



Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

dossiê técnico

Móveis de metal

Ivo Mezzadri Filho

Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR

Janeiro/2007





Serviço Brasileiro de **Respostas Técnicas**

dossiê técnico

Móveis de metal

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT fornece soluções de informação tecnológica sob medida, relacionadas aos processos produtivos das Micro e Pequenas Empresas. Ele é estruturado em rede, sendo operacionalizado por centros de pesquisa, universidades, centros de educação profissional e tecnologias industriais, bem como associações que promovam a interface entre a oferta e a demanda tecnológica. O SBRT é apoiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI e de seus institutos: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT.



Dossiê Técnico	MEZZADRI FILHO, Ivo Móveis de metal Instituto de Tecnologia do Paraná - TECPAR 16/1/2007
Resumo	Demonstra o trabalho de transformação da matéria-prima, equipamentos mais utilizados e acabamento empregado.
Assunto	FABRICAÇÃO DE MÓVEIS COM PREDOMINÂNCIA DE METAL
Palavras-chave	Equipamento; fabricação; matéria-prima; metal; móvel; pintura a pó; processo



Salvo indicação contrária, este conteúdo está licenciado sob a proteção da Licença de Atribuição 3.0 da Creative Commons. É permitida a cópia, distribuição e execução desta obra - bem como as obras derivadas criadas a partir dela - desde que criem obras não comerciais e sejam dados os créditos ao autor, com menção ao: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - <http://www.respostatecnica.org.br>

Para os termos desta licença, visite: <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>

Sumário

1 INTRODUÇÃO	3
2 EVOLUÇÃO DO DESIGN	3
3 TIPOS DE MATÉRIAS-PRIMAS EMPREGADAS	5
4 CONSIDERAÇÕES PARA UM PROJETO	5
4.1 Reconhecimento e identificação	5
4.2 Modelo matemático	6
4.3 Avaliação e apresentação	6
4.4 Fatores de projeto.....	6
4.5 Diagrama tensão x deformação	7
4.6 Coeficiente de segurança.....	8
4.7 Aspectos econômicos	9
5 SEQUÊNCIA DO PROCESSO	9
5.1 Corte e serra	10
5.1.1 Tesoura	10
5.1.2 Serra.....	10
5.1.3 Guilhotina.....	11
5.1.4 Oxicorte	12
5.1.5 <i>Laser</i>	13
5.1.6 Plasma.....	15
5.1.7 Puncionadeira.....	17
5.2 Sistemas de fixação	18
5.2.1 Rebites	18
5.2.2 Parafusos comuns	19
5.2.3 Parafusos de alta resistência	19
5.3 Pintura	19
Conclusões e recomendações	20
Referências	20

Conteúdo

1 INTRODUÇÃO

A utilização de móveis de metal vem ganhando mercado devido às condições crescentes de demanda. Na outra ponta, a do produtor, pela possibilidade de mecanização devido à diminuição do valor a ser pago na aquisição de novos equipamentos, pela inserção de novas tecnologias de custo mais baixo.

Esses dados podem ser comprovados pelo crescimento no número de micro (31%) e pequenas empresas (62%) neste segmento do ano de 2000 até 2005, somente no estado do Paraná. Em comparação com a indústria para móveis de madeira, na mesma região e época, o crescimento foi de 5% para micro e 12% pequenas empresas.

Outra evidência do aumento no emprego de mecanização, tecnologia e mão-de-obra qualificada é que no mesmo período houve uma redução nos postos de trabalho em 6,5% e um crescimento de 40,5% no faturamento das mesmas.

2 EVOLUÇÃO DO DESIGN

A criatividade do ser humano, com o passar dos anos, vem se aprimorando em novas necessidades de aparência ou de conforto, impondo em algumas vezes, novos estilos de vida. Acompanhando essa evolução ou impulsionando um novo estilo para as residências, os móveis também foram sendo aprimorados, criando novos ambientes para o trabalho e lazer. Nessa influência é possível citar as décadas de 50 e 60, onde prevalecia uma arquitetura mais arredondada na época, focando na conquista e a era espacial (FIG. 1).



Figura 1 - *États-unis* – Plache 15
Fonte: (NOUVEL, 1995)

A ambientação não se dava apenas na utilização de móveis elaborados por artesões que faziam poucas peças iguais e, sim, por indústrias preocupadas com transformação em série, objetivando um menor custo, visando, posteriormente, a economia em escala impulsionada pela demanda cada vez mais ávida.

Os tipos de móveis produzidos variaram conforme a época e a disponibilidade da matéria-prima na região; exemplo é a confecção de móveis com madeira maciça, outros de metal ou plástico (FIG. 2 e 3).



Figura 2 - Planche 7
Fonte: (NOUVEL, [200-?])

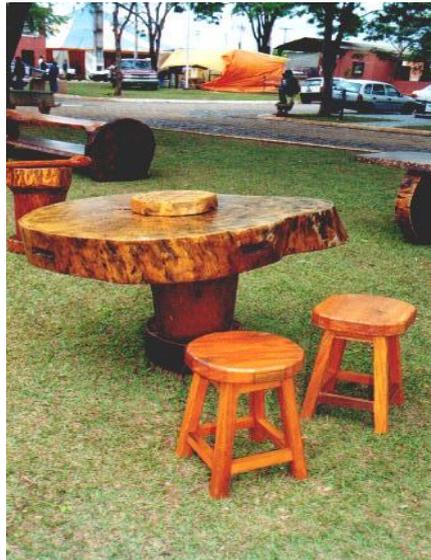


Figura 3 - Mesa 7
Fonte: (MÓVEIS RÚSTICOS, [200-?])

Outro item interessante é a amplitude de utilização dos móveis: escritórios, salas residenciais, cozinhas, quartos, jardins, armários, estantes, mesas, cadeiras, sofás. Nas figuras a seguir, é possível perceber o vasto campo de utilização do metal (FIG. 4 e 5).

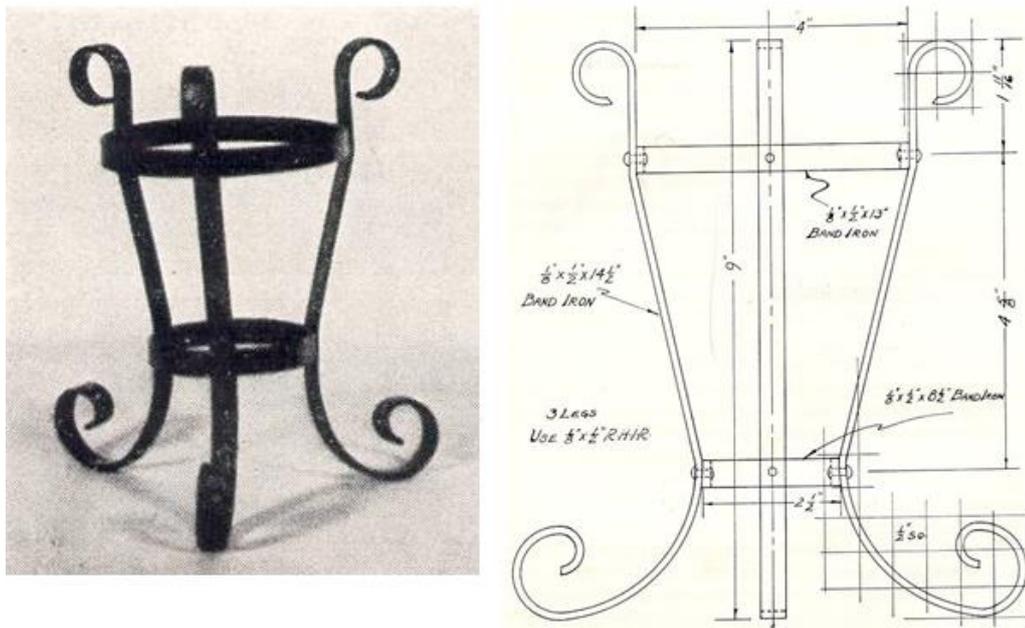


Figura 4 – Suporte de mesa e projeto
Fonte: (KROM; PAGE, 1956)

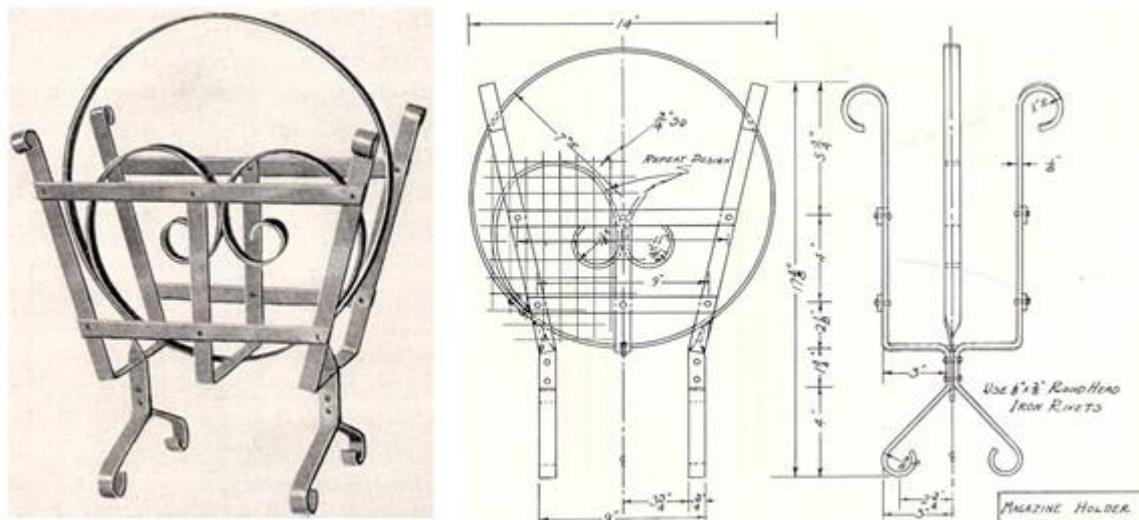


Figura 5 – Porta-revistas e projeto
 Fonte: (KROM; PAGE, 1956)

3 TIPOS DE MATÉRIAS-PRIMAS EMPREGADAS

Inicialmente, era utilizada a madeira como matéria-prima principal, devido a sua facilidade de trabalho bem com possibilitar novas formas, pela resistência, abundância, custo baixo e facilidade de extração. Com o passar dos anos, a utilização de árvores com alta resistência, as quais poderiam ser utilizadas para a parte estrutural dos móveis, foi sendo substituída por metal.

Outro fator que exigiu mudanças - as dimensões dos *habitats* que, atualmente, são menores e grande parte dos seres humanos vive em apartamentos - surgindo novas exigências no tamanho e peso reduzidos dos móveis. Como fazer móveis mais resistentes, leves, que possibilitassem montagens e repetitivos deslocamentos ou mudanças com um custo baixo? A resposta foi utilizar metais mais resistentes e leves, aplicando soluções de engenharia e controle de produção, deixando a madeira apenas para partes superficiais.

Hoje é possível dizer que a tendência a ser seguida é a utilização de derivados da madeira, tais como pó e fibra: aglomerados, *Micro Density Fiber Board* (MDF), *Oriented Strand Board* (OSB) e *High Density Fiber Board* (HDF).

Como é possível perceber, a madeira ainda será o material mais empregado, entretanto, encontra-se uma maior participação de polímeros (plásticos) e estruturas de metais (cantoneiras, pés, peças fundidas, travessas, elementos de fixação, etc.).

4 CONSIDERAÇÕES PARA UM PROJETO

Um projeto tem algumas fases, as quais devem ser seguidas, tais como:

4.1 Reconhecimento e identificação

O reconhecimento das necessidades, como um novo *design*, dificuldades na montagem e desmontagem, bem com limitações do ambiente, especificações de produção podem encarecer o produto final. Ou seja, as especificações definem o custo, a quantidade a ser fabricada, a vida útil esperada, a série, a temperatura de operação e a confiabilidade.

Existem outras especificações implícitas que resultam do ambiente do projeto em particular, tais como: os processos de fabricação disponíveis no parque fabril, o estado de conservação dos equipamentos, a qualificação da mão-de-obra, e que fazem parte das restrições do projetista. Esses problemas podem resultar na escolha de outros processos, até menos indicados e gargalos durante a produção.

Qualquer coisa que limite a liberdade de escolha do projetista é uma especificação. Os catálogos dos fornecedores apresentam muitos materiais e diferentes medidas, que muitas

vezes estarão escassos no decorrer do ano, forçando assim o produtor do móvel a ter essas peças numa quantidade mínima em estoque.

4.2 Modelo matemático

Um projeto é um processo de interação no qual se trabalha em etapas, avaliando os resultados e retornando à “mesa” de cálculos para poder sanar o problema. Assim, evita-se custos desnecessários (algumas vezes altos), devido à perda da produção e o retrabalho para corrigir a falha. A existência de modelos matemáticos vem para reduzir esses problemas, possibilitando simulações que resultam em ganhos significativos com o tempo.

4.3 Avaliação e apresentação

É a prova final de um projeto bem sucedido, que é usual o envolvimento de teste de protótipo em laboratório. Deve-se descobrir se o projeto, bem como o produto, satisfazem por completo as necessidades do cliente.

4.4 Fatores de projeto

São tópicos a serem considerados no projeto do móvel:

- acabamento superficial;
- atrito;
- confiabilidade;
- considerações térmicas;
- controle;
- corrosão;
- custo;
- deformação;
- desgaste;
- estilo;
- flexibilidade;
- formas;
- lubrificação;
- manutenção;
- peso;
- processo de fabricação;
- resistência;
- rigidez;
- ruído;
- segurança;
- tamanho;
- utilidade;
- volume.

Esses itens devem ser utilizados como guia durante o projeto, sendo que a maioria está diretamente relacionada com a parte dimensional, tipo de matéria-prima, processo de fabricação e montagem dos elementos do sistema. Conceitua-se, a seguir, dois fatores muito importantes no projeto.

Resistência: é uma propriedade intrínseca do material ou de um elemento mecânico. Sendo que a resistência de um elemento depende da escolha, do tratamento e do processo de fabricação do material.

Deformação: qualquer peça submetida a um carregamento sofre deformações. Estas deformações podem ser elásticas ou plásticas. A primeira também é considerada temporária, pois ao cessar a força, a peça retorna as suas dimensões originais. Ou seja, a deformação dura enquanto a carga estiver sendo aplicada. A deformação plástica ou permanente é aquela em que a peça não retorna às dimensões originais depois de cessada a carga.

4.5 Diagrama tensão x deformação

Para que se possa executar um dimensionamento, além do conhecimento das cargas, é necessário também que se conheça o comportamento dos materiais que são normalmente utilizados. Uma das maneiras de se caracterizar o comportamento mecânico de um material é através de seu diagrama tensão x deformação. Este é obtido pelo ensaio de tração de uma amostra padronizada do material, denominada corpo de prova. Um equipamento registra a deformação para cada tensão aplicada, durante o ensaio. Desse modo, pode-se obter o comportamento do material.

O diagrama deve variar conforme o material, inclusive para várias amostras do mesmo material pode ocorrer alguma pequena variação, que é devido à diferença e temperatura do corpo de prova ou da velocidade de aplicação da carga. Dentro dessas variações é possível distinguir características comuns, levando a divisão dos materiais em dois grupos: materiais dúcteis e materiais frágeis. Para o primeiro grupo, observe o diagrama a seguir (FIG. 6).

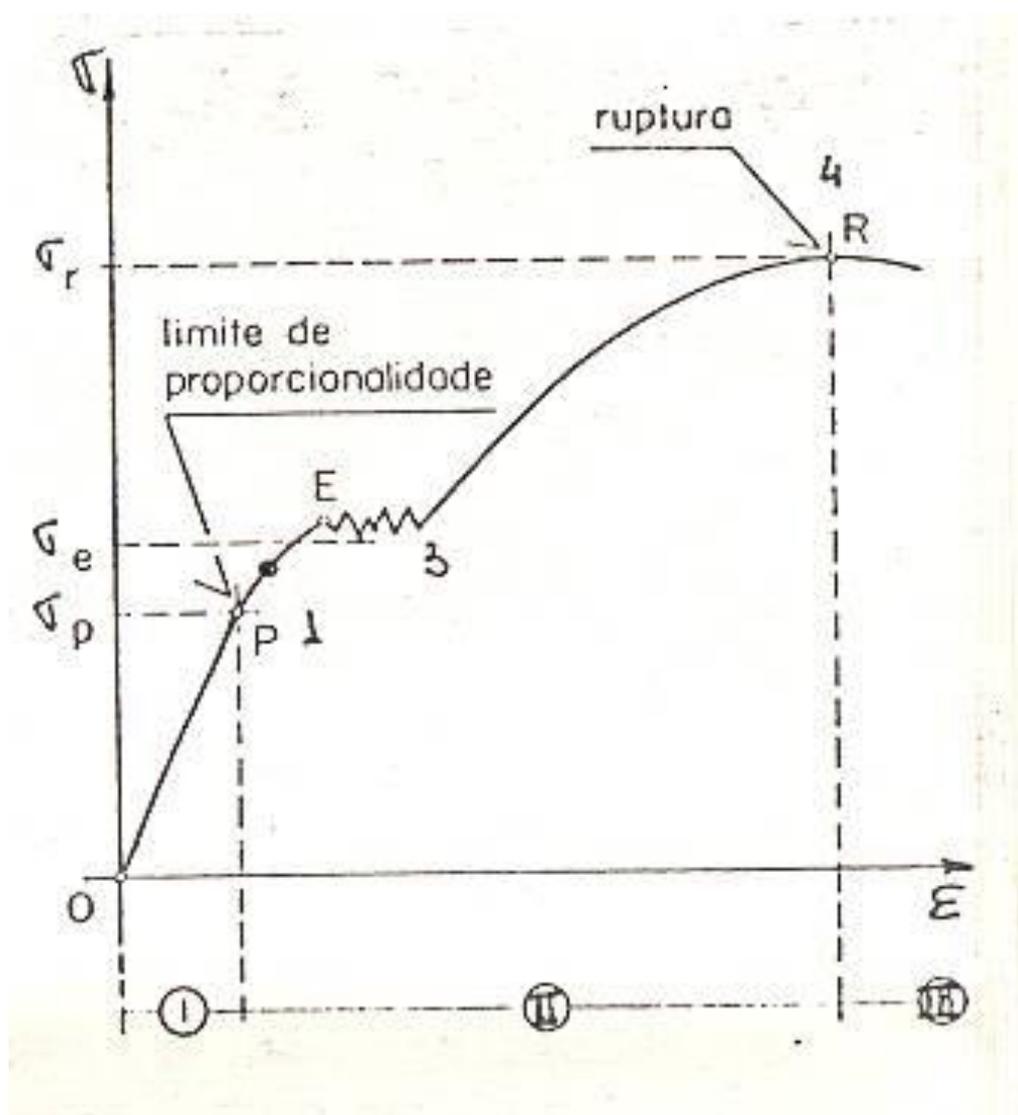


Figura 6 - Diagrama Tensão x Deformação para materiais dúcteis
Fonte: (SHIGLEY, 1984)

Os pontos característicos são:

- 1 - Limite de proporcionalidade: ponto até o qual as deformações são proporcionais às tensões;
- 2 - Limite de elasticidade: ponto até o qual as deformações são elásticas;
- 3 - Escoamento: região caracterizada pela perda completa das propriedades elásticas do material;

4 – Limite de resistência: maior tensão que o material pode suportar;

5 – Ruptura.

O diagrama divide-se em regiões bem distintas:

I – Região elástica: onde ocorrem as deformações em valores mais baixos e, conseqüentemente, mais seguras. A este valor de tensão, que oferece à peça uma condição mais segura, denomina-se Tensão Admissível. A obtenção desta tensão é tida pela divisão entre tensão de escoamento (em materiais dúcteis) ou tensão de ruptura (para materiais frágeis) pelo então coeficiente de segurança.

II – Região intermediária: entre o limite de elasticidade e o final de escoamento, onde ocorrem ao mesmo tempo deformações elásticas e plásticas.

III – Região plástica: entre o final do escoamento e a ruptura, onde ocorrem apenas deformações plásticas. Subdivide em região de encruamento, entre o final do escoamento e o limite de resistência, e a região de estricção, do limite de resistência e a ruptura. Para materiais frágeis, tais como o ferro fundido, o vidro e o concreto, o diagrama se caracteriza pela falta da região de escoamento (FIG. 7).

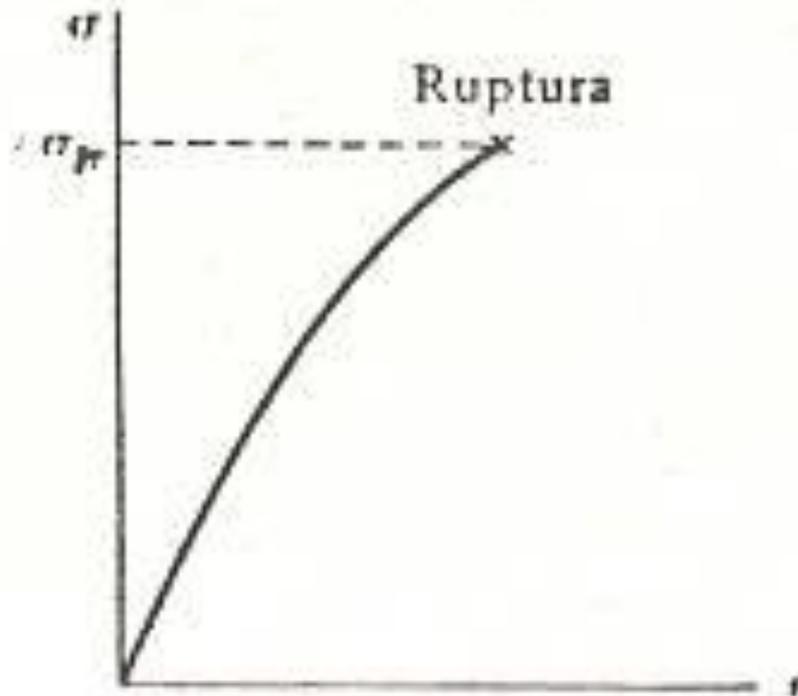


Figura 7 - Diagrama Tensão x Deformação para materiais frágeis
Fonte: (SHIGLEY, 1984)

4.6 Coeficiente de segurança

Depende de vários fatores:

- tipo de material: relaciona-se com a confiabilidade do material com respeito às falhas internas, tensões residuais e precisão nas especificações;
- natureza da carga: se é constante ou não, se varia em intensidade, se muda de direção ou sentido, se é suavemente ou bruscamente aplicada;
- distribuição das tensões: as tensões não se distribuem uniformemente ao longo da peça, principalmente próximo a furos, entalhes ou variação de seção onde ocorre a concentração de tensões;

- possibilidade de carga acidental: cargas inesperadas, não consideradas no cálculo da peça devem ser previstas;

- perigo de acidente ou danos materiais: se a falha de uma peça pode colocar em perigo a vida de pessoas, deve-se escolher um coeficiente de segurança maior.

4.7 Aspectos econômicos

O custo como fator de projeto desempenha um papel tão importante no processo de decisão que, em alguns casos, é aplicado mais tempo em seu estudo do que no projeto em si.

Os materiais e a mão-de-obra, normalmente, apresentam um aumento de custo de ano para ano. Entretanto, é esperada uma tendência de diminuição dos custos de fabricação dos materiais e peças devido ao uso de máquinas operatrizes cada vez mais automáticas e de maior produtividade. O custo também varia entre cidades e regiões, devido às diferenças de custos indiretos, frete e variações no próprio processo fabril.

• Utilização de dimensões padronizadas

Uma especificação mais “fechada” pode encarecer o fornecimento ou dificultar uma maior concorrência, ao invés de se optar por uma medida mais comercial, podendo ser até numa bitola maior. Para que isso seja possível é necessário que o projetista tenha acesso a diversos catálogos.

Embora um grande número de bitolas apareça normalmente nos catálogos, nem sempre todas as dimensões estão disponíveis de imediato. Alguns tamanhos são usados tão raramente que nem são estocados. Um pedido mais urgente para tais bitolas pode significar mais despesas e atrasos. Assim, deve-se dispor também de uma lista de dimensões preferenciais.

• Utilização de tolerâncias maiores

Entre as especificações que podem acrescentar mais no custo de produção, tem-se a tolerância. A influência nem sempre é direta, muitas vezes se faz necessário criar etapas adicionais ao processo, compra de equipamentos, aplicação de mão-de-obra especializada, chegando até a inviabilizar o projeto.

As tolerâncias abrangem a variação dimensional, a variação devido à rugosidade superficial e também à variação de propriedades mecânicas resultantes de tratamento térmico e de outras operações de fabricação.

5 SEQUÊNCIA DO PROCESSO

A sequência de operações deve ser definida pela condição de entrada da matéria-prima, se há a necessidade de trabalho na linha de produção ou a simples acoplagem ou montagem direta no produto. Se a chapa de aço a ser empregada está em rolo ou em placas prontas para o corte, ou se as barras, tubos e perfis estão dentro do especificado e não necessitam de uma preparação para, então, entrar na linha de produção.

A ocorrência de processos prévios à linha de montagem deve ocorrer em casos de peças fundidas, como: passar por limpeza, retirada dos massalotes de alimentação e de saída do ar, bem como retirar as rebarbas.

Caso haja a necessidade de trabalho prévio e usualmente existe, inicia-se pelo corte, em exceções, dependendo do objetivo final do projeto. Por questões de economia de escala e características do processo de fabricação dos materiais metálicos são produzidos em dimensões padronizadas, não sendo adequadas ao uso para todos os fins a que se destinam. Em função deste aspecto, tornam-se necessárias operações de corte das matérias-primas.

O corte pode ser efetuado de diversas formas.

- Mecanicamente: corte por cisalhamento através de guilhotinas, tesouras, etc.; por arrancamento através de serras, usinagem mecânica, etc.;
- Por fusão: utilizando-se como fonte de calor um arco elétrico, ex. *arc air* (goivagem), plasma;
- Reação química: onde o corte se processa através de reações exotérmicas de oxidação do metal, ex. corte oxicomustível;
- Elevada concentração de energia: processos que utilizam o princípio da concentração de energia como característica principal de funcionamento, não importando se a fonte de energia é química, mecânica ou elétrica. Enquadram-se neste grupo o corte por jato d'água de elevada pressão, laser e algumas variantes do processo plasma.

5.1 Corte e serra

A matéria-prima, que é considerada material de entrada, deverá estar disponível conforme previsto anteriormente no projeto. Para tanto, as operações de corte e serra devem prever um melhor aproveitamento de chapa, ocupando todos os espaços disponíveis. O corte em si pode se feito de várias formas.

5.1.1 Tesoura

É normalmente utilizada para chapas finas ou quando não é possível utilizar nenhum equipamento mecânico ou automático, pois é uma ação manual. As tesouras podem ser encontradas em diversos modelos (FIG. 8).

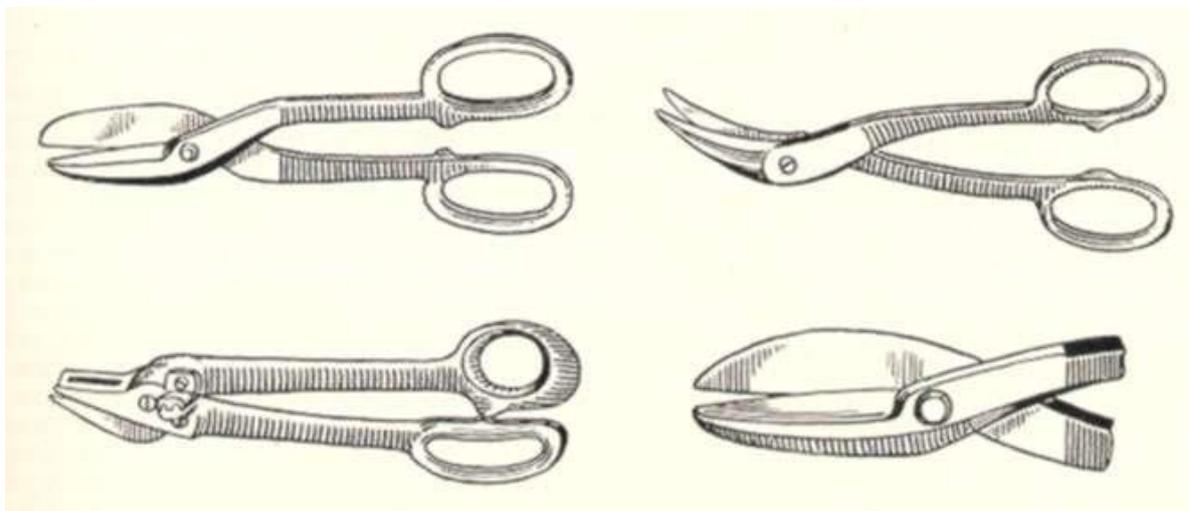


Figura 8 - Tesouras para corte em metal
Fonte: (TUSTISON; KRANZUSCH, 1960)

5.1.2 Serra

Utilizada em corte de metais, tem as suas particularidades, em relação à mesma ferramenta para utilização em madeira: dentes menores, ângulos de ataque e saída também diferentes de outras aplicações. Também deve ser considerado que existem serras específicas para cada tipo de liga de aço (frágil ou dúctil) e até ferro fundido. Respeitar estas diferenças deve resultar num melhor acabamento e numa maior vida útil dos equipamentos e ferramentas (FIG. 9 e 10).

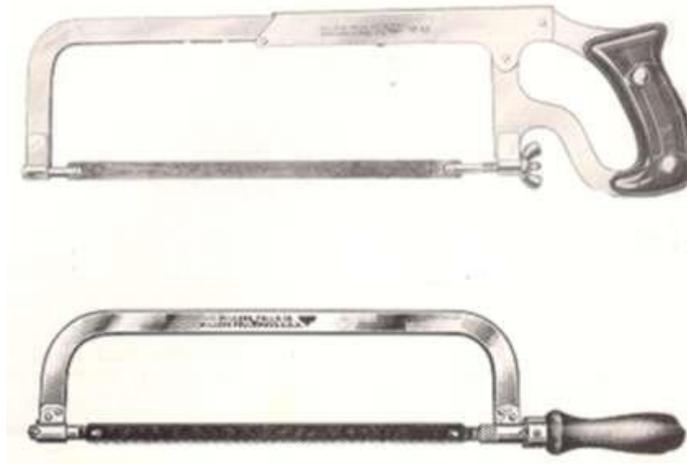


Figura 9 - Serras manuais
Fonte: (TUSTISON; KRANZUSCH, 1960)



Figura 10 - Serra fita
Fonte: (RAMOS INDUSTRIAL, [200-?])

5.1.3 Guilhotina

É um equipamento de maior porte, para a realização de cortes feitos através de uma faca que resulta na força cisalhante, cortando a peça em duas partes (FIG. 11, 12 e 13).



Figura 11 - Guilhotina hidráulica corte vertical
Fonte: (CENA, [200-?])

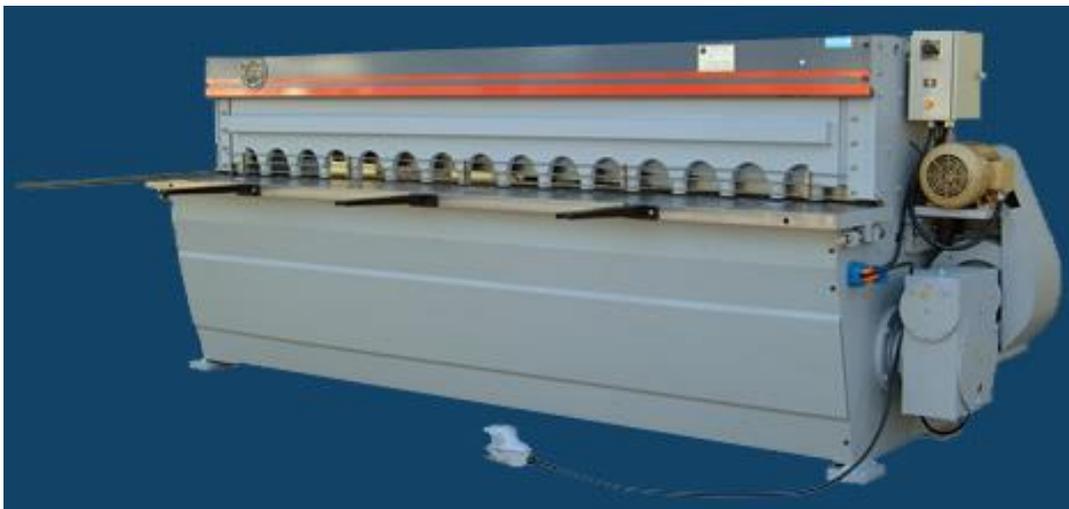


Figura 12 - Guillhotina mecânica com embreagem e freio hidráulico
Fonte: (CENA, [200-?])



Figura 13 - Guillhotina hidráulica
Fonte: (GASPARIN, [200-?])

Atualmente, é possível se beneficiar de algumas técnicas de corte diferentes das já mencionadas, as quais permitem uma maior precisão e eficiência, sobretudo em materiais mais resistentes. Essas tecnologias surgiram quando foi necessário o emprego de materiais mais resistentes do que aqueles que eram usados até então, como é o caso do aço inoxidável e do titânio, onde a dureza destes é capaz de danificar ferramentas e máquinas operatrizes na tentativa de operações de usinagem.

5.1.4 Oxicorte

Consiste numa operação em que um metal é aquecido até a sua temperatura de ignição, por uma chama oxcombustível (chama de pré-aquecimento). A seguir, o metal é oxidado rapidamente por um jato de oxigênio (oxigênio de corte), fundindo-se e escoando em forma de fluido. Este processo é considerado um dos mais baratos em corte térmico (FIG. 14).

Um dos componentes mais importantes no sistema e, por consequência, traz uma das variáveis que ajudam a definir o processo é o bico de corte, pois, é ele que irá conduzir os gases pela saída e, conseqüentemente, produzirá um fluxo sem turbulências. Os fabricantes de maçaricos dedicam especial atenção a este elemento e suas partes internas.

A pressão e vazão dos gases também estão relacionadas como sendo um dos fatores que influenciam diretamente na qualidade da chama e no seu propósito. Pois essas variáveis estão relacionadas diretamente com a espessura a ser cortada, tipo de bico, tipo de gás

combustível e velocidade de corte. Em linhas gerais, quanto maior a espessura, maior deverá ser a pressão e vazão dos gases.

Como citado anteriormente, a velocidade de avanço do maçarico pertence ao terceiro grupo de variáveis importantes para a qualidade de corte, pela velocidade de deslocamento do maçarico, o operador controla o tamanho e ângulo das estrias de corte, encontrando empiricamente a relação ideal entre a taxa de oxidação e velocidade de corte.

Em operações com o oxicorte, o maçarico deverá estar sempre perpendicular à chapa, entretanto, em raras exceções, quando se trata de cortes especiais e dificuldades de espaço, podem ser executados cortes inclinados. Quanto ao bico, a relação de distância entre bico e peça tem grande influência na qualidade de corte, onde as tabelas dos fabricantes devem mostrar quais as distâncias corretas ou mais recomendadas para cada tipo de bico e espessura da chapa.

Este processo tem algumas limitações, tais como tipo de material a ser cortado: aço inoxidável, níquel, alumínio e suas ligas. Estes materiais não podem ser separados pelo processo de oxicorte, tendo-se que recorrer a cortes mecânicos, por arco elétrico ou plasma. Uma segunda limitação consiste no fato de que os cilindros utilizados para armazenagem de gás são pesados e de difícil manuseio, dificultando o acesso a lugares altos, ou postos de trabalho que se encontrem afastados dos cilindros. Uma solução encontrada para sanar esta limitação é o transporte de todo o conjunto, fato este que muitas vezes incorre em riscos adicionais, como queda dos cilindros ou danificação das mangueiras condutoras de gases.



Figura 14 - Oxicorte CNC
Fonte: (TECTRONIX, [200-?])

5.1.5 Laser

Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation é um sistema que produz calor devido à incidência de um feixe de luz altamente concentrado e de elevada potência, podendo ser utilizado em materiais metálicos e não-metálicos. Sendo que, a maioria dos cortes executados com este processo encontra-se nos materiais metálicos (ferrosos e não-ferrosos em geral).

O corte de materiais não-metálicos como madeira, couro e mármore, tem uma pequena parcela de utilização, quando comparado com o anterior. Os materiais plásticos e compósitos, devido ao aumento de sua utilização, apresentam-se como segmentos de grande crescimento para o uso do processo.

Esta tecnologia resulta na alta concentração do feixe que proporciona uma excelente qualidade de corte em altas velocidades. Sendo obrigatório, no caso de corte, a presença de um gás que tem a função de remover o plasma e o material fundido da frente de corte. O fluido em forma de gás mais utilizado é o CO₂.

A tecnologia de corte a laser apresenta a seguinte relação (QUADRO 1):

Vantagens	Desvantagens
Baixo impacto térmico; Largura de corte pode ser estreita; Grande precisão no corte; Boa qualidade na superfície cortada; Ideal para protótipos.	Elevado investimento inicial; Dificuldade em cortar materiais reflexivos; Dificuldade em cortar materiais de boa condutividade térmica; Formação de depósitos de carbono livre na superfície de corte de materiais orgânicos; Liberação de produtos tóxicos; Necessita integração com sistemas de coordenadas.

Quadro 1 – Relação de vantagens e desvantagens do corte a laser

Fonte: (INFOSOLDA, [200-?])

O corte de materiais por esta tecnologia é um processo bastante flexível para produzir superfícies de corte com alta qualidade (FIG. 15). Uma de suas principais utilizações é sem dúvida a execução de pequenos lotes (protótipos), uma vez que não é necessária a construção de ferramental. Outras aplicações importantes são:

- corte de geometria complexa, difícil de produzir por outros processos;
- corte pulsado preciso, como por exemplo, para aços ferramenta;
- materiais difíceis de cortar por outros processos, como por exemplo: titânio, alumínio, etc.;
- materiais não-metálicos: madeiras, placas de propaganda, tecidos, etc.

As principais variáveis a serem controladas são: potência, ponto focal, velocidade de corte, que esta atrelada ao avanço e vazão dos gases. Vale como regra geral que o aumento da potência permite cortar com velocidades maiores, mantendo a mesma qualidade de corte, ou cortar materiais de maiores espessuras.

O ponto focal é o ponto de máxima concentração de energia do feixe. Deve ser colocado na superfície, para chapas finas, ou ligeiramente abaixo da superfície, para chapas grossas, com valor máximo de 1/3 da espessura. Este ponto influencia diretamente a qualidade do corte.

A velocidade de corte deve ser determinada juntamente com a potência e a pressão e vazão do gás de assistência. Quando se utiliza um valor muito elevado, aparecem estrias na superfície de corte, rebarbas na parte posterior das superfícies de ataque da radiação, ou ainda, em casos extremos, pode-se até não se conseguir efetivar o corte pelo motivo de que a penetração é insuficiente. Com velocidades baixas, observa-se um aumento da Zona Termicamente Afetada (ZTA) e um decréscimo na qualidade de corte.

A vazão do gás de assistência deve ser suficiente para remover o material fundido proveniente do corte. Vazões mais elevadas devem ser utilizadas nos casos de corte de materiais reativos como plásticos, madeiras ou borrachas. Nos cortes de metais, deve ser utilizado o O₂, pois este proporciona uma reação exotérmica aumentando ainda mais a temperatura, e possibilitando com isto velocidades de corte ainda maiores.

Por se tratar de processo de alta densidade de energia, onde o feixe é muito concentrado e preciso e o corte dar-se sob velocidades elevadas, não se opera o processo manualmente, sempre haverá a necessidade de dispositivos auxiliares de movimentação. O mais comum é a utilização de mesas móveis com comando numérico, com capacidade de movimentação nos eixos X, Y e Z. Os eixos X e Y estabelecem as coordenadas de corte, enquanto que o eixo Z servirá para corrigir a altura do ponto focal em relação à superfície da peça. A variação da distância ponto focal/peça ocorre por deformações na chapa provocadas pelo corte térmico.



Figura 15 - Corte LASER, STX - 48 MK II 1,8 KW
Fonte: (CORTEMETAL, [200-?])

5.1.6 Plasma

Desde sua invenção, o processo de corte por plasma incorporou várias tecnologias e se tornou um dos principais métodos de corte de metais. Entretanto, anos atrás o processo não era bem aceito na indústria de corte de metais, devido ao elevado consumo, elevando os custos, além de dúvidas operacionais, concluindo na inconsistência do processo.

Atualmente, existem processos manuais, os quais são equipados com sistema de jato coaxial de ar, que restringem ainda mais o plasma, permitindo um corte mais rápido e com menos ângulo. O projeto de escudo frontal permite ao operador apoiar a tocha na peça mesmo em correntes elevadas na ordem de 100A. Nos sistemas mecanizados, utilizados principalmente em “braços” de coordenadas XYZ com comandado numérico computadorizado foram incorporados, beneficiando a consistência do processo e prolongam a vida útil dos componentes consumíveis através de um controle mais eficiente dos gases e do sistema de refrigeração respectivamente.

O processo de corte por plasma, tanto manual como mecanizado, ganhou espaço devido à possibilidade de corte em qualquer material condutor de eletricidade, principalmente em metais não ferrosos. Também, devido à substituição ao processo de oxicorte em chapas grossas, e ao *laser* em chapas finas ou de metais não ferrosos. Este processo foi desenvolvido na década de 50.

Inicialmente, o processo consiste na utilização do calor liberado por uma coluna de plasma, resultante do aquecimento – por meio de um arco elétrico - de um gás, em alta vazão rotacional. Este plasma é transferido ao metal a ser cortado. A parte do metal se funde pelo calor do plasma e este metal é expulso com auxílio do gás em alta vazão. Quase vinte anos depois é inserida água no bico, ampliando a vida útil do sistema e uma significativa melhora na qualidade do corte. Mais tarde, ocorreu o aumento na velocidade do processo. A incorporação de melhorias nesta tecnologia de corte vem acontecendo até os dias atuais,

sempre em busca da perfeição, chegando até a um corte sem rebarbas e sem escória (FIG 16, 17 e 18).

Os sistemas de corte manual são muito simples e de fácil operação, os mais modernos possuem o bocal isolado eletricamente o que permite que o operador apóie a tocha na peça e/ou utilize uma régua ou gabarito para guiar o corte. As fontes inversoras são preferidas devido a sua portabilidade. O corte manual é largamente utilizado nas mais diversas aplicações. Desde cortes em chapas finas, como as de automóveis ou móveis, até grandes espessuras, como as de estruturas metálicas, o plasma apresenta vantagens devido à flexibilidade da tocha, facilidade de operação, velocidade de corte e menor deformação das chapas.

Como outros processos, o processo plasma ocupa uma posição de vasta área de aplicação com vantagens técnicas e econômicas. Porém, existem aplicações em que outros processos de corte térmico (ou termoquímico) são mais adequados. Para peças em aço carbono, com espessuras acima de 40 mm, o processo mais recomendado é o oxicorte, devido ao baixo custo inicial e operacional do processo. Para peças de espessura abaixo de 6 mm, com requisitos de ângulo reto, o processo mais recomendado seria o *laser*, que também pode ser aplicado em maiores espessuras dependendo da potência do ressonador, e que se deve avaliar a rugosidade da superfície de corte e principalmente a velocidade de corte.



Figura 16 - Conjunto Power Cut XL50
Fonte: (WHITE MARTINS, [200-?])



Figura 17 - Detalhe do corte por plasma
Fonte: (TECTRONIX, [200-?])



Figura 18 - Corte por plasma CNC
Fonte: (TECTRONIX, [200-?])

5.1.7 Puncionadeira

É um equipamento que faz pequenos estampos, entretanto, com uma velocidade de repetição elevada. Este tipo de equipamento possui um cabeçote com uma gama de formas geométricas, as quais possibilitam diversos contornos.

Esta máquina apresenta uma estrutura em “C” (FIG. 19 e 20). O cabeçote de puncionamento normalmente é hidráulico e de alta velocidade, chegando a 500 golpes por minuto. Apesar da alta velocidade, as operações são executadas com precisão, possibilitando a produção de modelos e lotes primários com alta qualidade.



Figura 19 - Puncionadeira Euromaq BX Autoindex
Fonte: (EUROMAQ, [200-?])



Figura 20 - Basket BX
Fonte (EUROMAQ, [200-?])

5.2 Sistemas de fixação

Após o corte das peças, e estando nas dimensões conforme o projeto, o próximo passo seria a montagem. No mercado existem várias soluções para unir peças, desde um simples encaixe, colas, rebites, parafusos, chegando a soldas. As ligações de peças de aço são feitas de dois modos: por meio de solda; por meio de furos e conectores.

A solda tem a vantagem de não ser preciso furar as peças. Os furos são onerosos, necessitam de mais uma etapa no processo e ainda diminuem a seção das peças. Entretanto, as emendas furadas para a utilização de conectores, permitem a montagem e desmontagem das estruturas. A prática moderna procura combinar as vantagens dos dois tipos, realizando toda fabricação de oficina à base de solda, e as emendas de montagem com furos e conectores.

Os conectores utilizados em estruturas metálicas, geralmente, são rebites, parafusos comuns e parafusos de alta resistência. Outros tipos utilizados, com menor frequência, são os pinos e os parafusos ajustados.

5.2.1 Rebites

Os rebites são fabricados a partir de barras redondas, laminadas, formando-se uma cabeça em um dos lados. Em algumas situações os rebites, em sua instalação, necessitam serem aquecidos até uma determinada temperatura. Nestas situações de extrema carga e força são utilizadas ferramentas pneumáticas. Quanto à utilização dos rebites, pode-se dizer que:

- a aplicação de rebites está se tornando reduzida devido ao rápido desenvolvimento dos processos de solda;
- são usados em estruturas e máquinas sujeitas a vibrações severas;
- são muito utilizados em aviação, para a associação de elementos em estruturas de material de liga leve;
- são ainda usados para associar elementos quando a solda for de difícil aplicação.

5.2.2 Parafusos comuns

Os parafusos comuns são forjados a partir de barras laminadas, redondas, de aço de baixo carbono. Nos EUA utiliza-se o aço ASTM A307, com resistência à ruptura mínima 38 Kgf/mm. No Brasil são empregados, geralmente, aços de nomenclatura SAE 1010 e 1020 (a resistência à ruptura desses aços pode ser adotada como 38 Kgf/mm).

Os parafusos de padrão americano utilizam a rosca chamada *American Standard*, com ângulo de 60°, podendo ser de rosca grossa ou fina. Para as aplicações industriais comuns emprega-se a rosca grossa.

A rosca *Whitworth*, originária da Inglaterra, é também muito utilizada em todo o mundo. Ela apresenta ângulo de 50° e cantos arredondados.

Quanto à utilização dos parafusos, pode-se dizer que são utilizados quando:

- não há espaço para rebiteagem ou quando sua execução é difícil;
- as associações precisam de reajuste;
- trata-se de estruturas desmontáveis.

5.2.3 Parafusos de alta resistência

Estes parafusos são, normalmente, feitos com dois tipos de material:

- aço médio carbono temperado (55/75 kgf/mm);
- aço de baixa liga temperado (85/105 kgf/mm).

Os valores dados entre parênteses indicam, respectivamente, as tensões de escoamento e ruptura.

Nesse tipo de fixação, o planejamento e cálculo de projeto devem seguir a seguinte distribuição de esforços entre os conectores. Numa ligação com diversos conectores, em geral, se admite que o esforço transmitido se distribua igualmente entre os conectores. Essa distribuição de esforços é, entretanto, estaticamente indeterminada. Para deformações em regime elástico, os primeiros conectores em carga absorvem as maiores parcelas dos esforços. Com o aumento dos esforços, os conectores mais solicitados sofrem deformações plásticas, transferindo-se os esforços adicionais para os conectores intermediários, o que resulta numa distribuição aproximadamente uniforme de esforços entre os conectores.

5.3 Pintura

Atualmente, a pintura a pó vem substituindo a antiga pintura líquida com grandes vantagens. O processo pode ser bem simples, ao iniciar pelo pré-tratamento, que consiste na limpeza das peças, seguido pela aplicação do pó com o devido pigmento e finalizando com a cura térmica.

Vantagens do processo de pintura a pó:

- solução ecologicamente correta;
- resistência a impacto e riscos;
- espessura variável;
- resistência a intempéries;

- opções de cores, texturas, nivelamento e brilho.

Hoje, o revestimento a pó representa a tecnologia dominante, entretanto, há ainda lugar para a pintura líquida em determinadas aplicações. A pintura líquida é também uma excelente opção tecnológica para acabamentos em componentes montados onde o revestimento a pó pode não ser apropriado.

Conclusões e recomendações

Diante do vasto campo de possibilidades, entre as tecnologias possíveis a serem empregadas, fica evidente a necessidade de um apoio mais focado nas atuais necessidades do fabricante ou empreendedor. Esse apoio deve ser técnico e econômico, para tanto, a previa elaboração de um plano de negócio com o seu devido detalhamento deve ajudar e respaldar este empreendimento.

Uma análise aprofundada e, principalmente, coerente com a realidade local se faz necessária, para isso é aconselhável a busca de profissionais da área, bem como contato com diversos fornecedores.

O Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas - SBRT informa que já existem, no banco de informação, Respostas Técnicas e Dossiês que abordam este assunto e podem complementar as informações aqui prestadas.

Para visualizar esses arquivos, acesse o *site* <www.respostatecnica.org.br> com seu *login* e senha e realize a Busca Avançada utilizando as palavras-chave para encontrar os arquivos recomendados para leitura: metal; móvel; pintura a pó; processo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SOLDAGEM (ABS). **Solda e corte**. Disponível em: <<http://www.abs-soldagem.org.br/>>. Acesso em: 01 jan. 2007.

ALMEIDA, Julio; CONCEIÇÃO, Zely. **Notas de aula - elementos de máquinas 1**. Curitiba: CEFET-PR, [1990?].

CENA. **Indústria argentina**. Disponível em: <<http://www.cenasrl.com.ar/portugues/index.html>>. Acesso em: 29 dez. 2006.

CORTEMETAL. **Corte a laser**. Disponível em: <<http://www.cortemetal.com.br/>>. Acesso em: 02 jan. 2007.

DUBBEL. **Manual do engenheiro mecânico**. 13 ed. São Paulo: Hemus, 1979. 5 v.

EMPREMAQ. **Máquinas operatrizes**. Disponível em: <<http://www.empremaq.com.br/paginas/empresa.htm>>. Acesso em: 28 dez. 2006.

EUROMAQ. **CNC Punching**. Disponível em: <<http://www.euromac.com/php/home.php?lingua=eng&tipo=home>>. Acesso em: 02 jan. 2007.

GASPARIN DO BRASIL. **Guilhotina hidráulica**. Disponível em: <<http://www.gasparinbrasil.com.br/>>. Acesso em: 29 dez. 2006.

HYPERTHERM. **The word leader in plasma cutting technology**. Disponível em: <<http://www.hypertherm.com.br/>>. Acesso em: 01 jan. 2007.

JOAQUIM, Roberto; RAMALHO, José. **Laser**. Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/>>. Acesso em: 02 jan. 2007.

KROM, Edward F; PAGE, Peter J. **Hand-Wrought Ironwork – a book of projects**. 3 ed. Milwaukee, USA: *The Bruce Publishing Company*, 1956.

MÓVEIS RÚSTICOS. **Madeira maciça**. Disponível em: <<http://www.imoveisavare.com.br/moveisrusticos.htm>>. Acesso em: 26 dez. 2006.

NOUVEL. **Art du Logis - moderne et ancien**. Paris: Le Décor D’Aujourd’Hui, 1955.

PROVENZA, Francesco. **Desenhista de máquinas**. Escola Pro-tec, 1983.

SHAMES, Irving H. **Introdução à mecânica dos sólidos**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1983.

SHIGLEY, Joseph Edward. **Elementos de máquina 1**. 3 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1984.

TECTRONIX. **Equipamentos industriais**. Disponível em: <<http://www.tectronix.com.br/novo/index.htm>>. Acesso em: 01 jan. 2007.

TUSTISON, F. E; KRANZUSCH, Ray F. **Metalwork essentials**. New York: The Bruce Publishing Company, 1960.

WHITE MARTINS. **Equipamentos**. Disponível em: <<http://www.whitemartins.com.br>>. Acesso em: 31 dez. 2006.

Identificação do Especialista

Ivo Mezzadri Filho – Engenheiro Industrial Mecânico





Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas

www.respostatecnica.org.br