abertas, como uma impressão no papel, como nas figuras 26 a 30, e precisaram que a forma final seja dada.

A modelagem (calandragem) dos braceletes foi feita usando um tribulê, um macete<sup>29</sup> e alicate. A deformação do metal é feita a frio, ou seja, sem o aquecimento do metal. A peça é posicionada sobre o tribulê e com a ajuda das mãos é imposta uma força para que o primeiro movimento de deformação aconteça. A seguir, com a peça ainda sobre o tribulê, são dadas marteladas leves na peça, até que esta adquira o formato desejado. Em alguns casos foi necessário usar um alicate para fazer pequenas curvas que não foram possíveis de ser modelada apenas com o uso do macete sobre o tribulê.

A partir deste ponto seria preciso apenas fazer a limpeza e o polimento para retirada de eventuais arranhões ou para dar textura, no entanto as peças precisaram de pequenos ajustes em decorrência de problemas nos desenhos. Apresentaram manchas, pequenos pontos em relevo que poderiam machucar e imperfeições nas curvas. Então, antes que se procedesse a limpeza e o polimento foi preciso fazer estes reparos.

Um motor de chicote<sup>30</sup> acoplado a uma broca de desgaste foi usado numa primeira fase para retirada dos pontos em relevo e as manchas. A seguir foram usadas fresas de desgaste e discos de lixa para corrigir as imperfeições das curvas e “dentes”.

Assim como o tribulê e o macete, o motor de chicote e seus acessórios são ferramentas usadas na joalheria tradicional e é bem aproveitada na produção da jóia artesanal em aço.

Feitas as correções fez-se a primeira limpeza. Nesta foi usada apenas água e detergente comum para retirada de gordura e pó decorrente dos desgastes.

Para o lixamento foi usado um mandril chamado “mandril para lixa de tira”. Foram usadas lixas d’água para aço de número 240, 400 e 600, aplicadas em ordem crescente de número, ou seja primeiro a de número 240, onde os grãos são maiores e por último a 600, bem fina.

---

<sup>29</sup> martelo com ponta de silicone.

<sup>30</sup> Motor de chicote – mandril acoplado a um cabo flexível, com velocidade controlada. Ao mandril podem ser acopladas brocas, fresas, brocas esféricas (esculpir), discos de corte, ponteiros de feltro e lixas.

O lixamento retirou os arranhões que a broca de desgaste provocou e deu à peça um aspecto liso e uniforme.

No passo seguinte, as peças foram colocadas em um banho com solução<sup>31</sup> para limpeza de aço inoxidável. Este banho tira as impurezas decorrentes do lixamento e dispensa o polimento com cera. Uma politriz com disco de feltro e pasta apropriada para o polimento poderia ter sido usada, mas o banho nesta solução proporciona um resultado semelhante.

Nos braceletes desenvolvidos neste estudo, foram exploradas as características de retorno elástico e conformação plástica do metal. O resultado final desta pesquisa são os braceletes que pode ser visto nas figuras 31 a 35:



Fig. 31 – bracelete BOLAS.



Fig. 32 – bracelete ONDAS.

---

<sup>31</sup> Composição química – agente tensoativo: linear aquil sulfonado 6%, sequestrante, corante e veículo.

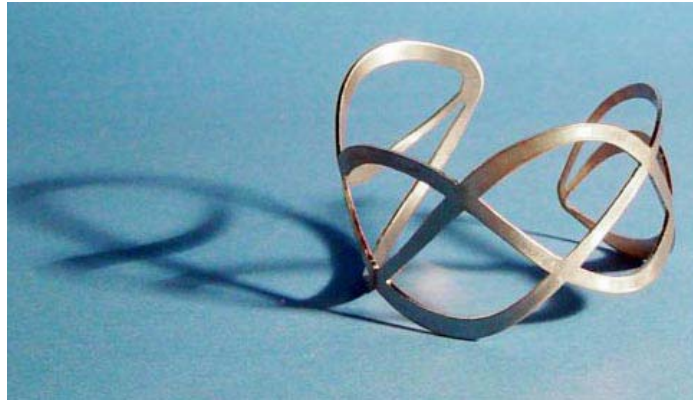


Fig. 33 – bracelete FREQUÊNCIA.



Fig. 34 – bracelete PÉROLAS.



Fig. 35 – bracelete AMEBAS.

### 3.3 Desafios e dificuldades

A primeira e maior dificuldade foi determinar como os bracelete seriam feitos uma vez que não houve acesso a literatura que abordasse técnicas de concepção de jóias em aço e aplicar as técnicas da joalheria convencional poderia não dar certo.

Com a ausência de conhecimento de técnicas de joalheria em aço, a solução foi compreender o processo de produção da jóia tradicional, o processo de produção de uma peça de arte feita em aço e determinar um paralelo entre o que se pretende fazer e as técnicas disponíveis.

O primeiro passo no processo de produção da jóia tradicional ou da jóia feita em aço, é fazer a representação gráfica do projeto a ser desenvolvido.

Para a jóia tradicional a representação gráfica serve como guia para o ourives desenvolver a peças. A perfeição do desenho, os detalhes do projeto e a compreensão do desenho pelo artesão são cruciais para que a execução da peça saia como o esperado. Não pode haver margem para interpretações dúbias.

No caso da jóia em aço, o desenho é a etapa mais importante. Não há margem para interpretações pessoais de um desenho. Ele é exatamente o que está representado e o executor do serviço é uma máquina pré-programada. Todos os defeitos e imperfeições decorrentes do desenho serão reproduzidos.

Para a jóia em aço não são necessárias etapas de fundição e adição de ligas, laminação e trefilação, pois o metal se apresenta na forma de chapas, tubos e barras prontas para serem trabalhadas. No entanto, não pode ter o processo revertido em caso de erro durante a execução de uma peça. A única forma de retorno à forma original do aço seria a fusão, mas este procedimento não é possível de ser executar com as ferramentas usadas para fazer a fundição na joalheria tradicional.

Neste ponto a jóia tradicional apresenta uma grande diferença. O processo de produção pode ser interrompido e corrigido a qualquer momento, bastando derreter de novo a peça, a parte danificada ou que não deu certo.

Basicamente, apenas as ferramentas e equipamentos utilizados na fundição, laminação e trefilação do ouro não são comuns aos dois processos de produção.



## CAPÍTULO 4

---

### 4.1 Conclusões finais

Tendo analisado os procedimentos adotados na joalheria tradicional e as características do aço inoxidável apresentadas neste trabalho, vê-se a possibilidade de que o pressuposto se confirme.

Algumas das etapas no processo de produção de uma jóia, usando o aço inoxidável como matéria-prima base, percorrem trajetórias diferenciadas dos traçados pela jóia tradicional e em alguns casos encontra limitações. No entanto, estas limitações podem e devem ser exploradas.

Procedimentos como, dobras, soldas e modelagem (calandragem) podem ser executados, mas precisam ser terceirizados e requerem um investimento elevado em ferramentas específicas.

É de conhecimento que estas ferramentas existem, já que o mercado dispõe de relógios e jóias em aço confeccionadas em escala industrial. No entanto as metalúrgicas pesquisadas não dispunham destas ferramentas e peças para prensas e calandras, por exemplo, nos tamanhos adequados e proporcionais a uma jóia. Seria necessário investir no fabrico destas ferramentas específicas, em tamanhos que atendam a esta demanda.

Por se tratar de um experimento optou-se por explorar as características da conformação e do retorno elástico do aço inoxidável. E buscando responder aos questionamentos feitos no início desta pesquisa, acredita-se que a execução de uma jóia em aço, de forma artesanal é possível, desde que respeitado as limitações impostas pelas ferramentas e equipamentos disponíveis no mercado e explorando as características e particularidades deste metal.

- A jóia tradicional foi explorada a fim de servir como base para que uma nova forma de jóia pudesse ser proposta. A jóia tradicional foi pesquisada não apenas para que se

pudesse compreender as etapas do seu processo, mas para verificar se os mesmos métodos, ferramentas e etapas poderiam ser utilizados na confecção artesanal da jóia em aço.

- O aço inoxidável foi pesquisado, apresentado e foram exploradas suas particularidades e aplicações. Também foram levados em consideração os tipos de aço disponíveis no mercado e as formas de conformação do metal.
- O trabalho do artista plástico que utiliza o aço inoxidável como matéria-prima, foi analisada, assim como as técnicas e procedimentos. A compreensão das técnicas contribuiu para que um método de confecção artesanal de uma jóia em aço inoxidável pudesse ser proposto.

Pulseiras articuladas são possíveis de serem confeccionadas, no entanto, não foram exploradas nesta pesquisa devido à necessidade de um estudo mais aprofundado sobre dobras e soldas.

Dentre os recursos de usinagem do aço que as metalúrgicas dispõem, pouco pôde ser aproveitado nesta proposta, apenas o corte.

As conclusões deste trabalho buscam oferecer uma nova forma de confecção artesanal de jóias utilizando-se das técnicas e procedimentos desenvolvidas pelo artista plástico que usa o aço inoxidável como matéria-prima em suas esculturas.

## **4.2. Sugestões para novos estudos**

Através deste estudo percebeu-se que ainda há muito que se aprofundar a respeito das técnicas e procedimentos de usinagem do aço inoxidável.

Portanto, surgiram algumas sugestões que poderiam ser usadas para acrescentar ao estudo deste tema, tais como:

- aprofundar os estudos sobre soldas para que possam ser elaboradas peças com sobreposições e montadas não apenas a partir de peças inteiras;
- além de confeccionar peças a partir de chapas, pesquisar as possibilidades e viabilidades de se trabalhar a partir de tubos e cilindros, fatiando e esculpindo estas fatias, uma vez que a espessura máxima de uma chapa é de 3mm;
- viabilizar o uso das mesmas tecnologias e ferramentas aplicadas à confecção de pulseiras para relógios em aço para produção artesanal de jóias articuladas e compostas.

## REFERÊNCIAS

---

ACESITA. Disponível em <<http://www.acesita.com.br>>. Acesso em: jun. 2004.

AÇO INOXIDÁVEL ARTEX. **Aço inoxidável – Aço: um material com características nobres.** Disponível em: <[http://www.acoartex.com.br/acoinoxidavelartex/conceitos/f\\_index\\_conceitos.htm](http://www.acoartex.com.br/acoinoxidavelartex/conceitos/f_index_conceitos.htm)>. Acesso em 16 jul. 2004.

ARMCO . **Produtos: aços inoxidáveis.** Disponível em: < [http://www.armco.com.br/informacoes\\_glossario.php](http://www.armco.com.br/informacoes_glossario.php) />. Acesso em 16 jul. 2004.

ARTESANATO no Brasil = crafts in Brazill. São Paulo: Reflexo, 2001. 239p.

Associação dos Joalheiros, Empresários de Pedras Preciosas e Relógios de Minas Gerais (AJOMIG). **O Setor de Gemas e Jóias em Minas Gerais**, relatório anual, Belo Horizonte, 2001.

ATHOS Instrumentação: Sondas Industriais para Processos Químicos. **Propriedades Mecânicas.** Disponível em <[http://www.athosinstrumentacao.com.br/aco\\_inox.htm](http://www.athosinstrumentacao.com.br/aco_inox.htm)>. Acesso em 20 dez. 2004.

BATISTA, Claudia Regina.**Ergonomia no designe de jóias.** In: XIII Congresso Brasileiro de Ergonomia, II Fórum Brasileiro de Ergonomia, I Congresso Brasileiro de Iniciação Científica em Ergonomia – ABERGO Jovem., 2004, Balneário Camboriu. **Artigo....** Balneário Camburiu, UNIVALI, 2004.

BERNSEN, Jens. **Design: defina primeiro o problema.** Florianópolis : SENAI/LDBI, 1995. 120p.

BONSIEPE, Gui. **Design: do material ao digital.** Florianópolis : FIESC/IEL, 1997. 192p.

CAIXETA, Fernanda. A arte de criar. **Revista Foco**, Brasília, DF, ed. 92, p. 174-179, maio 2003.

Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC). Universidade de São Paulo (USP) Disponível em <<http://www.cdcc.sc.usp.br/elementos/>>. Acesso em 25/10/05.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos.** São Paulo: Associação de Metalurgias e Materiais, 2002.

CIÊNCIAQUÍMICA. **Tabela periódica dos elementos químicos.** Disponível em: <<http://www.cienciaquimica.hpg.ig.com.br/tabelaperiodica.htm#Tabela>>. Acesso em jul. 2004.

COLOMBIER, Louis. **Stainless and heat resisting steels.** Great Britain : E. Arnold,1967

MY SPACE: Como as coisas funcionam, 2003 Disponível em <<http://myspace.eng.br/como/comoe1.asp>>. Acesso em 31 de out. 2005.

FACCIOLONGO, Mauro César e LOPES, Manoel M. G. Serviços: aço inoxidável. Disponível em <[http://www.armco.com.br/servicos\\_desenvolvimento\\_view.php?id=112](http://www.armco.com.br/servicos_desenvolvimento_view.php?id=112)>. Acesso em 20 jul. 2004.

FDJTOOL.COM – JEWELRY TOOLS AND EQUIPMENT. Disponível em: <<http://www.fdjtool.com/tools.html>>. Acesso em ago. 2004.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Aurélio século XXI :o dicionario da língua portuguesa**. Rio de Janeiro :Nova Fronteira ,c 1999 .(4. impr.). 2128p.

FUNARTE. **Artesanato Brasileiro**. Rio de Janeiro: Ed. FUNARTE, 1978. 165p.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE ARTE. Artesanato Brasileiro. Introd. de Clarival de Prado Valladares. Rio de Janeiro, 1978. 165p.

GERDAU. **Catálogo de Produtos da Gerdau: Aços especiais Piratini**. Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais/>>. Acesso em 26 abr. 2005.

\_\_\_\_\_. **Manual de Aços: revisão 2003**. Pág. 20. <[http://www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais/port/produtos/manual\\_frame.htm](http://www.gerdau.com.br/gerdauacosespeciais/port/produtos/manual_frame.htm)>.. Acesso em 26 abr. 2005.

GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

HOUAISS, Antonio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco Manoel de Mello. **Dicionario Houaiss da lingua portuguesa**. Rio de Janeiro : Objetiva, 2001. 2922p

INFOMET. **Informações britadas, fundidas e laminadas**. Disponível em <[http://www.infomet.com.br/aco\\_inox.php](http://www.infomet.com.br/aco_inox.php)>. Acesso em 02 maio 2005.

INFOSOLDA. **Informações Técnicas: processo de corte – laser**. Disponível em: <[http://www.infosolda.com.br/corte\\_laser.htm](http://www.infosolda.com.br/corte_laser.htm)>. Acesso em 19 abr. 2005

\_\_\_\_\_. **Informações Técnicas: processo de corte – plasma**. Disponível em <<http://www.infosolda.com.br/plasma.htm>>. Acesso em 19 abr. 2005

INOXCOLOR. Disponível em <<http://www.inoxcolor.com.br/inox/index.htm>>. Acesso em ago. 2004.

INTRODUÇÃO à Metodologia Científica. Disponível em : <http://www.assis.unesp.br/egalhard/metciem.htm#b>

JEWELERS of América: Buy With Confidence From Your Jewelry Professional. **What you should know about fine jewelry**. Disponível em [http://www.jewelers.org:8080/3.consumers/info/wysk\\_platinum.shtml](http://www.jewelers.org:8080/3.consumers/info/wysk_platinum.shtml)

JÓIA E ARTE. **Profissionais da Joalheria**. Disponível em: < <http://www.joia-e-arte.com.br/profissi.htm>>. Acesso em 10 ago. 2004.

KARINOX Indústria e Comércio LTDA. **Por que a denominação “aço inox”?**. Disponível em <<http://www.karinox.hpg.ig.com.br/centro3.htm>>. Acesso em 26 abr. 2005.

LÖBACH, Bernd. Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo : Edgard Blüncher, 2001. 206p.

MACHADO, Regina. **Jóia: a vocação da permanência no tempo das efemeridades**. 1º semestre de 2002. Disponível em: < <http://www.eco.ufrj.br/pretexto/sociais/soc3.htm>>. Acesso em 10 jun. 2004.

MENEZES, E. & SILVA, E. **Metodologia da Pesquisa**: Elaboração de Dissertação. 3 ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001.

METÁLICA ARQUITETURA. **Materiais para fachadas: aço inox**. METÁLICA, 2003. Disponível em: <[http://www.estruturametalica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=817](http://www.estruturametalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=817)>. Acesso em: 29 jun. 2004.

MESQUITA, Eduardo Luiz Álvares e Rugani, Léo Lucas. **Conformação dos Aços Inoxidáveis**. “Noções Básicas de Caldeiraria e Serralheria em Aço Inox”. ACESITA, 1997. Disponível em <[http://www.acesita.com.br/interno.php?area=inox\\_apostilas](http://www.acesita.com.br/interno.php?area=inox_apostilas)>. Acesso em 10 ago. 2005

\_\_\_\_\_. **Estampagem dos Aços Inoxidáveis**. “Noções Básicas de Caldeiraria e Serralheria em Aço Inox”. ACESITA, 1997. Disponível em <<http://www.acesita.com.br>>. Acesso em 10 ago. 2005.

MICHAELIS: **Moderno dicionário da língua portuguesa**. São Paulo : Melhoramentos, 1999. 2267p.

MODENESI, Paulo J. e MARQUES, Paulo Villani. **Soldagem I: Introdução aos processos de soldagem**. Belo Horizonte, 2000: UFMG.

NOEBAUER, Dina. **A opulência do visual pobre: Áustria e Alemanha - 1900 a 1950**. Disponível em <<http://www.joiabr.com.br/dina/dpn0804.htm>> . Acesso em 19 out. 2004.

NOGUCHI, Liza Dantas. O Ourives e os ossos do ofício: a qualidade da jóia a partir da interface entre o projeto e a execução na produção joalheira artesanal. Belo Horizonte: UFMG, 2003 (dissertação).

NOMINATION. Italian Charm: the original jewelry collection by Nomination. Disponível em: <<http://www.nomination.com/collection.html>>. Acesso em out. 2004.

NÚCLEO INOX. Disponível em: <<http://www.nucleoinox.com.br>>. Acesso em: maio 2004.

\_\_\_\_\_. **acabamentos do aço inox** Assistência técnica on line. Acesso em abr. 2005.

PADILHA, Ângelo Fernando; GUEDES, Luis Carlos. **Aços inoxidáveis austeníticos: microestrutura e propriedades**. São Paulo: Hemus, c1994. 170p.: il.

PEDROSA, Julieta. **História da Joalheria.** Disponível em: <<http://www.fashionteen.hpg.ig.com.br/historiadajoalheria.html>>. Acesso em 21 maio 2004.

PORTAL DAS JÓIAS. **O que é design?** Disponível em: <<http://www.portaldasjoias.com.br/curiosidades.htm>>. Acesso em 10 ago. 2004.

\_\_\_\_\_. **Sobre o ouro: parte 1.** Disponível em: <<http://www.portaldasjoias.com.br/curiosidades.htm>>. Acesso em 10 ago. 2004.

\_\_\_\_\_. **Sobre o ouro: parte 2.** Disponível em: <<http://www.portaldasjoias.com.br/curiosidades.htm>>. Acesso em 10 ago. 2004.

PRIBERIAN. **Dicionário da Língua Portuguesa.** Disponível em: <[http://www.priberam.pt/dlpo/definir\\_resultados.aspx](http://www.priberam.pt/dlpo/definir_resultados.aspx)>. Acesso em 10 jun. 2004.

QUALINOX – Indústria Metalúrgica Ltda. Disponível em: <<http://www.qualinox.com.br/indexfalso.htm>> . Acesso em 20 jul. 2004.

RIBEIRO, Berta G. (Berta Gleizer); Instituto Nacional do Folclore (Brasil). **O artesão tradicional e seu papel na sociedade contemporânea : *The traditional artisan and his role in contemporary society.*** Brasília: Instituto Nacional do Folclore, 1983. 253p

SALEM, Carlos. **Jóias: Criação e design.** São Paulo: Editora Hedra, 1998.

\_\_\_\_\_. **Jóias: os segredos da técnica.** São Paulo: Editora Hedra, 2000.

SECCO, Adriano Ruiz Secco; DARIO, Dario do Amaral Filho e OLIVEIRA, Nelson Costa de. **Processos de fabricação.** Curso Profissionalizante. Telecurso 2000, FIESP/Fundação Roberto Marinho. vol. 4. Disponível em <<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/index.php>>. Acesso em 16 maio 2006.

SÉCULUS Jóias. Disponível em: <<http://www.portalseculus.com.br/>>. Acesso em 25 out. 2004.

SILVA, Antonio de Moraes. **Grande dicionário da língua portuguesa.** 10. ed. rev. : Confluencia, [19-]. V.2.

SKINNER, Brian J. **Recursos Minerais da Terra.** São Paulo: Editora Edgar Blüncher Ltda, 1988.

SOARES, Fransisco Carlos Filho. **Rochas, Minerais e Pedras Preciosas do Brasil.** Disponível em: <[http://www.portaldasjoias.com.br/setembro\\_02/Curiosidades/curiosidades\\_setembro.htm](http://www.portaldasjoias.com.br/setembro_02/Curiosidades/curiosidades_setembro.htm)>. Acesso em 06 jul. 2004.

SOARES, Pinto. **Aços : características, tratamentos.** 3ª ed. Porto. s.n. 198\_. 283 p.

SOFT CIÊNCIA. **Tabela Periódica V 2.5: Ouro.** Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/index-pt.html>>. Acesso em: 13 jul. 2004.

SOLDA. Disponível em <[http://www.metalica.com.br/pg\\_dinamica/bin/pg\\_dinamica.php?id\\_pag=3](http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=3)>. Acesso em 20 jul. 2005.

STAINLESS STEEL CAL. **Biblioteca de Imagens Stainless SteelCal**. Disponível em <<http://www.steel-stainless.org/steelCAL/Library/Index.htm?Lang=PT&Folder=ART&Cols=4&Rows=2&Zoom=18&Flags=115>>. Acesso em 13 out.2004.