

COLÔMBIO: NÔVO ELEMENTO LIGA ⁽¹⁾

MARCO ANTONIO SATTAMINI ⁽²⁾

RESUMO

O colômbio vem sendo aplicado como elemento de liga nos aços e ferro fundidos desde há pouco tempo; o Brasil pode produzir o colômbio e seus ferro ligas em grandes quantidades, o que as torna particularmente interessantes para o enobrecimento de nossos aços, segundo especificações próprias.

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico é o grande responsável pelo desenvolvimento das grandes e médias potências. Este avanço tecnológico tem se verificado sempre com o sentido de novas descobertas que propiciam melhores produtos a mais baixos custos.

Não só a descoberta de um produto, mas principalmente a sua utilização comercial no devido tempo, permitem o domínio do mercado e seu ótimo aproveitamento para melhores margens de lucro na colocação da produção.

A tecnologia moderna procura aproveitar as matérias-primas e os meios disponíveis, em busca dos mais baixos custos. Assim é que, os E.U.A. e a Europa acharam, através do desenvolvimento da pesquisa de laboratório e da experimentação industrial, o uso conveniente de colômbio como elemento de liga, seja no sentido da obtenção de um produto mais nobre e de melhores características, seja na obtenção de produtos substitutivos a custos menores.

À nossa tecnologia é bastante interessante que se descubram novos usos para o colômbio e mesmo que se tente por êle a substituição de outros elementos importados e de maior custo, tais como o vanádio, o molibdênio e outros.

Isto não deixa de ser um desafio à pesquisa de laboratório e da indústria; fica aqui lançado aos homens das emprêsas siderúrgicas nacionais, como um desafio à busca da tecnologia que convém a nós brasileiros, a fim de melhor utilizar nossas matérias-primas e nossos meios de produção.

2. CARACTERÍSTICAS NOS AÇOS

O colômbio possui a propriedade de, quando adicionado, em pequeníssimas quantidades, produzir nos aços melhoria da temperabilidade, no que se refere ao retardamento de transformação da austenita, e refino do grão.

Estas características metalúrgicas propiciam as seguintes melhorias de propriedades mecânicas: aumento do limite de escoamento; aumento do limite de resistência (em menor proporção que o aumento do limite de escoamento).

Estas duas melhorias se dão sem que haja queda na soldabilidade e ductilidade do aço.

Como liga nos aços, o colômbio, além das propriedades acima, em porcentagens já um pouco mais elevadas, dá características de alta resistência a quente, grande resistência à abrasão e resistência à corrosão pois funciona como estabilizador dos nitrêto-carbonetos.

3. PRODUTOS COM COLÔMBIO

Participação porcentual: Nos Estados Unidos os tipos de produtos com colômbio, e seus

(1) Apresentado ao Simpósio sobre Eletrosiderurgia; Salvador, setembro de 1968.

(2) Membro da ABM, Engenheiro Industrial Mecânico; Gerente de Pesquisas e Desenvolvimento da Cia. Brasileira de Metalurgia e Mineração; Rio de Janeiro, GB.

respectivos percentuais de participação estão indicados na tabela I:¹

TABELA I — Distribuição do consumo de colômbio nos EE.UU. (em %)

Aços	Inoxidável	13,7
	Outras ligas	43,9
	Carbono	15,3
	Ferramenta	0,2
	Total	73,1
Ligas	Alta temperatura	16,8
	Níquel	0,4
	Total	17,2
Arames	P/solda	0,4
Diversos		0,6
Não especificados		8,7

Esta distribuição é referente ao ano de 1967, tendo sido consumido um total de cerca de 1.400.000 kg de colômbio.

Uso do Cb e aplicações dos produtos: Vamos mencionar ligeiramente algumas das ligas conhecidas com colômbio, pois estas ligas requerem fabricação com tecnologia extremamente apurada e possuem mercado muito específico e restrito, não sendo portanto de maior interesse nacional no momento, pelo menos no que concerne ao interesse de se produzir estas ligas.

Dentre as mais importantes, citamos as superligas à base de níquel, resistentes a altas temperaturas, contendo também cromo, molibdênio e vanádio, variando, conforme a liga, o percentual de colômbio entre 0,70% (liga CG 27) e 5% (INCONEL 718).

As ligas à base de colômbio são:

- Cb 129 — 80% Cb, 10% W, 10% Hf
- Cb 132M — 58,5% Cb, Ta, W, Mo, Zr
- Cb 752 — 87,5% Cb, 10% W, 2,5% Zr
- 99 Cb — 1 Zr
- 80 Cb — 10 Ti — 10 Mo
- 70 Cb — 29 Ta — 1 Zr.

Tanto estas ligas à base de colômbio como as ligas de níquel anteriormente mencionadas, são as chamadas *Ligas de Alta Temperatura*. Têm encontrado grande utilização em estruturas de foguetes espaciais e aeronaves supersônicas, palhetas de turbinas e equipamentos militares.

Vale salientar que, embora em fase ainda bastante experimental, o colômbio está sendo usado em adições de 0,04% a 0,15% nas fundições de ferro, ocasionando diminuição considerável nas trincas causadas por choque térmico, corrosão, erosão e oxidação. Se estas experiências industriais forem coroadas de êxito, diminuirá bastante o refugo de peças, fator altamente considerável no custo final do produto.

No lingotamento contínuo de aços carbono, o colômbio tem sido adicionado na Europa para refino do grão. Embora se tenha notícia de bons resultados, não se dispõe de resultados objetivos e, segundo tudo indica, esta utilização está ainda em fase bastante experimental, como no caso do uso em fundições.

Nos aços estruturais ao carbono e nos chamados "HSLA" (high strength low alloy) — alta resistência baixa liga — o colômbio encontra realmente sua maior aplicação nos dias de hoje. Embora as porcentagens de adição de colômbio nestes aços não ultrapassem 0,04%, sua utilização está de tal forma se ampliando nestes aços que, já detêm a participação de cerca de 60% do colômbio utilizado no mundo conforme mostrado na tabela I.

Dada a sua importância, nos deteremos um pouco neste uso, a respeito dos aços ao carbono para construção civil, perfis estruturais, perfis soldados, chapas para construção naval, chapas para estampagem, chapas para fabricação de tubos com costura.

a) *Aços ao Carbono:* seja nos aços redondos para construção (CA 50 e CA 60), seja nos perfis estruturais, os resultados alcançados com a adição de colômbio têm sido excelentes. Estes aços ganham em suas características mecânicas, principalmente pelo aumento do limite de escoamento, mantendo o aço dúctil, com boas características de soldabilidade e dobramento.

Certos perfis e chapas de normas mais rígidas, como por exemplo a ASTM 242, são facilmente obtidos com a adição de colômbio.

Na fabricação dos perfis, devido ao aumento de resistência do aço ao colômbio, poderá em muitos casos ser utilizado um perfil mais leve e, no caso de perfis soldados, conseguir-se-á sempre uma diminuição de peso que pode chegar a 20 a 30%.

O mesmo acontece com as chapas grossas para construção naval e chapas finas para estampagem, onde para uma mesma resistência desejada pode ser utilizada uma chapa com colômbio, de menor espessura e conseqüentemente de menor peso que a chapa sem colômbio.

Os tubos com costura seguindo as normas API têm sido feitos, tanto na Europa como nos

(1) Journal of Metals, jul. 1968.

EE.UU., com colômbio, sendo conseguido os mesmos efeitos acima mencionados da diminuição de peso e ainda com muito maior segurança do aço, em sua totalidade vinda da aciaria dentro das especificações desejadas de limites de resistência.

Nos produtos planos laminados a quente o crescimento da utilização do colômbio tem sido fantástico, pois o retardamento do crescimento do grão provocado pelo colômbio, possibilita que na saída dos laminadores de tiras a quente, as inevitáveis falhas de resfriamento tenham suas conseqüências minoradas. Consegue-se então um produto mais resistente.

Tudo indica que a utilização do colômbio nos produtos planos laminados a quente terá aplicação crescente, pois há ainda a favor, fato ainda não comprovado, a opinião de que torna-se possível, devido a menor necessidade do controle de temperatura, um melhor aproveitamento do equipamento de laminação, permitindo o passe acabador trabalhar mais folgado com a modificação do plano de passes e, portanto, com maior segurança dimensional do produto final.

b) *Aços ligados de baixa liga*: êstes aços, cuja maior utilização é na construção mecânica, constituem uma gama muito grande de tipos, tornando-se impraticável neste trabalho citar ou discutir cada tipo. Entretanto, podemos dizer que uma grande maioria dêstes aços têm as características desejadas devido aos seus elementos de liga, cromo, níquel, molibdênio, vanádio, tungstênio, manganês, silício e cobalto. Enquadram-se tipicamente aqui os aços ferramenta.

Os elementos vanádio e molibdênio, que fazem parte de uma enorme gama de aços ferramenta e diversos outros aços ligados, em muitos casos, emprestam a êstes aços as características que poderiam ser também obtidas, substituindo aqueles elementos, em parte ou totalmente, pelo colômbio.

Sendo o colômbio um metal de produção nacional e com preços bem menores que o vanádio (cêrca de 1/3) e que o molibdênio (cêrca da metade), às nossas indústrias de aços especiais seria altamente proveitoso a tentativa de substituição daqueles elementos pelo colômbio, pois poderia baixar sensivelmente o custo dêstes aços.

Evidentemente que tal prática não seria para todos os casos, mas somente para aqueles onde a substituição fôsse possível, técnica e economicamente. Porém, cremos que é neste assunto que está lançado o maior desafio à empresa siderúrgica brasileira que lida neste ramo dos aços especiais, pois para que consigamos o avanço tecnológico que nos convém, de acôrdo com os meios de produção de que dispomos, será necessário que nos lancemos na pesquisa, sem a qual não há desenvolvimento.

4. A PRODUÇÃO DOS AÇOS COM COLÔMBIO

O colômbio é utilizado nas aciarias sob a forma de ferro-colômbio, com porcentual de colômbio contido variando de 64 a 67%. Sua adição pode ser feita na panela ou nas lingoteiras, sendo entretanto mais recomendável a adição na panela, em virtude de se obter um aço com distribuição mais homogênea. A recuperação é da ordem de 85 a 90% de colômbio.

É a seguinte a composição média do FeCb:

Cb	—	64% mínimo
Si	—	4% máximo
P e S	—	0,08% máximo
Sn	—	0,15% máximo
Pb	—	0,08% máximo

No ano de 1967 o Brasil consumiu 23 t de colômbio, enquanto que o mercado mundial, no mesmo ano, foi da ordem de 3.200 t, exceto os países da Europa Oriental e da Ásia, de cujos dados não dispomos.

DISCUSSÃO

CLÁUDIO HUMBERTO MONIZ BRAGA ⁽¹⁾ — Temos notícia que uma indústria do Centro-Sul, já está, não sei se rotineiramente, mas pelo menos com certa regularidade, empregando o ferro-colômbio na fabricação de aço para a produção de chapas grossas. Desejaria saber, então, se essa informação é verdadeira, porque, se o autor desse algum detalhe a respeito, já seria um início de resposta ao desafio à indústria nacional.

MARCO ANTÔNIO SATTAMINI ⁽²⁾ — Em chapas grossas desconhecemos, até o momento, aplicação aqui no Brasil. Conhecemos aplicação no exterior, inclusive a de fabricação de navios. Mas aqui, que eu saiba, ninguém ainda experimentou. Estou fazendo um trabalho do mercado nacional, coletando dados nas indústrias siderúrgicas. Gostaria, entretanto, — se houver aqui alguém que possa nos dar notícia nesse sentido — que o fizesse, pois seria para mim dado muito valioso.

CLAUDIO H. M. BRAGA — E a fabricação de chapas finas?

M. A. SATTAMINI — Aí realmente já está sendo utilizado no Brasil. Visitei uma indústria que está fazendo chapas para botijões, bem como outras onde se faz estampagem profunda. Aí, a utilização do colômbio é sumamente importante e não constitui segredo, porque a literatura já se refere a êsse fato. De maneira que não estarei sendo indiscreto em dizer que uma indústria nossa está fazendo isso.

(1) Membro da ABM. Engenheiro Civil; Diretor Superintendente de Projetos da USIBA; Rio de Janeiro, GB.

(2) Membro da ABM e autor do trabalho. Engenheiro Industrial Mecânico; Gerente de Pesquisas e Desenvolvimento da Cia. Brasileira de Metalurgia e Mineração, Rio de Janeiro, GB.

Quanto a essa utilização referida, essa eu conheço: chapa fina para estampagem profunda. Em chapas grossas não, porque aquelas características dadas pelo colômbio, de refinar o grão em chapas finas é muito mais fácil de ser obtido. Em chapas grossas, havendo um resfriamento muito lento, o grão aumenta. Mas, até 50 mm, japoneses e europeus estão utilizando com grande sucesso. Acima dessa espessura tiveram problemas.

GERALDO ALENCAR DE CASTRO (3) — Que informação pode ser dada sobre o uso do colômbio para ligas de ferro fundido para lingoteiras.

M. A. SATTAMINI — Tenho notícias na fundição de ferro em geral, e nesse particular devem estar as lingoteiras também. Mas as notícias que temos tanto quanto à fundição de ferro, como a de lingotamento contínuo de aço são as mais pobres possíveis, porque isso está em início de experiência na Europa e pouco chega até nós. Aí entra o desafio. É desafio para nós. Eles conhecem tanto sobre esse assunto quanto nós. As informações dizem que diminuem as trincas por choque térmico, corrosão e oxidação.

G. ALENCAR DE CASTRO — Isso quanto às trincas na fundição em si.

M. A. SATTAMINI — Tenho a impressão que seria durante a fundição das lingoteiras.

G. A. DE CASTRO — Haveria alguma vantagem durante o uso?

M. A. SATTAMINI — Eu teria que lhe fazer uma pergunta: qual o percentual de sucatamento de lingoteiras por esse motivo na sua indústria? Se existe um percentual de sucatamento de modo a que haja interesse econômico, então vale à pena experiência nesse sentido. Se o percentual de sucatamento é baixíssimo, não veríamos possibilidade de trabalhar nesse sentido. Mas suponhamos que o sucatamento nas lingoteiras seja de 2%. Quanto sai o quilo de lingoteira?

G. A. DE CASTRO — Vamos admitir que esteja em torno de NCr\$ 1,00.

M. A. SATTAMINI — O custo desse percentual de adição do colômbio, de 0,02 e 0,04%, que é a faixa que se usa na aciaria, encarece o aço no máximo de seis cruzeiros velhos, já contando com rendimento, recuperação etc. Seis cruzeiros velhos por quilo ou NCr\$ 6,00/t. É praticamente irrisório num produto de mil cruzeiros adicional mais seis. Então é uma experiência. Entretanto, experiência em fundição é muito difícil porque há n variáveis para se sucatar uma peça. Mas, uma coisa é patente: se for conseguido diminuir de 1/2% o sucatamento de peças, o lucro será grande. De modo que essa é uma tentativa que se deve fazer. Teria que haver, entretanto, controle de temperatura de vazamento, etc; as condições teriam de ser muito semelhantes, para que se pudesse analisar realmente que efeito o colômbio produz na peça fundida. Isto eu acho interessante porque, se os europeus estão começando, é a hora de ficarmos mais juntos deles.

CÉSAR ABAURRE (4) — A Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração está capacitada a atender o mercado nacional, e se atende o mercado estrangeiro, quais as participações para esses dois casos?

M. A. SATTAMINI — Tentarei fazer pequena exposição sobre o que é o mercado do metal. O colômbio come-

çou a ser estudado há cerca de seis anos. Ele vinha sendo estudado em laboratório, mas, nas usinas siderúrgicas foi introduzido faz cinco ou seis anos. Naquela época não havia mercado, porque não havia produção. A única produção existente era da colombita, extraída manualmente, inclusive aqui no Brasil, e exportada. É uma produção irrisória. Assim é em todo o mundo com a tantalita; o minério que tivesse 20% de tântalo em relação ao colômbio, era chamado tantalito e com menor porcentagem seria chamada colombita.

Nessa época, não havia produção de colômbio, nem interesse pela sua pesquisa. Esta, praticamente começou num ato pioneiro em uma fábrica que começou a produzir no Brasil em 1963.

Entretanto, a exportação foi embargada pelo governo brasileiro, porque no óxido de colômbio que se exporta há 0,04% de tório, elemento radioativo. O nióbio, naquela época, passou a ser um nome desagradável e por isso, hoje o chamamos de colômbio. Naquela época não podendo exportar, passou-se um ano produzindo, estocando, perdendo divisas. Uma companhia canadense, outra grande produtora mundial, tomou o mercado, enquanto o Brasil produzia sem poder exportar. Uma vez sanadas essas dificuldades no ano de 1964, passou-se a exportar maciçamente no ano de 1965. Hoje, a Companhia é obrigada a entregar à Comissão Nacional de Energia Nuclear, em urânio, o percentual do valor de tório exportado no óxido de colômbio. Esse tório que sai no óxido de colômbio não é usado porque é impureza; o teor é tão baixo que economicamente, dentro da tecnologia moderna, é impossível separar esse tório que é exportado. Mas, como ele pode ser um dia separável, o problema foi criado.

Fiz este preâmbulo para chegar à resposta. A Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração tem toda a infraestrutura do preparo do óxido de colômbio que é realmente a grande parte industrial; a parte metalúrgica para passar do óxido para o ferro-colômbio é relativamente simples. Com uma pequena expansão, que em dois meses efetuaríamos, seria possível atender ao consumo atual de colômbio em todo o mundo; participamos com 55% do mercado mundial. Mas esse índice é muito difícil de aumentar, pois ninguém quer ficar na mão de um só produtor, principalmente sendo ele da América Latina.

O mercado brasileiro é hoje o primeiro comprador. Estamos tentando fazer alguma coisa no sentido técnico de pesquisa para sabermos até onde podemos chegar. Podemos aumentar em muito. Hoje, consumimos 23 t. O mercado mundial é de 3.200 t e podemos aqui utilizar esse metal como ele é utilizado lá fora.

Essas experiências com chapas referidas, foram feitas, mas chegou-se a um impasse porque, como se conseguiu um produto mais fino para a mesma resistência, as normas teriam que ser modificadas; elas previam chapas com determinada espessura, e com o colômbio a espessura poderia decrescer, mas as normas não permitiam o seu uso, não se pôde fazer o produto. O produto é tão novo que as normas ainda não acompanharam a sua evolução. Mas isto é uma questão de tempo.

O mercado brasileiro estaria plenamente abastecido; quanto a isto, não há problema. Ele é hoje de 23 t, e fizemos 4.600 t de concentrado no ano passado, com colômbio com 58%. Medimos a produção de concentrado, porque ela é exportada parte em ferro-colômbio, parte em concentrado.

ANCHYSES C. LOPES (5) — Concordo inteiramente com o Eng.º Sattamini, de que se faz um desafio à nossa indústria. Daí os motivos porque colocamos no temário essa comunicação.

(3) Da Siderúrgica Riograndense; Pôrto Alegre, RS.

(4) Da ESCELSA Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. Vitória, ES.

(5) Presidente da ABM. Engenheiro Civil e Metalurgista; Diretor Técnico da Scandia Projetos de Engenharia Ltda.; Rio de Janeiro, GB.

Gostaria de conhecer alguns detalhes a respeito da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, com relação ao aspecto econômico, o que isso representa em matéria de exportação.

M. A. SATTAMINI — Na exportação de minérios, em valor, a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração é a terceira em obtenção de divisas para o País, sendo a primeira a Companhia Vale do Rio Doce e a segunda a ICOMI. E, a tendência é bastante promissora, porque com quatro anos de experiência industrial vamos chegar muito mais longe. Temos capacidade de manter esses 55% de participação mundial. Hoje acho que essa situação de ser a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração a terceira nesse campo de obtenção de divisas no setor de mineração, somente atrás da Vale do Rio Doce e da ICOMI me permite a certeza dessa afirmativa.

MIGUEL SIEGEL (6) — Pediria para voltar à questão da influência do colômbio no ferro fundido. Parte do assunto já foi tratada, mas desejaria mais esclarecimentos.

Noto que as informações da literatura são um pouco escassas; fala-se em influência de maneira generalizada. Com relação às lingoteiras, indagaria se essas trincas ocorrem durante a fundição ou na utilização. Se houver uma influência na utilização da lingoteira, parece interessante pesquisar, porque poderia representar um fator econômico apreciável, caso conseguíssemos diminuir a porcentagem de trincas com a adição de colômbio. Deve-se, notar que ainda não conseguimos um coeficiente de utilização equivalente aos coeficientes americanos e europeus. Nossos coeficientes são muito mais baixos. De modo que qualquer coisa que conseguisse melhorar esse coeficiente seria muito útil.

A segunda pergunta seria com relação ao termo erosão; é uma erosão mecânica?

M. A. SATTAMINI — É a erosão que se verifica durante o ato de encher os moldes.

M. SIEGEL — O colômbio é um elemento endurecedor, equivalente ao molibdênio?

M. A. SATTAMINI — Em alguns casos pode substituir o molibdênio. Em quais casos é que, infelizmente, não temos ainda pesquisas suficientes. Teríamos uma gama enorme para pesquisar, tanto em relação ao molibdênio como ao vanádio. Este é usado da mesma forma que o colômbio em aços. Os ingleses, por exemplo, entram em concorrência na construção da ponte Rio-Niterói, e o aço a ser fornecido poderá ser tanto ao colômbio como ao vanádio. Das duas firmas que concorrem, uma apresenta aço ao colômbio e outra ao vanádio. Parece que o vanádio traz uma condição de custo de produção similar ao do colômbio, mas para nós não; o colômbio é muito mais vantajoso, para a mesma utilização. Agora, aprofundar até onde ou até quanto corresponde a substituição do colômbio ao vanádio e em que caso, sinceramente não tenho capacidade para responder.

Sobre a sua primeira pergunta também não sei lhe dizer se na utilização das lingoteiras se atingiria essa característica referida. Vou procurar saber como assunto de grande interesse para nós. Mas, tudo me leva a crer que não; quando a literatura se refere à fundição de ferro, é no momento da fundição da peça, porque depois de fundida e não apresentando defeito, a não ser porosidade, como foi citado, posteriormente não apareceria trinca. Então, tudo leva a crer que seria no ato de fusão dos moldes.

(6) Vice-Presidente da ABM. Engenheiro Civil e Eletricista; Diretor de Equipamentos Industriais EISA Ltda.; São Paulo, SP.

JORGE DA COSTA LINO (7) — Gostaríamos de dizer que, em nossa usina, estamos fazendo experiência em caráter incipiente, sem resultados definitivos a informar, mas bastante interessantes, principalmente para a indústria de aços especiais. Sentimos dificuldade nas condições de superfícies de aço, principalmente quando é de granulação fina obtida pelo alumínio, pela influência desse elemento nas condições de superfície e, portanto, uma recuperação, um condicionamento muito intenso tem que ser dado ao material. Nesse sentido estamos fazendo algumas experiências, substituindo parte do alumínio, uma vez que é um elemento não especificado nas normas utilizadas, pelo colômbio, com o objetivo de obter as mesmas características de granulação fina e tentar obter melhor resultado, com melhor superfície, após a laminação. Os resultados são promissores, mas não podemos dizer nada ainda. Como se trata de um elemento que não é especificado, temos essa liberdade.

M. A. SATTAMINI — Agradeço essa informação e gostaria de ressaltar o ponto final de sua colaboração: em aços especiais existem limitações de produção, devido às especificações. Desde que existam especificações químicas, realmente temos uma segunda etapa. A primeira é chegarmos à conclusão de que o produto é bom nas usinas siderúrgicas, onde estamos trabalhando hoje em dia. A segunda etapa seria junto aos consumidores diretos do produto, para convencê-los de que um dado aço poderia ser substituído por outro com molibdênio ou colômbio. Mas, para isso, é preciso que estejamos convencidos do nosso produto. Estamos, pois, partindo primeiro para essa fase inicial de sabermos exatamente que produto poderemos ter com o colômbio e com quais características. Numa segunda etapa teríamos então que partir para junto aos usuários, se bem que nos facilitam muito aquelas especificações de produtos que exigem única e exclusivamente características mecânicas.

WALTER JOSÉ von KRÜGER (8) — O conferencista indicou a possibilidade de substituição de vários elementos do aço pelo colômbio e mostrou que essas substituições dariam um produto com características aproximadamente iguais, mas esqueceu-se de dizer algo muito importante: se disto iria resultar uma economia da produção, uma economia do produto.

Por exemplo, no caso da indústria em que trabalho, a do alumínio. Ela possibilita a confecção de telhados muito mais leves; consegue-se fazer uma estrutura de telhado de alumínio com 2,5 kg/m², mais leve do que a própria telha que se coloca em cima. No entanto sai mais caro; reduzimos algumas coisas, melhoramos o aspecto, mas tornamos o produto mais caro. Seria preciso saber, através de indicação com números se essas reduções de dimensões vão resultar num produto final mais barato. Acredito que num próximo trabalho tenha números concretos para chegar a uma conclusão de que devemos realmente utilizar colômbio, do que resultará uma economia não só individual de cada usuário, mas também de modo geral para o País.

M. A. SATTAMINI — Perfeitamente. Minha esperança é também a de poder ter dados mais objetivos, mais concretos. Devo dizer, entretanto, que não houve esquecimento de minha parte. Não mencionei porque não sei, como ninguém sabe no Brasil, qual a economicidade que resultará dessa substituição. Na Europa, a substituição é feita em alguns casos, mas a economicidade deles não é a nossa pois a matéria-prima é nossa e não deles. Para

(7) Membro da ABM. Engenheiro Eletricista e Metalurgista. Gerente da Usina de Aços Anhanguera S.A.; Mogi das Cruzes, SP.

(8) Orientador do debate. Engenheiro Civil de Minas e Metalurgia; Professor da EFMOP; da ALUMINAS; Ouro Preto, MG.

nós, o estudo dessas possibilidades, a pesquisa de laboratório nas indústrias é muito importante. Por isso quis aqui incentivar e lançar esse desafio. Nós podemos dizer o que existe, quais as características do produto, o que ele empresta aos aços, e daí partimos para algumas soluções, como já fizemos por exemplo, no aço de construção. Foi uma experimentação com resultados excelentes. No aço para estampagem profunda também foram obtidos resultados excelentes. Nas chapas para navios os mesmos efeitos ocorreram. Nos aços-ligas vejo

uma grande possibilidade, porque o molibdênio e o vanádio são mais caros do que o colômbio. Entretanto, substituir o alumínio pelo colômbio, como desoxidante parece que não seria o caso.

Acredito que pouca gente saiba até onde o colômbio pode ir. Um elemento que tem cinco ou seis anos na indústria mundial não pode possibilitar maiores detalhes. Mesmo lá fora eles não sabem, e nós estamos quase que no mesmo plano deles, para sabermos o que irá acontecer com essas adições.