

POSSIBILIDADES DE MANUFATURAS ECONÔMICAS ATRAVÉS DOS TUBOS MECÂNICOS E DAS PEÇAS TUBULARES FORJADAS ⁽¹⁾

DIETER ALTHOFF ⁽²⁾

RESUMO

O objetivo deste trabalho é expor as vantagens do emprêgo de tubos e peças tubulares na fabricação em série de peças mecânicas. Esta apresentação limita-se à demonstração da manufatura racional e econômica de peças, utilizando-se tubos de aço sem costura fabricados pela Companhia Siderúrgica Mannesmann. Nessa exposição o autor se baseia nas experiências obtidas nos últimos anos.

1. POSSIBILIDADES DOS TUBOS MECÂNICOS

Pelo desenvolvimento da técnica, os campos de aplicação do tubo tornaram-se tão numerosos que, mesmo os peritos, já encontram dificuldades para atender às exigências e à pluralidade de seu emprêgo. A moderna técnica de solda, por exemplo, solucionou o problema de junção de tubos de modo mais simples e estáticamente correto, abrindo assim mais um novo caminho, que cada dia se alarga mais, para o emprêgo do tubo.

Existem hoje em grande número aparelhos, máquinas, veículos e construções metálicas, que contêm diversas peças feitas de tubos e outras que poderiam facilmente ser substituídas por êle. As máquinas constituem-se, em grande parte, de buchas, anéis, cilindros, eixos perfurados e outras peças semelhantes. Do ponto de vista econômico é de evidente vantagem confeccionar êstes elementos mais simples diretamente do tubo, principalmente quando se trata de fabricação em série.

Uma rápida visão das oficinas mecânicas, porém, nos mostra que ainda muitos cilindros e buchas se fazem de maneira bastante dispendiosa, ou seja, usinados de barras maciças. A

(1) Contribuição Técnica n.º 408. Discutida na Comissão «D» do XV Congresso da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Membro da ABM; Engenheiro Chefe da Seção da Prensa de Extrusão da Usina do Barreiro da CSM; Belo Horizonte, MB.

causa de tal procedimento explica-se pela tradição e pela rotina de trabalhar-se com matéria-prima maciça, e também pelo desconhecimento das vantagens que o tubo oferece.

Na usinagem de metais em geral, a operação nos tornos pode ser considerada a tarefa mais freqüente. A condição preliminar para uma manufatura racional é baseada na existência de equipamento moderno; de igual importância é também o emprego de matéria-prima adequada, pois o rendimento econômico depende em grande parte da forma do semi-produto empregado. Quando se trata de tornear buchas e cilindros, o emprego de matéria-prima, já com secção anular, não é somente a solução mais fácil; é também a solução técnica certa. Dêste modo, as oficinas de usinagem poderão fazer considerável economia e a matéria-prima não seria desnecessariamente esbanjada.

Mínimo de matéria prima empregada,
mínimo desgaste de ferramentas,
mínimo dispêndio de energia e
máximo rendimento por unidade de tempo,

deveriam ser condições básicas e suficientes para se estudar a vantajosa aplicação do tubo em cada caso singular. Realmente, as mais variadas indústrias já se aproveitam bastante da possibilidade de redução de aparas através do emprego de tubos. Figuram, em primeiro plano, as indústrias automobilísticas, as de vagões e motores, as de máquinas têxteis, as de papéis e as de máquinas agrícolas. Os resultados encontrados foram tão expressivos e convincentes, que o tubo já se tornou elemento indispensável nos diversos ramos destas indústrias.

Infelizmente, não podemos apresentar no presente trabalho um quadro completo dos cálculos, demonstrando a economia em tôdas as suas fases de fabricação de peças com tubos. A multiplicidade dos casos imagináveis e as diversas bases para o cálculo de custo impossibilitam uma generalização. Ademais, a demonstração dêstes cálculos ultrapassaria a finalidade desta palestra.

Por estas circunstâncias limitamo-nos à indicação dos pontos essenciais a serem observados para a escolha do tubo como matéria-prima. Tais pontos poderão ser deduzidos dos diagramas e gráficos que apresentaremos a seguir. Em verdade, qualquer tubo pode ser utilizado para fins mecânicos. Imperativos de ordem mecânica, porém, criaram um novo tipo de tubo, —
o TUBO MECÂNICO

2. APLICAÇÕES DOS TUBOS MECÂNICOS E DOS TUBOS FORJADOS

Apresenta o tubo mecânico, além de outras características, a parede, consideravelmente mais grossa do que a dos tubos comerciais comuns. Por exemplo: Um tubo normal de 60 mm de diâmetro externo e 3 mm de parede, dificilmente poderá ser utilizado como tubo mecânico, quando levamos em conta que, sômente na usinagem do diâmetro externo, a parede perde 1 a 1,5 mm de espessura; o mesmo acontece na usinagem do diâmetro interno. Na melhor das hipóteses resta-nos um tubo com 1 mm de parede, de pouca utilidade mecânica.

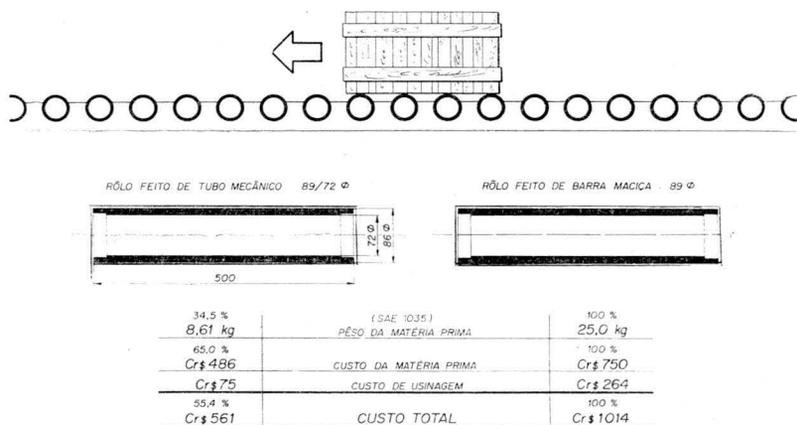


Fig. 1 — Exemplo de manufatura econômica: comparação dos custos entre tubo mecânico e barra maciça.

A figura 1 dá um exemplo da aplicação lucrativa do tubo mecânico. Trata-se de fabricar rolos para uma esteira transportadora. Tomamos duas matérias-primas distintas — a barra maciça e o tubo mecânico. A diferença de peso entre ambos já implica em mais de 65%, quando consideramos o peso da barra como 100%. Em conseqüência do processo de laminação, o material do tubo é mais caro do que o da barra; ainda assim, encontramos a considerável diferença de 35% no preço da matéria-prima.

Os custos de usinagem dependem do equipamento; em nosso caso referem-se a tornos modernos, porém, universais. Tornos especiais ou automáticos operam mais economicamente. Os custos relativos a máquinas especiais ou automáticas só podem ser estimados, já que o equipamento das oficinas mecânicas em

cada caso varia conforme a natureza e a diretriz de produção. Sòmente pela diferença de preço da matéria-prima e da usinagem a economia na fabricação da peça indicada no gráfico é de Cr\$ 453,00. Além disso, o tubo mecânico implica ainda em respeitável economia no transporte; esta economia é diretamente proporcional às percentagens de pêsos, ou, em nosso caso, para o tubo mecânico, de aproximadamente 35% do preço de transporte da barra.

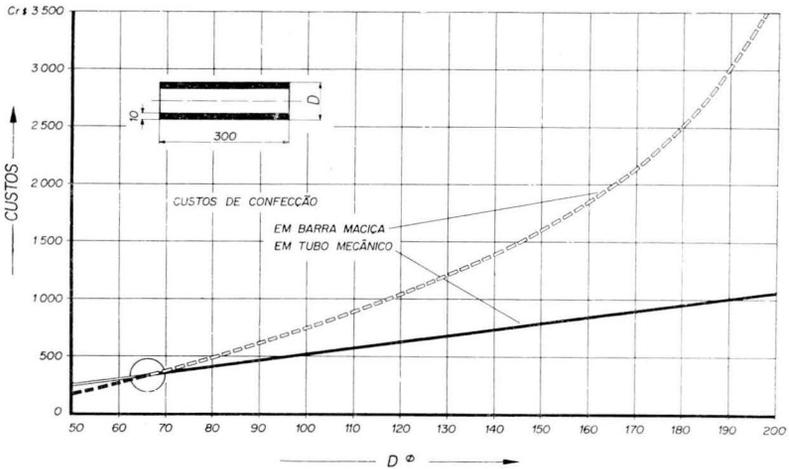


Fig. 2 — Curva de rentabilidade; comparação entre tubo mecânico e barra maciça.

A figura 2 indica curvas de rentabilidade, referentes a buchas de parede igual a 10 mm. A curva em linhas pontilhadas refere-se à bucha fabricada com uma barra maciça e a linha extensa à mesma bucha, feita com tubo mecânico. O ponto de intersecção das duas curvas representa o limite de aplicação lucrativa e prejudicial, esta última em traço mais leve. A posição deste ponto depende da espessura da parede. Em nosso diagrama ele se desloca para a esquerda à medida em que a parede diminui. Em outras palavras: quanto mais fina a parede, maior é a rentabilidade do tubo mecânico, relativamente à barra maciça. O extremo é o tubo com parede de 3 mm, exemplo já demonstrado anteriormente.

Na figura 3 vemos os pontos de intersecção referentes às paredes padrão. A ligação entre estes pontos determina o limite geral de rentabilidade relativo a tôdas as dimensões. O emprego do tubo então sòmente é econômico quando a coincidência da vertical do diâmetro com a linha indicativa da espessura da

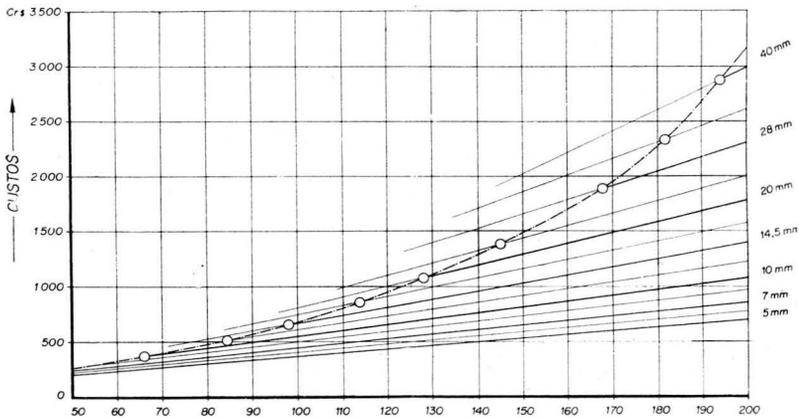


Fig. 3 — Limite de rendimento entre tubo mecânico e barra maciça.

parede se dá abaixo deste limite; excetuam-se os casos em que a economia do transporte justifica o seu emprêgo ou aqueles em que outros fatores são de maior importância do que a manufatura econômica, como, por exemplo, a estrutura metalográfica, mais fina no tubo mecânico do que na barra laminada.

Chamamos a atenção do fabricante e do projetista de peças mecânicas que a parede máxima dos tubos mecânicos é aproximadamente a sétima parte do diâmetro externo, quando este não for maior de 2"; acima deste diâmetro ela varia entre a 4.^a e 7.^a parte do diâmetro. Os diâmetros variam entre 21 e 216 mm.

A qualidade de superfície e as tolerâncias correspondem plenamente às dos produtos laminados a quente, como barras, chapas, cantoneiras e ferros perfilados. Todos os tubos podem ser fabricados em aços tradicionalmente aplicados em construções de máquinas, e relativos às normas em vigor para as qualidades exigidas na fabricação de peças mecânicas. Em casos excepcionais, existem ainda possibilidades de ampliar-se o quadro de fabricação, desde que exista um mercado consumidor capaz de absorver quantidades que justifiquem as modificações indispensáveis ao processo de fabricação.

Atendendo à manufatura econômica criou-se o tubo mecânico. Mas o progresso não para. Incansavelmente avança; a busca continua no sentido de atender aos mais altos requisitos da manufatura moderna. Tais requisitos determinaram a fabricação de máquinas de forja automáticas para peças tubulares ou maciças. De uma destas máquinas mostramos uma fotografia que oferece uma visão geral. Ela representa o tipo mais moderno, cujo sistema foi patenteado em diversos países.

O rendimento na fabricação de cilindros escalonados, por exemplo, pode ser ainda muito elevado através do emprêgo de tubos forjados, provenientes desta máquina.

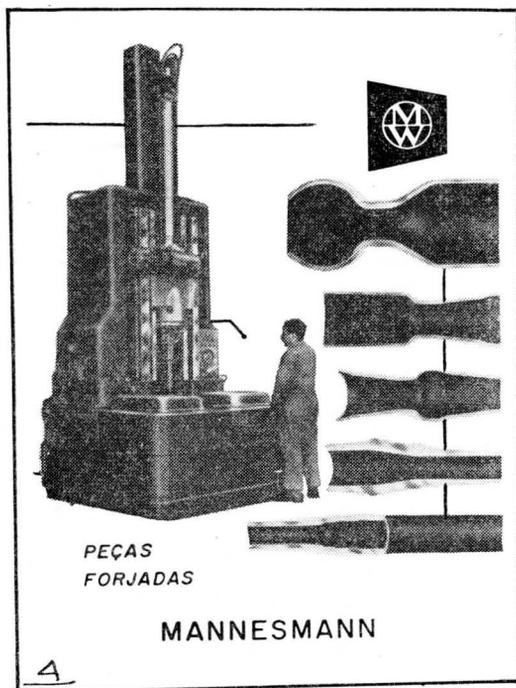


Fig. 4 — Aspecto da máquina automática para forjamento de peças tubulares e maciças. Notar a variedade de tubos que podem ser obtidos.

A figura 4 expõe três alternativas para a confecção de um cilindro escalonado. Também nesta demonstração, o custo de fabricação em barra maciça foi considerado como 100%. Já pela utilização do tubo mecânico obtemos uma redução no custo de 7%, apesar de ser este, como matéria-prima, Cr\$ 110,00 mais caro do que a barra maciça. Tal vantagem é muito comum no emprêgo do tubo mecânico e prova sua possível rentabilidade, mesmo quando o uso dêste, como matéria-prima, fôr mais caro.

A aplicação do tubo forjado, exposto na parte inferior da figura, resulta numa economia de aproximadamente 30%. Queremos ainda chamar especial atenção para o fato de que a resis-

tência das peças forjadas é incomparavelmente superior à das peças usinadas em material maciço; isso constitui, sem dúvida, uma vantagem apreciável.

Na figura 5 vemos o esquema de funcionamento da forja automática. O comando é feito por meio de um sistema hidráulico-mecânico. Antes de iniciar-se uma série de produção, ajust-

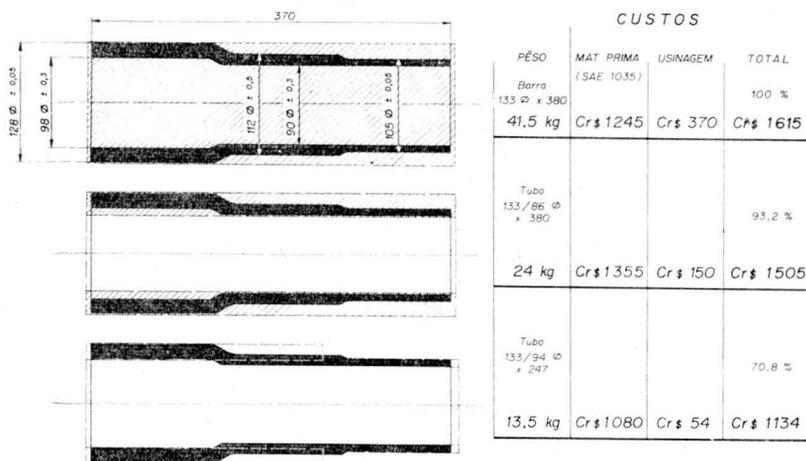


Fig. 5 — Manufatura econômica: comparação entre barra maciça, tubo mecânico e tubo forjado.

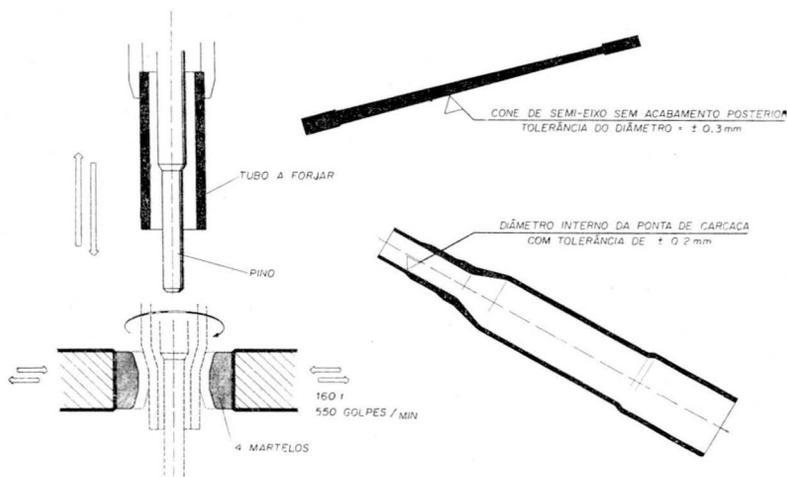
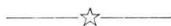


Fig. 6 — Máquina de forja automática; esquema de funcionamento.

ta-se o dispositivo especial de comando, de acôrdo com as medidas desejadas. Através de sistemas hidráulicos, iniciam-se os impulsos para as medidas a forjar. De acôrdo com êstes impulsos, a peça move-se verticalmente em ambos os sentidos, enquanto os martelos forjam os diversos diâmetros, obedecendo exatamente às medidas pré-ajustadas. Êste tipo de forja permite atingir limites de tolerâncias rigorosos e um grau de precisão de tal ordem, que o acabamento posterior, na maior parte dos casos, torna-se dispensável.

O rápido desenvolvimento da indústria nacional (especialmente nos últimos anos), marcado pela crescente concorrência entre as indústrias de máquinas e automobilísticas, cujas exigências são cada vez maiores, impõe a máxima economia na confecção de peças. Qualidade e preço decidirão o sucesso das vendas.

Esperamos que a apresentação dos métodos econômicos de manufatura, através de produtos tubulares, constitua uma pequena contribuição para acelerar a marcha do progresso industrial no Brasil.



DISCUSSÃO ⁽¹⁾

J. Hein ⁽²⁾ — Agradeço muito ao Eng. Dieter Althoff pela bela e concisa exposição que fêz do trabalho, e declaro aberta a discussão em tôrno do assunto.

Ferrucio Fabriani ⁽³⁾ — Eng. Dieter Althoff, permita que me congratule com o senhor pela clareza com que expôs assunto de tamanha oportunidade, tendo em vista o desenvolvimento da indústria mecânica, em sua relação com a indústria automobilística.

Minha pergunta é sôbre se o Sr. — evidentemente o Sr. está ciente — ou a Mannesmann fêz alguma coisa no sentido da normalização dos tamanhos dos tubos mecânicos. Depois da sua brilhante exposição, estamos cientes da importância extraordinária, econômica e técnica, dos tubos mecânicos para a construção mecânica. Mas o Sr. sabe que a diferenciação, a variabilidade de dimensões cria problemas — e o Sr. já citou um — quanto à estocagem. De sorte que é de tôda importância a normalização. O Sr. já cogitou de introduzir, desenvolver e oferecer os tubos mecânicos dentro de uma certa norma para evitar excesso de estocagem?

(1) Contribuição Técnica n.º 408. Discutida na Comissão «D» do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960.

(2) Presidente da ABM e Presidente da Comissão; Diretor Geral da Companhia Siderúrgica Belgo-Mineira; Belo Horizonte, MG.

(3) Membro da ABM; Professor Catedrático da Escola Nacional de Engenharia; Rio de Janeiro, GB.

D. Althoff ⁽⁴⁾ — Sim, senhor. No início dos nossos trabalhos, que já datam de alguns anos, fizemos primeiramente uma análise do mercado. Em segundo lugar, pela experiência de vendas, temos hoje conhecimento das qualidades mais procuradas; de acordo com essas experiências, fizemos listas técnicas, não só sobre tamanhos, bitolas, como também sobre qualidades. A respeito da sua pergunta, não entendi bem a questão da normalização. O Sr. se refere à normalização metalográfica?

F. Fabriani — Não. Refiro-me à estandardização.

D. Althoff — Isso foi feito.

F. Fabriani — Se o Sr. me permite outra pergunta, a que base se ativeram para fazer essa estandardização? Foram normas alemãs, baseadas em números normais, ou dados que surgiram do levantamento das necessidades do mercado?

D. Althoff — **Sim e não.** Para estabelecer uma norma, ou mesmo para padronizar o tubo mecânico Mannesmann, servimo-nos das normas alemãs no que diz respeito às bitolas (já existentes então e conhecidas no mercado brasileiro pela importação). Na maioria dos casos, estas bitolas correspondem às das normas internacionais. Quando digo bitola, refiro-me, exclusivamente, ao diâmetro externo do tubo, já que a principal característica do tubo mecânico está em sua parede. A padronização da parede foi feita de tal maneira que, de acordo com as tolerâncias de fabricação, a espessura máxima de uma parede nominal é maior do que a espessura mínima da seguinte parede nominal da lista. Desta forma, nosso programa de fabricação, ou seja, nossa lista de tubos mecânicos padronizados, abrange qualquer espessura de parede, que se encontre entre os limites estabelecidos.

F. Fabriani — Há uma superposição de paredes?

D. Althoff — Sim, há uma superposição de paredes.

Anchyses Carneiro Lopes ⁽⁵⁾ — Eng. Althoff, o Sr. poderia nos dar idéia de comparação entre esse processo de forjamento do tubo e da trefilação ou repuxamento quando um é utilizado em comparação ao outro?

D. Althoff — O Sr. certamente se refere à comparação entre a trefilação e esse processo de forjamento. O objetivo da trefilação consiste em reduzir uma secção de um certo semiproduto, melhorando ao mesmo tempo a qualidade superficial e às vezes também as propriedades tecnológicas. Neste processo, o semiproduto é puxado através de uma secção cuja área é menor do que a do produto a ser trefilado ou estirado. O produto trefilado tem assim, necessariamente, em todo o seu comprimento, uma secção uniforme. Quando o objetivo é a fabricação de peças com diversas secções, que variam no comprimento da peça, a forja automática é o processo mais indicado.

F. Fabriani — Eng. Althoff, permita-me voltar ao assunto. O sr. não se referiu — pelo menos talvez não tenha ficado claro — à impor-

(4) Membro da ABM; Engenheiro Chefe da Secção da Prensa de Extrusão da Usina da Cia. Siderúrgica Mannesmann; Belo Horizonte, MG.

(5) Membro da ABM; Engenheiro Chefe do Departamento de Siderurgia de T. Janer; Rio de Janeiro, GB.

tância que a Mannesmann dá à padronização. Gostaria que o Sr. pudesse falar alguma coisa sobre essa padronização, do ponto de vista da estocagem, do capital empregado e da utilidade para a indústria automobilística ou mecânica em geral.

D. Althoff — A questão da estocagem na nossa Companhia ainda não se desenvolveu a tal ponto como talvez fôsse o desejável para a indústria mecânica, pelo simples fato de que a nossa empresa é sobrecarregada com pedidos especiais, que se referem à indústria automobilística. Temos a laminar mensalmente grandes cotas para as diversas firmas; as laminações para estocagem são relativamente ainda — digo «ainda» — uma parte menor. Os distribuidores dos nossos produtos se encarregam mais dessa parte.

F. Fabriani — A resposta é perfeita. Há o seguinte: se fôr providenciada no momento uma certa padronização, mais tarde os tipos, os protótipos feitos hoje, serão como que lugar comum; já serão conhecidos. Cria-se uma tradição e vai-se tornar muito difícil mais tarde agir-se de modo a fazer uma padronização que seja interessante, tanto para o produtor, como para o comprador. Fui claro? De sorte que minha pergunta, desculpe a insistência, é no sentido de que, se se começar o melhor possível, mais tarde, tanto a Companhia como os compradores, o mercado enfim, não terão problema quanto a saberem, de antemão, quais os tipos padronizados até para projetar máquinas.

Isto é muito importante, porquanto a indústria automobilística nos Estados Unidos sofreu tremendamente, e ainda sofre hoje, por falta de padronização. Já a indústria eletrônica, naquele país, marcha num mar de rosas, porque ela foi precedida por uma padronização muito intensa. Depois do advento industrial, procurou-se padronizar tudo, normalizar tudo, de modo que isso beneficiou as indústrias que apareceram posteriormente. Portanto, a conclusão a que chegaram os americanos é a de que a indústria eletrônica nos Estados Unidos lucrou muito, consideravelmente, com as padronizações que haviam sido feitas anteriormente.

Minha pergunta, para ser um pouco mais específico, prende-se ao fato de que temos fabricação de origem americana, com um sistema de polegadas, e alemã, com um sistema de milímetros, que é o mais adotado hoje. Se a padronização fôsse ventilada num ambiente como este, da ABM, isso redundaria, futuramente, numa economia muito grande. Daí essa insistência da minha parte, e pela qual peço desculpas ao Eng. Dieter Althoff.

D. Althoff — Não há o que desculpar. Estamos aqui para isso. Isso que o Sr. frisou foi feito. Eu não havia entendido antes a sua pergunta. Posso informar que a padronização alemã foi feita em conjunto com a americana. E nessa mesma padronização, por exemplo, de bitolas e de qualidades, nós trabalhamos. Temos também serviços bem desenvolvidos no sentido de familiarizar o mercado com essa nossa padronização.