



NACIONES UNIDAS

CONSEJO
ECONOMICO
Y SOCIAL



LIMITADO

ST/ECLA/Conf.23/L.44
18 de febrero de 1966

ORIGINAL: PORTUGUES

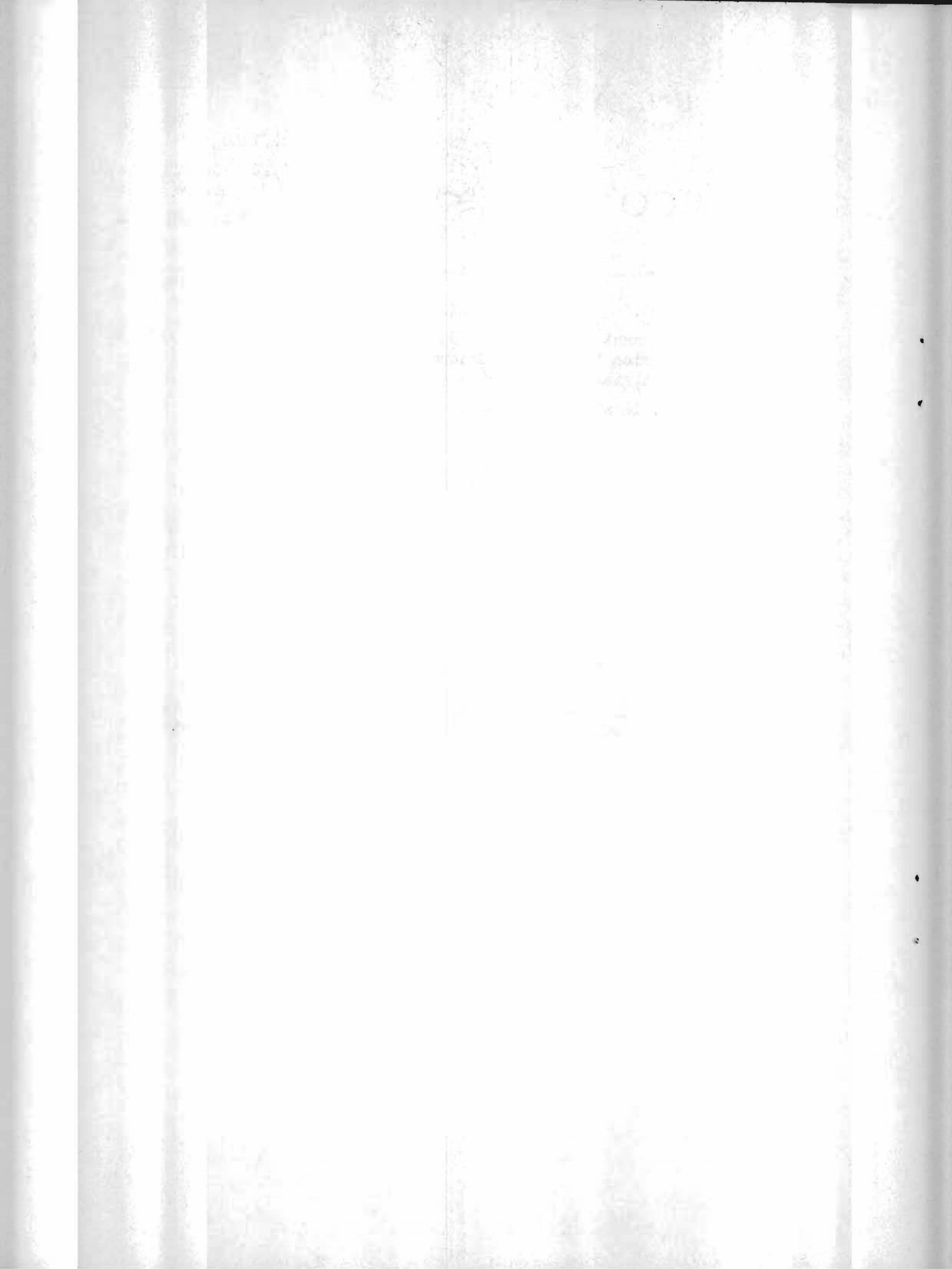
SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE INDUSTRIALIZACION

Organizado conjuntamente por la Comisión
Económica para América Latina y el Centro
de Desarrollo Industrial de las Naciones Unidas

Santiago de Chile, 14 al 25 de marzo de 1966

PROBLEMAS QUE REQUEREM PESQUISAS TECNOLÓGICAS
NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA LATINO-AMERICANA E
REFLEXÕES SÔBRE A AÇÃO NECESSÁRIA

Preparado pelo Consultor Luiz Correa da Silva (Instituto de
Pesquisas Tecnológicas) para a Secretaria da Comissão Econômica
para a América Latina (CEPAL)



INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. PESQUISA	1
3. A SIDERURGIA COMO INDÚSTRIA, TÉCNICA E CIÊNCIA	12
4. A PESQUISA NA SIDERURGIA MUNDIAL	14
5. A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA LATINO-AMERICANA ..	15
6. PROBLEMAS TÉCNICOS ENCONTRADOS PELA SIDER- URGIA LATINO-AMERICANA	18
7. GRUPOS E ESFORÇOS EXISTENTES PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA LATI- NO-AMERICANA ATRAVÉS DA PESQUISA	28
8. SÍNTESE DO PANORAMA ENCONTRADO	36
9. CONCLUSÕES	41
10. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES ESPECÍFICAS	46

1910

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
 DIVISION OF THE PHYSICAL SCIENCES
 DEPARTMENT OF CHEMISTRY
 LABORATORY OF PHYSICAL CHEMISTRY
 5712 SOUTH DICKENS STREET
 CHICAGO, ILLINOIS
 U.S.A.

RECEIVED
 JAN 10 1910
 CHEMISTRY

1. INTRODUÇÃO

Este Relatório, preparado a pedido da CEPAL, considera especificamente o tema: "pesquisa tecnológica de interesse para o desenvolvimento da indústria siderúrgica Latino-americana". Considerou-se que, em lugar de ser meramente descritivo, o Relatório deveria conter principalmente idéias, considerações, argumentos e sugestões que possam ser úteis ao progresso da siderurgia Latino-americana. Limitações de tempo e informação dificultaram um tratamento do tema em maior profundidade e detalhe.

2. PESQUISA

De início é indispensável considerar algumas definições, conceitos e fatos relacionados com o tema em exame.

2.1 - Algumas definições e conceitos gerais

Devido à rápida evolução da ciência e da técnica nos últimos 20 anos há frequentemente confusão de termos e conceitos. O próprio campo da metalurgia é muitas vezes confundido com o da mecânica (Ex.: no Brasil, os trabalhadores da indústria automobilística são denominados "metalúrgicos").

O campo da siderurgia também é diferentemente definido, ora abrangendo apenas as atividades de produção partindo do minério de ferro e chegando ao lingote de aço; ora incluindo a transformação do aço em perfis barras, chapas, arames, tubos, etc.; ora incluindo a fundição de peças de aço e, às vezes, ainda a fundição de peças de ferro fundido.

Não cabe neste Relatório discutir esta questão. No entanto, para clareza, são apresentados no Apendice I algumas definições de termos aqui usados.

Convém lembrar apenas que "ciência" e "técnica" têm significado relativo: este depende do meio. Assim, por exemplo, o estudo dos super-condutores, no Brasil, neste momento, é atividade científica; nos EE.UU. da América já é, também, atividade técnica.

Também é uma verdade que hoje, mais do que nunca, a técnica depende da ciência; a economia depende da técnica; a política depende da economia.

2.2 - Caminhos possíveis para o encontro de soluções para problemas técnicos

A pesquisa é um caminho para o encontro de soluções a problemas (científicos, técnicos ou industriais). Não nos devemos, porém, deixar ofuscar pela intensa atividade de pesquisa nos países desenvolvidos a ponto de deixar de observar que existem, ao lado da pesquisa, diversas outras formas eficientes ou atuantes para a solução de problemas técnicos ou industriais. Uma lista completa deveria conter:

- a descoberta fortuita.
- a invenção baseada na inspiração (a idéia precedendo qualquer experimentação que, quando necessária, tem importância secundária).
- a solução por tentativa ("trial and error").
- a solução obtida pelo estudo e análise sistemática de dados e informações pre-existentes (através da seleção e da correlação).
- a pesquisa (experimentação planejada e sistemática, seguindo-se análise e conclusões).

A aplicação das novas soluções encontradas geralmente inclui ou requer: a realização de experiências em escala piloto ou o desenvolvimento de protótipos; planejamento; projeto; construção e operação experimental.

Convém lembrar, também, que ao lado dos caminhos apontados para o encontro de novas soluções há outras maneiras de promover a solução de problemas técnicos, especialmente importantes para os países em desenvolvimento: a cópia de soluções, possibilitada pela consulta à literatura técnica, pela compra de patentes ou pela compra de informações.

2.3 - A atividade de pesquisa

Para os fins deste Relatório entenderemos como "pesquisa" a experimentação planejada e sistemática objetivando a solução de problemas ou a obtenção de dados que possibilitem o encontro de novas soluções. Assim entendida a atividade de pesquisa compreende, e muito justamente, não só os trabalhos de laboratório (pesquisa "com avental branco") mas também certos trabalhos realizados em usinas, em equipamentos industriais (pesquisa "em operação").

É de notar que a palavra pesquisa tende a ser empregada abarcando atividades que não lhe correspondem, seu significado tornando-se às vezes obscuro

e confuso. A vulgarização do uso da palavra faz com que tenda a hipertrofiar-se em significado e a abastardar-se como vocábulo, perdendo especificidade. Isto não tem apenas importância etimológica mas tem levado a confusões de planejamento e ações supostamente destinadas a incentivar a atividade de pesquisa.

2.4 - Objetivos diretos da atividade de pesquisa

O objetivo direto ou imediato de uma pesquisa pode ser:

- o aumento do conhecimento "per se" (pesquisa "pura", fundamental ou científica).
- o aumento do conhecimento útil ao progresso da técnica e da indústria (pesquisa tecnológica).

No segundo caso convém distinguir se o conhecimento obtido é útil ao progresso técnico universal ou ao progresso técnico de uma dada nação ou região (a A. Latina, por exemplo).

De acordo com o tipo de conhecimento procurado (ramo do conhecimento) a pesquisa pode ser, segundo Marc Allard ^{1/}:

- científica
- tecnológica
- operacional
- econômica

2.5 - Pontos de vista para análise das atividades de pesquisa

A análise detalhada desta importantíssima atividade deve ser feita de numerosos pontos de vista, como por exemplo:

- motivação
- objetivos diretos ou imediatos
- objetivos indiretos ou mediatos
- objetivos últimos
- justificativa
- caráter ou natureza da atividade
- condições para o exercício da atividade

^{1/}Marc Allard, Directeur, Institute des recherches de la sidérurgie,
Saint Germain-en-Laye, Francia

- recursos ou meios
- métodos de trabalhos
- tipos de pesquisa
- setores ou ramos a investigar
- consequências da pesquisa
- "sub-produtes" da pesquisa
- papel da pesquisa na vida industrial
- aplicação dos resultados
- atividades correlatas
- serviços subsidiários indispensáveis
- aspectos econômicos (rentabilidade, investimentos e custos)
- etc.

Não é possível aqui, nem é objetivo deste Relatório, fazer uma análise da atividade em si. Apenas alguns dos aspectos mencionados serão considerados quando pertinentes ao assunto específico em exame.

2.6 - Motivação das atividades de pesquisa

A motivação que conduz à realização de atividades de pesquisa varia conforme a pessoa física ou jurídica considerada (indivíduo, empresa, país).

Notoriamente a atividade de pesquisa (científica ou tecnológica) foi sempre atraente aos espíritos inteligentes e curiosos. O estímulo da descoberta, do sucesso, da originalidade, da fama, da afirmação pessoal e da satisfação intelectual, à semelhança do impulso que no passado conduziu às grandes expedições e descobertas, é o responsável pela dedicação de cientistas e técnicos à pesquisa. Esta é hoje o "território" cuja conquista é um permanente desafio aos espíritos pioneiros e intelectualmente não conformistas. O reconhecimento da atividade de pesquisa como essencial ao progresso industrial veio, naturalmente, adicionar aos incentivos acima o da compensação material, pelo menos nos países desenvolvidos.

A motivação das empresas é inteiramente diferente, sendo baseada quase estritamente em razões econômicas, embora seja inegável que a existência de espíritos "perfeccionistas", esclarecidos e idealistas numa Diretoria pode imprimir maior ênfase à pesquisa do que aquela simplesmente ditada por considerações econômicas imediatistas. Em última análise, porém, a realização

de pesquisas pelas empresas tem como motivação essencial a diminuição de investimentos ou de custos bem como, o aumento da quantidade ou a melhoria da qualidade dos produtos.

A motivação ao nível nacional pode envolver maior diversidade de razões, as principais sendo de caráter econômico, social e bélico.

2.7 - O processo ou ação de "pesquisar"

A atividade de pesquisa é uma atividade complexa, cuja natureza precisa ser bem compreendida. Infelizmente é um fato que muitas das pessoas que discutem o tema e inclusive têm o poder de estimular ou orientar as atividades de pesquisa às vezes não têm destas senão uma idéia muito vaga.

Não cabendo aqui entrar em detalhes sobre este tópico, convém apenas incluir um esquema auto-explanatório, que poderíamos denominar de "fluxograma da pesquisa".

Apresenta uma indicação sumária e esquemática do transcurso de uma pesquisa e dos fatores que nela influem.

2.8 - A pesquisa e a indústria moderna

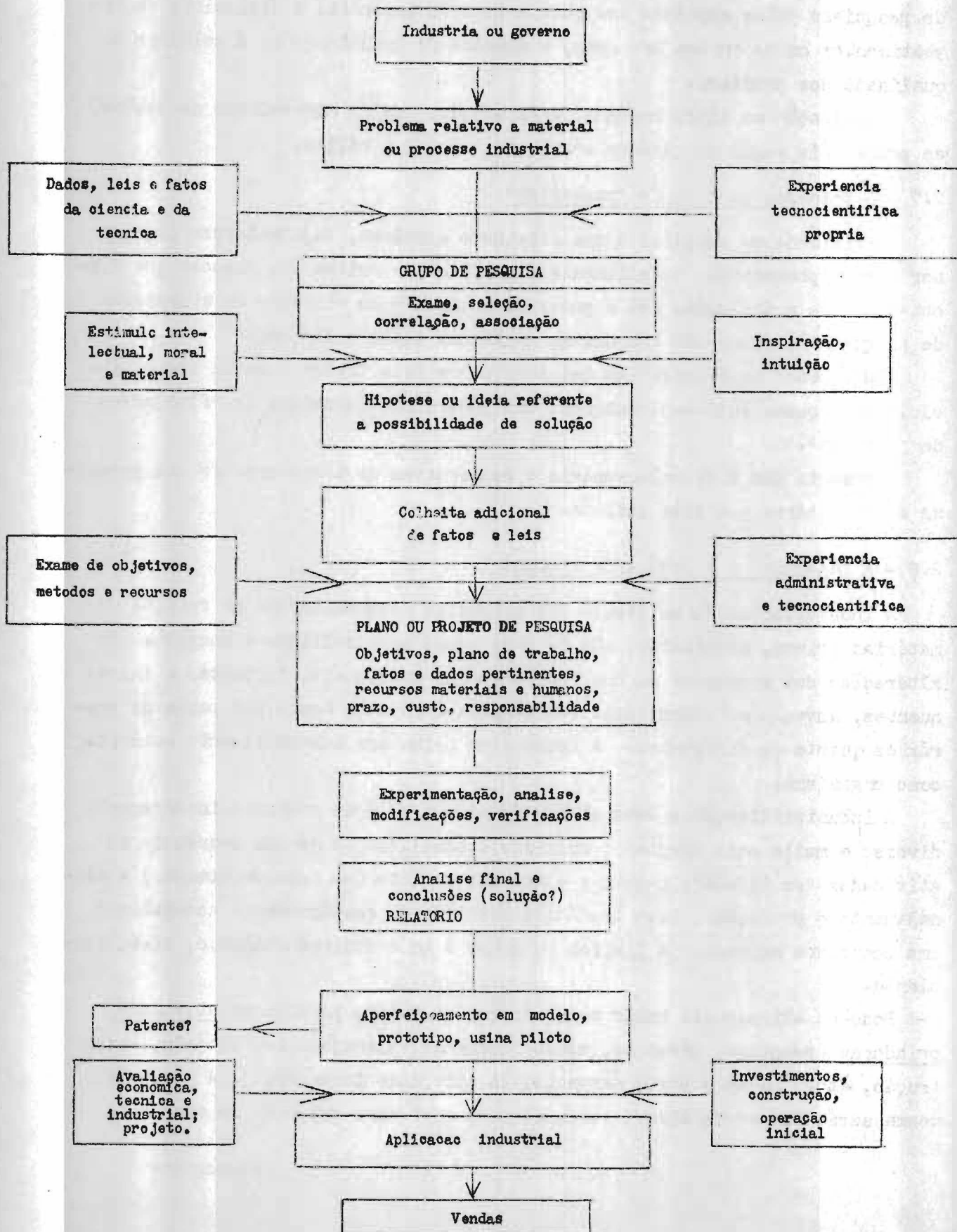
A industrialização no século XIX consistia essencialmente na reunião de matérias primas, maquinária, mão de obra pouco especializada e energia. As alterações dos processos ou dos produtos eram ocasionais, fortuitas e infrequentes, havendo extraordinária resistência à mudança tanto por parte de operários quanto de dirigentes. A fábrica ou usina era essencialmente estática como organismo.

A industrialização a esta altura do século XX é um processo inteiramente diverso e muito mais complexo; consiste essencialmente de uma seqüência de atividades "em cadeia": pesquisa + aperfeiçoamento (ou desenvolvimento) + planejamento + produção. Esta seqüência é reiterada continuamente acarretando uma constante mudança. A fábrica ou usina é um organismo dinâmico, vivo, cambiante.

Pode-se afirmar sem temor de errar que no futuro próximo as atividades criadoras (pesquisa, invenção, aperfeiçoamento, planejamento, projeto, construção, etc.) serão a parte essencial da atividade industrial. A produção mesma será, por assim dizer, "secundária"; será mera execução de operações

/Fluxograma

"FLOXOGRAMA DE UMA PESQUISA"



bem determinadas previamente; será "automática" e automatizada. A obsolescência de processos, equipamentos e instalações será rápida.

É notória a tremenda aceleração do progresso industrial, aceleração essa devida ao progresso científico e à aplicação intensiva da ciência à produção, através da tecnologia.

A indústria moderna depende da pesquisa científica indiretamente e diretamente da pesquisa tecnológica que é a utilização ou tradução dos resultados da pesquisa científica em termos aplicáveis industrialmente.

A pesquisa (científica e tecnológica) tornou-se, assim, vital para o progresso e para a segurança econômica e técnica da indústria moderna. A pesquisa é hoje parte integrante (e, no futuro, preponderante) do processo industrial.

Uma característica interessante da evolução industrial é a de que o progresso acarreta ou suscita mais e não menos problemas técnicos. O aumento da complexidade do parque industrial de um país conduz ao aumento (e não à diminuição) dos problemas técnicos a serem resolvidos. Este aumento dos problemas não é apenas quantitativo (em número) mas também qualitativo (em dificuldade).

O ignorante, como o sub-desenvolvido, frequentemente não sabe os problemas que tem. Não os reconhece ou não sabe enunciá-los precisamente quando os entrevê ou pressente.

Parece desnecessário frisar a importância das considerações acima no planejamento do desenvolvimento dos países Latino-americanos.

2.9 - A pesquisa como criadora de riqueza

Poder-se-ia dizer que a pesquisa é a exploração da "jazida" da inteligência humana. É a exploração do mais fértil e mais valioso dos "recursos naturais".

Reconhecidamente a pesquisa é uma criadora de riqueza. Ela aproveita ao máximo, complementa e supre as falhas dos recursos naturais de um país; às vezes chega mesmo a dispensá-los inteiramente.

O desenvolvimento tecnológico pela invenção mas, especialmente pela pesquisa pode proporcionar divisas, seja pela exportação de bens de consumo e de capital que dela resultarem, seja pela exportação direta do conhecimento

obtido (através do comércio de patentes e de técnica, ou "know-how"). É de notar que o comércio mundial (exportação e importação) de direitos de patentes e de técnicas específicas ("know-how") já deve montar a muitos bilhões de dólares anualmente.

Convém assinalar que uma das características marcantes da atividade de pesquisa (quer científica, quer tecnológica) é a de proporcionar oportunidades inesperadas: pesquisas dirigidas a modestos problemas têm às vezes conduzido a descobertas espetaculares.

Pode-se afirmar que, tomada em seu conjunto, a atividade de pesquisa é uma das atividades de maior rentabilidade pela sua capacidade de multiplicar as oportunidades de ganho, através da venda de novos ou melhores produtos e serviços.

Conclui-se que a pesquisa deve ser considerada pelos países Latino-americanos como uma oportunidade aberta, não só para a aceleração do seu próprio desenvolvimento mas, também, para auferir divisas.

2.10 - A pesquisa e o desenvolvimento das nações

O desenvolvimento não pode ser medido simplesmente pela capacidade de produção. Considere-se um país novo, desprovido de qualquer indústria, no qual são feitas súbitamente enormes inversões e, com técnica estrangeira, cria-se repentinamente uma grande capacidade de produção para exportação, sendo reservada aos nativos a mera execução de tarefas pre-determinadas e relativamente simples. Considerar esse país como desenvolvido seria, obviamente, uma aberração.

Parece, pois, necessário considerar 3 estágios característicos do desenvolvimento industrial: a) inexistência de indústria; b) existência de indústria mas inexistência da capacidade de desenvolver novos processos e produtos; c) existência de indústria e da capacidade de desenvolver continuamente novos ou melhores processos e produtos.

A terceira etapa somente pode ser atingida pela existência de capacidade local de pesquisa e aperfeiçoamento ^{1/}("research and development"). Somente

^{1/} A palavra "aperfeiçoamento", além de mais apropriada como tradução de "development", evita a confusão entre "desenvolvimento" de um novo produto ou processo e o desenvolvimento de um país ou de uma indústria.

esta capacidade confere a um país ou região a condição de verdadeiramente desenvolvido.

Assim sendo, qualquer planejamento que vise conduzir um país (ou região) ao pleno desenvolvimento industrial não pode deixar de considerar a criação de uma capacidade ("capability") de pesquisa e aperfeiçoamento.

É, pois, necessário considerar a pesquisa em todas as suas formas, mas especialmente a pesquisa tecnológica, como indispensável para atingir o verdadeiro desenvolvimento industrial. Na realidade, a própria compreensão pelo papel da pesquisa como ferramenta do progresso industrial é característica dos países dito desenvolvidos.

Pode-se afirmar que a A. Latina, como conjunto, encontra-se bastante avançada na segunda etapa do desenvolvimento e, em algumas regiões, já penetra na terceira, o que obriga a considerar o planejamento e o estímulo à pesquisa.

2.11 - Meios necessários à pesquisa

A manutenção de atividades de pesquisa para o progresso industrial requer hoje recursos especiais, particularmente equipamentos especializados e pessoal do mais alto nível tecnocientífico, além de outros recursos e serviços subsidiários.

Pode-se dizer que há necessidade de reunião de "massa crítica" de recursos materiais e humanos para a manutenção de atividade de pesquisa criadora e eficiente. A "massa crítica" é aquela que através do intercâmbio de idéias e do estímulo e crítica recíprocos promove a geração e o aproveitamento regulares de soluções e oportunidades. Chega-se a um regime estacionário ("steady state") em que o resultado cria o estímulo que conduz a novos resultados. Quando no auge de sua eficiência uma equipe, "massa crítica" ou "máquina de pesquisa" dê esse tipo, funciona como uma unidade, qual extraordinário computador especializado.

Reunir a "massa crítica" adequada e fazer com que atinja um regime estacionário de produção eficiente, com uma "reação em cadeia" de criação científica ou tecnológica, não é tarefa fácil, exigindo sejam fornecidas condições materiais, morais e intelectuais para o trabalho conjunto e harmônico.

2.12 - Ambiente e escala da pesquisa

A pesquisa de interesse industrial pode realizar-se em "ambientes" diversos: 1) ambiente "acadêmico" (nas Universidades ou Escolas de Engenharia); 2) ambiente "tecnológico" (nos institutos de tecnologia de administração autônoma e com estreitos contatos com a indústria); 3) ambiente "governamental" (em órgãos do governo não primordialmente devotados à pesquisa, como por exemplo "comissões de energia nuclear", "arsenais de guerra", etc.); 4) ambiente "industrial" (nas indústrias); ambiente "comercial" (nas firmas estabelecidas com o fim precípua de execução de pesquisas).

Nas Escolas e Universidades o produto principal é o ensino, sendo a pesquisa atividade subsidiária. Nos institutos de tecnologia e nas indústrias o produto principal é a pesquisa sendo subprodutos os ensaios, exames, estudos etc. Nos órgãos governamentais a pesquisa é frequentemente subsidiária de outras finalidades e atividades. Nas empresas especializadas na execução de pesquisas frequentemente são também vendidos outros serviços, tais como estudos de factibilidade e projeto; nestas empresas a pesquisa é, às vezes, subsidiária da venda de equipamentos e instalações.

Ainda como características ambientais fortuitas ou ocasionais na execução de pesquisas, podem ser mencionadas: empirismo (execução de pesquisas sem o necessário fundamento e apoio científico e técnico); academismo (execução de pesquisas sem interesse para o meio); mercantilismo (execução apenas de pesquisas que visem um lucro imediato); romantismo (tendência a encarar a atividade de pesquisa como uma missão de sacrifício e de mérito intrínseco mesmo quando não obtenha resultados).

Quanto à escala da pesquisa, pode ser: laboratório, piloto e usina (execução de pesquisas em equipamentos e instalações industriais existentes).

2.13 - Atividades correlacionadas à atividade de pesquisa

Raramente a pesquisa é realizada como atividade única ou isolada. Geralmente, e muito naturalmente, está associada a outras atividades como:

/ - ensaios

- ensaios
- exames e diagnose
- estudos especiais
- informação
- documentação
- divulgação
- assistência técnica
- inspeção e controle
- treinamento especializado
- assessoria técnica
- colaboração em atividades associativas
- produção experimental
- normalização
- etc.

A manutenção dessas atividades correlatas é frequentemente necessária e útil.

2.14 - Serviços e facilidades necessários à execução de pesquisas

Além das óbvias necessidades de equipamentos, aparelhos, instrumentos, materiais, etc., diretamente empregados num determinado projeto de pesquisa, diversos serviços e facilidades são necessários:

- biblioteca completa e em dia
- serviço de documentação e tradução
- centros de computação
- oficinas especializadas
- intercâmbio tecno-científico (através de visitas, viagens e congressos)

2.15 - Aspectos econômicos da atividade de pesquisa

As repercussões macro-econômicas da pesquisa já foram assinaladas. Quando bem sucedidas as pesquisas tecnológicas têm uma ou mais das seguintes consequências diretas: aumento do volume da produção; aumento de eficiência com correlato abaixamento no custo de produção; melhoria da qualidade; criação de produtos novos.

Somente o uso pleno dos resultados das pesquisas pode justificar os investimentos e despesas incorridos na execução das mesmas. Uma empresa, uma indústria ou um país deve ser capaz de "ocupar o território" descoberto pela pesquisa.

Infelizmente fazem falta estudos econômicos objetivos e detalhados da atividade de pesquisa no âmbito nacional, setorial e empresarial. Seria útil, em particular, analisar as inversões realizadas e a realizar, os custos de operação incorridos ou a incorrer, bem como a rentabilidade das pesquisas realizadas ou a realizar na área Latino-americana. Um estudo dessa natureza não era possível nem cabia no presente Relatório.

Convém apenas assinalar que: nos países plenamente desenvolvidos industrialmente 1,5 a 3% do produto nacional bruto são invertidos ou gastos com pesquisa e aperfeiçoamento ("research and development"); nesses mesmos países a participação governamental nos gastos totais mencionados é da ordem de 60 a 75%.

Há quem defenda que nos países em desenvolvimento a porcentagem do P.N.B. destinada à pesquisa e ao aperfeiçoamento deveria ser de pelo menos 0,5%.

Pareceria razoável que, nos países no primeiro estágio do desenvolvimento (que precede à existência de uma produção industrial apreciável) a porcentagem fôsse da ordem de 0,5 a 1,0%, dependendo do menor ou maior número de problemas potencialmente solúveis pela pesquisa.

Para os países que já atingiram o 2º estágio (intermediário) do desenvolvimento (quando já existe indústria importante mas ainda não existe apreciável capacidade criadora de novas indústrias através da pesquisa, aperfeiçoamento, projeto e planejamento) a porcentagem talvez devesse ser mais elevada e da ordem de 1 a 1,5% pois êsses países teriam maior possibilidade de ocupar novos "territórios tecnológicos" além de terem maior demanda por soluções de problemas técnicos por parte de sua indústria.

3. A SIDERURGIA COMO INDÚSTRIA, TÉCNICA E CIÊNCIA

A revolução científica e técnica iniciada com a segunda guerra mundial e que tanto ímpeto tomou nos últimos anos, não poderia deixar de ter seu impacto sobre a siderurgia como indústria (produção de ligas ferrosas de todos os tipos e sob tôdas as formas, por métodos metalúrgicos), como técnica (conjunto dos conhecimentos acumulados na pesquisa, aperfeiçoamento, projeto, operação

e controle dos processos, materiais e produtos da indústria siderúrgica) e como ciência (conjunto dos conhecimentos científicos sobre a natureza, as propriedades, os fenômenos e as reações relacionadas com o ferro e suas ligas).

A siderurgia foi um dos últimos ramos da indústria a libertar-se do empirismo e a fazer uso do método e dos conhecimentos científicos. No curso dos últimos 20 e, particularmente, dos últimos 10 anos, teve a indústria siderúrgica mundial um extraordinário desenvolvimento expresso não apenas no volume mas, especialmente, nas técnicas empregadas na produção. A produção mundial evoluiu como indicado no Quadro I.

Quadro I - Evolução da produção mundial

	<u>1938</u>	<u>1958</u>	<u>1960</u>	<u>1962</u>	<u>1964</u>
Minério de ferro	169	394	515	528	567
Gusa	82	194	253	257	307
Aço (lingotes, peças)	110	275	347	361	434

(Números em milhões de toneladas)

A técnica empregada também evoluiu notavelmente: emprego intensivo do sinter (inclusive auto-fundente), de pelotas, de hidrocarbonetos injetados na região das ventaneiras, e do controle do vento (pressão, temperatura, umidade e teor de oxigênio) na operação dos altos fornos; introdução do conversor a oxigênio (LD, Kaldo, OLP, LD-AC); uso intensivo do oxigênio no Siemens-Martin; lingotamento contínuo; generalização do tratamento a vácuo para eliminação de gases; laminadores de cilindros múltiplos e planetários; grandes desbastadores para lingotes até 40t; estanhamento e zincagem eletrolíticos, melhoras nas características e na uniformidade dos produtos laminados; produção de aços especiais ultra-resistentes ("ultra-high strength"); aços "maraging" e aços "ausformed"; uso intensivo da automação e da computação no controle de operações e de produtos; etc.

É certo que nos próximos 10 anos a indústria siderúrgica dará passos ainda mais espetaculares. Como consequência, a operação dos equipamentos siderúrgicos se complica e requer cada vez mais profundos e especializados conhecimentos dos mais variados ramos da ciência e da técnica. Mais do que nunca o desenvolvimento e operação de novos equipamentos e instalações dependerá da plena aplicação de conhecimentos técnicos e científicos.

A "revolução tecnológica" da siderurgia será certamente acompanhada por uma revolução na sua estrutura e administração. As equipes encarregadas das atividades de pesquisa, aperfeiçoamento ("development"), projeto, planejamento técnico e econômico, construção e montagem, fará com que, de subsidiárias das equipes de produção passem a dominantes. Isto exigirá uma revisão fundamental nos métodos de organização, operação e administração das empresas siderúrgicas.

4. A PESQUISA NA SIDERURGIA MUNDIAL

O progresso técnico da siderurgia moderna está intimamente ligado e dependente de uma intensa correlação interdisciplinar do conhecimento científico e técnico. A tendência é no sentido de um contacto cada vez mais estreito entre disciplinas ou ramos do conhecimento há pouco praticamente independentes: física dos sólidos, termodinâmica, cinética, metalurgia física, fluido-dinâmica, química estrutural, metalurgia extrativa, elasticidade e plasticidade, técnicas de alto vácuo, eletrônica, uso de radioisótopos, mecânica, cristalografia, computação, instrumentação, análise operacional, etc.

Pode-se dizer que "a siderurgia é a Antártida da tecnologia": continuamente quase inexplorado técnica e cientificamente até ontem é agora objeto de atenção extraordinária. As oportunidades de aperfeiçoamentos e descobertas estão ao alcance de quem chegar primeiro, com possibilidades de sucesso inclusive para as nações jovens ou em desenvolvimento. Convém lembrar que várias das modernas técnicas usadas na indústria siderúrgica moderna foram desenvolvidas em países pouco industrializados, tendo encontrado dificuldade inicial de aceitação em países muito industrializados. (Ex.: uso do conversor a oxigênio, previsto por Bessemer mas desenvolvido modernamente na Suíça e na Austrália, tendo tardado sua aceitação nos EE.UU. e na Rússia; outro exemplo: o desenvolvimento do lingotamento contínuo com molde curvo, desenvolvido na Suíça).

/Conscientes dessas

Conscientes dessas características, problemas e oportunidades da moderna siderurgia países e empresas têm procurado estabelecer requintadas "máquinas" de pesquisa e assistência técnica como por exemplo: o IRSID na França; a BISRA na Inglaterra; o CNRM na Bélgica; laboratórios de empresas como os da United Steel Companies (Ingl.), Pont-à-Mousson e De Wendell (França); Mannesmann e Lurgi (Alem.); U.S.Steel Co. (E.E.UU); para citar apenas alguns.

5. A INDÚSTRIA SIDERÚRGICA LATINO-AMERICANA

5.1 - Situação atual

Se a siderurgia mundial muito evoluiu nos últimos 20 anos, para a América Latina o período correspondeu praticamente ao nascimento dessa indústria.

No Quadro II abaixo está indicada a evolução quantitativa da produção de lingotes de aço na região.

Quadro II - Evolução quantitativa da indústria siderúrgica Latino-americana (Rev. L.A. de Siderurgia, No. 50/51, Jun.Jul. 1964, p.26 e Bollettino Técnico Finsider No. 222/223, Ago. Set. 1965, p.783) (Números em milhares de t de lingotes)

	Média 1938/39	1960	1961	1962	1963	1964
Argentina	13	277	442	645	895	1 200
Brasil	81	2 260	2 443	2 565	2 841	3 000
Chile	--	450	391	528	521	530
Colombia	--	172	192	157	222	185
México	77	1 474	1 682	1 709	2 017	2 190
Perú	--	59	75	71	76	75
Uruguay	--	10	9	9	7	10
Venezuela	--	47	71	142	358	400
<u>TOTAL</u>	171	4 749	5 305	5 826	6 937	7 500

/A implantação

A implantação da siderurgia na região teve, indubitavelmente consequências extraordinariamente importantes. Além do seu efeito direto (industrial e econômico) não se deve esquecer o valor "moral" e "didático" da indústria siderúrgica (o mesmo se pode dizer da posterior implantação da indústria automobilística). Estas duas indústrias constituem demonstrações impressionantes e estimulantes do processo produtivo.

O objetivo inicial da criação da indústria siderúrgica na América Latina, criação essa que dependeu especialmente de iniciativa governamental, foi o de substituir importações. Esta motivação, bem como a decorrente necessidade de diversificar desde o início uma produção relativamente pequena introduziram certas deformações e dificuldades "vícios de origem" para a indústria, sendo certo que no futuro próximo deverão desaparecer.

O fato notável é que, hoje, a siderurgia Latino-americana acha-se plenamente consolidada, seu desenvolvimento tendendo a acelerar-se: multiplicam-se as modernas unidades produtoras; moderniza-se o equipamento; buscam-se novas técnicas; diversifica-se a produção (que já inclui aços ferramenta de todos os tipos, por exemplo); aumenta e torna-se mais exigente o mercado para os produtos siderúrgicos.

5.2 - Condições em que se implantou a siderurgia Latino-americana

Foram numerosas e graves as dificuldades que tiveram de ser vencidas para a implantação da siderurgia Latino-americana: 1) a falta de capital; 2) a falta de administradores, técnicos e operários especializados; 3) a falta de experiência técnica e industrial (no planejamento, projeto, construção e operação das instalações siderúrgicas); 4) a falta de infra-estrutura (transportes especialmente); 5) deficiências de certas matérias primas (o carvão metalúrgico, notavelmente); 6) a pequenez e a dispersão do mercado (hoje, mesmo o mercado consumidor é da ordem de cerca de 10 milhões de toneladas de lingotes/ano, disperso numa área de 21 milhões de km², que é mais do dobro da área dos EE.UU. e muitas vezes a área da Europa Ocidental.

A reunião dos recursos financeiros necessários nem sempre foi ou pode ser feita de maneira satisfatória. A falta de pessoal especializado nem sempre tem permitido uma eficiente operação e manutenção do equipamento. A falta de

/ experiência técnica

experiência técnica e industrial "know how") obrigou a depender da assessoria e assistência de firmas de fora da área, as quais nem sempre fizeram as recomendações mais adequadas. A falta de infra-estrutura muitas vezes atrasou ou encareceu projetos. A deficiência de certas matérias primas em alguns casos conduziu ou até obrigou ao uso de soluções pouco satisfatórias técnica e economicamente. A pequenez e a dispersão do mercado limitaram as dimensões das empresas e obrigaram-nas a uma produção diversificada.

Hoje pode-se dizer que os administradores, técnicos, economistas, planejadores e políticos Latino-americanos já reconheceram a importância e determinaram a natureza e a magnitude dos problemas da indústria siderúrgica da área. A experiência adquirida foi de inestimável valor e constitui enorme "capital de giro" para o progresso futuro.

5.3 - O futuro da siderurgia Latino-americana

Pode-se dizer que a primeira fase ou período "heróico" da industrialização Latino-americana (e de implantação da siderurgia) está terminando.

A América Latina está agora entrando na segunda fase ou período "racionalista" da sua industrialização, no qual se deverá governar pelas implacáveis regras do jogo econômico-industrial que prevalecem em todo o mundo "desenvolvido".

No primeiro período o objetivo principal era produzir (de qualquer maneira, a todo o custo). Cumprida essa etapa em que os Latino-americanos venceram barreiras não apenas técnicas e econômicas mas também mentais ou psicológicas, falta adentrar definitivamente o segundo período, em que o objetivo é produzir economicamente (maior quantidade, menor preço, melhor qualidade), competitivamente.

Cabe assinalar que as técnicas siderúrgicas empregadas até agora na América Latina, exceção feita ao processo HyL (desenvolvido pela Hojalata y Lamina, Monterrey, México), foram aperfeiçoadas tendo em vista as condições existentes nos países desenvolvidos, especialmente na Europa e EE.UU.

A falta de capital, a dispersão do mercado e as peculiaridades dos recursos e condições regionais deverão, no futuro, influir na evolução técnica da siderurgia Latino-americana que certamente encontrará e desenvolverá suas próprias soluções.

/É certo,

É certo, também, que a América Latina, com área e população praticamente iguais à da União Soviética, com imensos recursos naturais e com uma população apta a absorver imediatamente a civilização industrial, não pode deixar de multiplicar várias vezes a sua indústria siderúrgica no futuro próximo.

É razoável esperar, ou pelo menos desejar, que a capacidade anual da siderurgia Latino-americana aumente de cerca de 40 milhões de toneladas dentro de 20 anos. Levando em conta os investimentos em infra-estrutura indispensáveis, será necessário, portanto, um investimento da ordem de 20 bilhões de dólares. É patente que a América Latina não poderá depender de equipamentos e de técnica importada para executar essa tarefa. Forçosamente deverá desenvolver sua própria capacidade de pesquisa; aperfeiçoamento; projeto; planejamento; construção de equipamentos e instalações; colocação em marcha e operação de grandes instalações. Somente então ingressará no rol dos países plenamente desenvolvidos (3º estágio do desenvolvimento).

Desde já, mas especialmente no futuro, as exportações de produtos siderúrgicos intra e extra-regionais serão necessárias para tirar pleno proveito de capacidade instaladas e para permitir a operação de futuras instalações em condições econômicas (grande escala de produção, concentração em certos produtos, aproveitamento de matérias primas locais, aproveitamento da mão de obra local) e colocar toda a área numa forte posição comercial. A competitividade da indústria será essencial, e ainda esta depende de técnica.

É certamente possível a concretização de um "milagre Latino-americano". Não é admissível outra atitude senão a de acreditar nessa possibilidade e para ela trabalhar com tenacidade e objetividade. E, assim sendo, é necessário desde já estimular a formação técnica e a criação de "know-how" próprio (o que inclui a intensificação de pesquisas).

6. PROBLEMAS TÉCNICOS ENCONTRADOS PELO SIDERURGIA LATINO-AMERICANA

6.1 - Objetivos e limitações do levantamento realizado

Para bem avaliar o tipo de problemas de fato encontrados pela siderurgia Latino-americana foi julgado necessário proceder a um levantamento dos mesmos, não exaustivo mas essencial, junto às empresas siderúrgicas e às instituições interessadas na realização de pesquisas tecnológicas.

Face a limitações irremovíveis na realização do levantamento (especialmente no que dizia respeito ao tempo disponível) o levantamento realizado é necessariamente incompleto e deve ser considerado mais como uma amostragem. Em certos casos foi completado por informações obtidas indiretamente ou por conhecimento anterior das empresas ou instituições.

No levantamento (ou amostragem) procedido procurou-se colher informações não somente do lado industrial, como também do lado "acadêmico" e do lado governamental.

Foram visitadas empresas, institutos de tecnologia, universidades e órgãos governamentais pertinentes na Argentina, Chile, Perú, Colombia, América Central, México, Venezuela e Brasil. Neste último país e na Argentina as visitas foram reduzidas visto haver melhor conhecimento prévio da situação por parte do autor do presente Relatório.

As informações reunidas, porém, cobrem pelo menos 2/3 de todas as empresas e instituições interessadas na siderurgia, na América Latina.

Convém assinalar que, num estudo como o realizado, uma dificuldade frequente foi o de "fazer contacto", isto é, conseguir compreensão da natureza do trabalho e, ao mesmo tempo, acesso às informações realmente pertinentes. Assim mesmo, a receptividade pelo tema e pelo trabalho empreendido por iniciativa da CEPAL foi muito grande e, pode-se dizer, surpreendente. Numa região em que a siderurgia somente se firmou nos últimos poucos anos, foi possível constatar que a maioria dos dirigentes e técnicos consultados, tanto do lado industrial como do lado "acadêmico" e do lado Governamental, estavam bem informados e tinham idéias construtivas em relação à pesquisa tecnológica de interesse para o desenvolvimento da indústria siderúrgica Latino-americana.

6.2 - Problemas específicos encontrados

A lista que se segue deverá servir como exemplo, "amostra" ou indicação do tipo e natureza dos problemas mencionados, sugeridos e propostos como apresentando interesse específico e mais ou menos imediato para a indústria siderúrgica Latino-americana. Não é, nem poderia ser, uma lista completa.

Os problemas relacionados foram sugeridos ou mencionados por Diretores, Gerentes, Chefes de Departamento, engenheiros e técnicos de empresas; por

/Diretores, Chefes

Diretores, Chefes de Departamentos, professores, pesquisadores e engenheiros de institutos tecnológicos ou universidades; por Diretores, assessôres e engenheiros de órgãos governamentais interessados na siderurgia.

A lista é necessariamente heterogênea em tipos e níveis de problemas. Muitos dos problemas mencionados nada têm de "típico" da América Latina, o que é perfeitamente natural: são características da indústria siderúrgica em geral e, portanto, não podem deixar de ocorrer na siderurgia Latino-americana. Com o progresso desta indústria, o número destes últimos problemas tende a aumentar, e não a diminuir.

Não foi feita nenhuma tentativa para avaliar o mérito dos problemas sugeridos. Também convém mencionar que muitos dos problemas citados já estão resolvidos.

Minérios de ferro: características, concentração, aplicação, etc.

- Concentração do minério oolítico colombiano (Col.)
- Estudo de características físicas dos minérios brasileiros (Br.)
- Abaixamento do teor de enxofre de minérios peruanos (Per.)
- Tratamento de certos minérios de ferro visando o abaixamento do teor de fósforo (Ch.-Romerai)
- Possibilidade de aproveitamento de minério de ferro de teor especialmente elevado de alumina (Ch.)
- Estabilidade térmica de minérios de ferro (Br., Ve., Col.)
- Possibilidade de aproveitamento de minérios mais pobres (ou com características especiais) que ocorrem associados a minérios em jazidas em produção, visando baixar custo de extração (Br., Ch., Ven., etc.)
- Concentração de minérios do Norte do Chile (Ch.)
- Estudo exaustivo das características, concentração, processamento e tipificação de minérios de ferro Latino-americanos visando manter ou melhorar posições no mercado mundial (A.L.).
- Ustulação de minérios de ferro em fornos verticais para abaixamento do teor de enxôfre (Méx.)
- Redutibilidade de diversos tipos de minério (Br.)

/Melhor classificação

- Melhor classificação e processamento de minérios de ferro visando otimização da comercialização (Br.)

Aglomeração dos minérios de ferro

- Pre-redução de pelotas com diversos tipos de carvões (Br.)
- Pelotização de diversos tipos de minérios locais (Br.)
- Estudo das melhores condições de aglomeração de finos naturais ou de processamento (Br., Ven.)
- Briquetagem de finos de minérios locais (Ven., Col.)
- Pelotização de minérios locais para uso no processo HyL (Méx.)
- Desenvolvimento de processos de enriquecimento e aglomeração usando gas natural (Ven.)
- Otimização das condições de sinterização de minérios usados localmente (Br.)
- Comportamento de diversos aglomerantes na pelotização de minérios brasileiros (Br.)
- Propagação do "front" de sinterização e condições que influem sobre a mesma (Br.)

Aproveitamento de carvões minerais e coqueificação

- Produção de coque a partir de misturas de antracito e outros carvões locais (Per.)
- Variação de proporções nas misturas de carvões locais, visando a melhoria do coque produzido (Col.)
- Sulfatização do enxofre nos carvões brasileiros (Br.)
- Coqueificação com recirculação de gases (Br.)
- Reatividade de coques produzidos localmente (Br.)
- Otimização das condições de produção de coque de piche (Br.)
- Fabricação de amônia e derivados a partir dos gases de coque-ria (Br.)
- Coqueificação de carvões locais com adição de óleo e visando obter maior densidade, maior produtividade e melhores características do coque produzido (Ch.)
- Uso de coque de petróleo para o aumento do carbono fixo de coque produzido localmente (Méx.)

- Aumento da estabilidade de coques produzidos com misturas contendo carvão nacional (Ch.)
- Aumento da porcentagem de carvão nacional na mistura para coqueificação (Ch.)
- Uso de maior porcentagem de carvão de baixo volátil na mistura a coqueificar (Ch.)
- Uso de misturas de mais de 2 componentes para obtenção de coque melhor e mais barato (Ch.)
- Estudo do sistema de moagem e mistura de carvões nacionais e importados para obtenção de maior rendimento e melhores características (Ch.)
- Beneficiamento e emprêgo normal de carvões locais prèviamente julgados "inaproveitáveis" para a produção de coque (Méx.)
- Experiências de obtenção de "ferro-coque" com carvões locais (Méx.)
- Possibilidades de utilização dos carvões de Rio Turbio na indústria siderúrgica (Arg.)

Carvão vegetal

- Variação das condições de carbonização e seu efeito sôbre as propriedades do carvão vegetal (Br.)
- Aglomeração de finos de carvão vegetal (Br.)
- Produção de "coque" a partir de misturas de finos de carvão vegetal e de carvão mineral nacional (Br.)

Operação dos altos fornos

- Injeção de carvão mineral nas ventaneiras do alto forno: comportamento do carvão brasileiro (Br.)
- Preparo de blocos de carbono para revestimento de alto forno (Br.)
- Emprêgo de pelotas pre-reduzidas ("metalizadas") em alto forno a carvão vegetal (Br.)
- Desulfuração no cadinho
- Desulfuração por injeção de pós
- Operação de alto forno com mínimo volume de escória sem elevação do teor de enxofre (Ch.)

/Granulometria dos

- Granulometria dos coques produzidos localmente mais adequada à operação de alto forno local (Ch.)
- Otimização de fatores para máximo rendimento da injeção de oxigênio no alto forno (Ch.)
- Granulometrias adequadas e/cu admissíveis dos minérios locais para a operação eficiente de altos fornos (Ch.)
- Recuperação de enxofre de gas de alto forno
- Utilização de finos de alto forno ("flue dust") em usina que não dispõe de sinterização (Ch.)
- Experiência e uso normal de gas natural em alto forno com técnica local (Méx.)
- Determinação das melhores condições de preparo granulométrico de minérios locais com eficiente utilização dos finos resultantes (Méx.)
- Otimização das condições de operação de altos fornos visando o mínimo consumo de coque (Br., Ch., etc.)

Operação de fornos elétricos de redução

- Emprêgo de pelotas em fornos elétricos de redução (Per.)
- Substituição parcial de coque importado por antracito local na operação de F.E.R. (fornos elétricos de redução) (Per.)
- Temperatura de emprêgo da pasta Söderberg (Per.)
- Estudo da preparação de pasta para eletrodo com matérias primas locais (Br.)
- Estudo do comportamento de diferentes pastas Söderberg e desenvolvimento de ensaios de recepção (Per.)
- Utilização parcial de carvão nacional na operação de F.E.R. (Ven.)
- Efeito da variação de características dos coques usados em F.E.R. (Ven.)
- Otimização das condições de operação de F.E.R. (Br.)
- Estudo das características mais adequadas de sinter para F.E.R. (Ven.)

/Diversos processos

Diversos processos e problemas de redução

- Desenvolvimento de processo próprio para produção de "gusa" pela fusão de pelotas auto-redutoras em cubilô (Br.)
- Desenvolvimento de técnica própria para a produção de pelotas auto-redutoras (Br.)
- Desenvolvimento de técnica própria para a produção de "gusa" pela fusão em cubilô de briquetes de minério e carvão (misturados) (Col.)
- Redução de minério fino natural por gas natural e aglomeração por briquetagem (Ven.)
- Produção de ferro esponja a partir de minérios do norte do Chile e de gas natural (Ch.)
- Fusão de esponja em cubilô e outros aparelhos metalúrgicos para determinar as melhores condições para a operação (Méx.)
- Efeito da variação das condições de operação do processo H yL (Méx.)
- Desenvolvimento do processo Hyl (Méx.)
- Fatores que influenciam o inchamento de pelotas de alto teor de Fe durante a redução (Méx., Br.)
- Emprêgo de "ultra-high-power" em fornos elétricos com carga de ferro esponja (parcial) (Méx.)
- Obtenção de pós de ferro a partir de esponja Hyl (Méx.)
- Experiências de uso de minério mexicano no processo Strategic-Udy (Méx.)
- Estudo de processo de redução de minérios de ferro por gas natural (Ven., Méx., Arg.)
- Experiências de adaptação do processo Strategic-Udy em usina que usa fornos elétricos de redução (Ven.)
- Estudo das condições de emprêgo de minério venezuelano no processo H yL (Ven.)

Operação de Siemens-Martin

- Otimização de condições de injeção de oxigênio em S.M. (Ch.)

/Refino de

- Refino de gusa com teor de fósforo entre 0,7 e 1,0% em S.M. utilizando óleo com elevado teor de enxofre (Méx.)
- Processo eficiente de dessulfuração de óleo para uso industrial em S.M. (Méx.)
- Desenho de queimadores especiais para S.M. com simultânea insuflação de pós (Méx.)
- Uso de esponja HYL, obtido com minério venezuelano, em fornos S.M. (Ven.)

Operação de conversores a oxigênio

- Uso de esponja em conversores a oxigênio (Méx., Br.)
- Refino de gusa de A.F. a carvão vegetal em L.D. sem emprêgo de sucata na carga (Br.)
- Refino de gusa níquelífero em conversor a oxigênio (Br.)
- Emprêgo de pequenos conversores a oxigênio para produção de peças de aço em fundições de ferro fundido (Br.)
- Estudo das condições vigentes no jato de oxigênio e fatores que as influenciam (Br.)

Outros processos e problemas de aciaria

- Uso de pelotas auto-redutoras em forno elétrico (Br.)
- Desenvolvimento de processo especial de refino de gusa líquido por jato de ar (Col.)
- Estudo comparativo de diversos desoxidantes disponíveis localmente e as resultantes inclusões não metálicas nos aços pre-reduzidos (Br.)
- Aplicação de CaSi e do SiC em fornos elétricos (Br.)
- Operação de fornos elétricos com alta porcentagem de gusa líquido na carga (Per.)
- Condições ótimas para obtenção de aço "extra-deep drawing, aluminum killed" (Br., Arg.)
- Uso de atmosfera redutora em fornos elétricos de aço (Br.)
- Tratamento a vácuo de aços especiais (Br.)

Técnicas de lingotamento

- Melhoria de lingotes de aço para produção de "fio máquina" (Br., Per.)
- Vida das lingotarias em função da composição e dos tratamentos (Br.)
- Contrôles da efervescência de aços de baixo carbono, nas lingoteiras (Méx.)

Produção de laminados

- Desenvolvimento de decapagem oxidante para o tratamento de lotes de chapas que apresentavam "bolhas" no processamento normal (Col.)
- Estudo e fabricação de chapas de alta estampabilidade com e sem elementos de ligas (Br.)
- Efeito de condições de operação sobre a recristalização de chapas (Br.)
- Condições de formação de resíduos carbonosos no recosimento de chapas (Br.)
- Estudo de problemas de decapagem de chapas produzidas em Steckel (Ch.)
- Experimentação de produção de chapas de aço ao silício e de aços inoxidáveis em instalações existentes (Br.)
- Condições ótimas de processamento de chapas Steckel para evitar problemas de decapagem (Ch.)
- Obtenção de boa dutibilidade e boa superfície em aços de baixo carbono produzidos em forno elétrico e destinados à trefilação (Per.)
- Laminação de chapas num só calor partindo de lingotes de 14" de espessura, em instalações existentes, em equipamento não apropriado (Méx.)
- Desenvolvimento de novos métodos para a inspeção de chapas estanhadas em alta velocidade (Méx.)

Propriedades e aplicação dos aços

- Determinação das causas de comportamento irregular de produtos siderúrgicos importados (Per., Col.)
- Melhoria da dutibilidade e acabamento de chapas para a indústria de eletrodoméstico (Col.)
- Estudo de diversos problemas de aplicação de produtos siderúrgicos (dutibilidade, soldabilidade, etc.) (Arg., Méx., Br., etc.)

/Melhoria da

- Melhoria da qualidade de arames para a produção de parafusos (Col.)
- Melhoria de arames para molas produzidas localmente (Col.)
- Otimização das condições de produção de aços de baixa liga e alta resistência (para parafusos e chapas a quente) (Br.)
- Determinação das condições de operação conducentes à fragilidade de chapas grossas (Br.)
- Desenvolvimento de ligas apropriadas para a fundição de cilindros em condições locais (Br.)
- Estudo das aplicações dos aços "balanceados" (Br.)
- Influência da aspereza nas características de deformação (Br.)
- Determinação das causas do aparecimento de cementita com morfologia indesejável, em chapas finas (Br.)
- Corrosão atmosférica acelerada de produtos siderúrgicos, em condições especiais (Ch., Br.)
- Determinação das causas e correção de defeitos de esmaltagem (Br.)
- Características de chapas para embutimento profundo produzidas em Steckel (Ch.)
- Determinação de curvas T.T.T. de aços locais (Br., Ch.)
- Estudo de novo ensaio para determinação de soldabilidade de chapas de aço (Ch.)
- Proteção contra a corrosão das estruturas e equipamentos das usinas siderúrgicas, conforme área e condições (Ch.)
- Inibição da corrosão, de ferros usados em concreto armado, por cloretos contidos nas areias utilizadas (Ch.)
- Estudos experimentais de características de folhas de Flandres visando simplificação da tipificação (Col.)
- Estudo experimental da correlação entre ensaios de recebimento e real aplicação dos produtos siderúrgicos (Méx., Br., etc.)
- Determinação das causas de trincas na base de trilhos e sua eliminação (Arg.)

Problemas diversos

- Aplicação e máxima utilização das escórias de alto forno e de fornos de aço (Vários países)
- Uso de escórias fosfatadas em agricultura (Col.)
- Desenvolvimento de refratários básicos com matérias primas locais (Vários países)
- Produção de "gusa sintético" com matérias primas locais em forno cubilô (Col., etc.)
- Processamento de dolomita local para obtenção das satisfatórias propriedades após calcinação (Col.)
- Desenvolvimento de métodos de análise rápida e precisa de produtos refratários (Br.)
- Determinação do efeito da alúmina na refratariedade de tijolos de sílica (Br.)
- Determinação de métodos mais adequados para a produção local de ferro-ligas especiais (Fe-Nb, Fe-Zr, etc.) (Br.)
- Gamagrafia de peças de aço fundidas: correlação entre observações e defeitos internos (Br.)
- Estudo e controle das condições da formação de "carepa" (óxidos de ferro) nas várias fases do processamento dos lingotes e laminados (Br.)
- Recuperação de vanádio de escórias de aciária (Ch.)
- Produção de maleável com gusa local contendo vanádio (Ch.)
- Concentração de minérios de manganês de baixo teor (Ch.)
- Desenvolvimento de substitutos da sucata em certas regiões onde é exígua (esponja, pelotas auto-redutoras, briquetes pre-reduzidas, etc.)

7. GRUPOS E ESFORÇOS EXISTENTES PARA A SOLUÇÃO DE PROBLEMAS DA
INDUSTRIA SIDERURGICA LATINO-AMERICANA ATRAVÉS DA PESQUISA

Nos contactos mantidos previamente à preparação deste Relatório, complementados com informações e conhecimentos já disponíveis, foi possível fazer um inventário não exaustivo mas essencial dos grupos e organizações interessados

/mais de

mais de perto na pesquisa siderúrgica, na América Latina. Dadas as limitações já anteriormente apontadas, é de prever que êsse inventário contenha êrres e omissões, mas também pode-se esperar que contribua para dar uma idéia bastante boa da situação atual.

A seguir examina-se resumidamente a situação na região e em cada país visitado.

AMÉRICA LATINA

A América Latina já conta com uma organização que congrega a maior parte das empresas siderúrgicas da área, faltando apenas uma maior participação do Brasil. Embora essencialmente uma "federação de indústrias siderúrgicas" o ILAFA tem e terá cada vez mais um papel decisivo no intercâmbio e progresso técnico da siderurgia Latino-americana, pela importância não só da sua ação direta como do apoio que possa dar a iniciativas correlatas, como por exemplo: a) ao Comitê Pan-americano de Normas Técnicas; b) a um eventual Centro ou Comitê Latino-americano de Investigações Siderúrgicas; c) a uma eventual Confederação ou Associação L. Americana de Metalurgia (vide Sec. 10 dêste Relatório); a cursos e conferências de alto nível técnico; a Congressos L. Americanos, Panamericanos ou mesmo Mundiais de metalurgia (ou siderurgia) realizados na área. A entidade está consciente dos problemas técnicos da indústria e das potencialidades da pesquisa.

AMÉRICA CENTRAL

A América Central já inicia sua indústria metalúrgica de transformação sendo de prever que se torne uma região florescente industrialmente. Há nessa região (na Guatemala) um exemplo interessante de cooperação supra-nacional, no ICAITI (Inst. Centro Americano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales), que parece oferecer possibilidade excelente para criação de um núcleo de pesquisas metalúrgicas e atividades correlatas. Pesquisas de interesse de uma futura indústria siderúrgica local poderiam vir a encaixar-se muito bem no plano de trabalho do ICAITI.

/ARGENTINA

ARGENTINA

A indústria siderúrgica Argentina, diversificada e contando já com várias empresas importantes (entre as quais se destacam a SOMISA e a ACINDAR), tem encontrado e atacado alguns problemas técnicos através da pesquisa (experimentação sistemática buscando uma solução). No entanto, engajada num programa de rápida expansão da capacidade de produção, não pôde ainda dirigir ao desenvolvimento das atividades de pesquisa uma atenção especial. Exemplos de problemas já encontrados e/ou resolvidos encontram-se na lista da seção 6.2 deste Relatório.

O principal organismo para estímulo e realização de pesquisas tecnológicas é o INTI, órgão governamental que, utilizando métodos peculiares e bastante interessantes, busca incentivar a criação de Centros de Pesquisa especializados nos vários setores industriais. Estes Centros, organizados com a colaboração de empresas, universidades e do próprio INTI, têm bastante autonomia administrativa e alguma autonomia financeira. No momento, não há nenhum Centro especificamente destinado ao estudo de problemas da indústria siderúrgica. Há Centros correlatos, porém, para o estudo do tratamento de minérios, da solda, da estampagem além do Centro de Investigaciones Metalurgicas (CIM) instalado em Córdoba. O primeiro poderia vir a colaborar no estudo de problemas de beneficiamento e aglomeração dos minérios de ferro; os 3 outros certamente poderão realizar pesquisas referentes a problemas de aplicação de produtos siderúrgicos, especialmente no caso do CIM, localizado num importante centro da indústria automobilística Argentina.

Deve-se mencionar ainda o LEMIT, de La Plata, que já têm realizado estudos e poderia incrementar pesquisas referentes a características e aplicações dos aços. O Departamento de Metalurgia da Comisión Nacional de Energia Atômica, embora essencialmente devotado à metalurgia relacionada com a construção e operação de reatores, conta com equipe de tão alto nível que será inevitável uma colaboração sua à realização de pesquisas de interesse da indústria siderúrgica Argentina, no futuro. Essa colaboração já tem sido dada esporadicamente na forma de assistência técnica, através do SATI (Serviço de Assistência Técnica de la Indústria) mantido pelo Departamento.

/Não há

Não há veículo regular, nacional para publicação de trabalhos técnicos e resultados de pesquisa no campo da metalurgia e da siderurgia.

BRASIL

A indústria siderúrgica brasileira é a de maior produção e a mais diversificada da América Latina (em produtos e em técnicas empregadas). Esforços importantes já vêm sendo feitos, em algumas empresas, há vários anos, no sentido de desenvolver pesquisas. A Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira foi pioneira nessa atividade, mantendo há anos equipe de pesquisas e estimulando seus técnicos à realização de experimentação sistemática para a solução de problemas de produção. Numerosos trabalhos têm sido publicados e referentes principalmente à sinterização de minérios de ferro, produção de carvão vegetal, redução por hidrogênio, operação de altos fornos, etc. A CSN (Cia. Siderúrgica Nacional) criou equipe e laboratórios de pesquisa há já alguns anos, diversos trabalhos tendo sido publicados. A USIMINAS, embora tenha acabado de entrar em operação integrada têm estimulado e financiado pesquisas em laboratório e instituições ligadas à conhecida Escola Nacional de Minas e Metalurgia de Ouro Preto.

Entre as instituições dedicadas à pesquisa tecnológica destaca-se o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) cujo grupo de metalurgia já publicou mais de 300 trabalhos, dos quais cerca da metade correspondem a pesquisas tecnológicas realizadas no Instituto (os restantes correspondem a estudos e trabalhos de divulgação). No campo da siderurgia foram realizadas pesquisas numerosas e referentes a: sinterização e pelletização de minérios de ferro; produção de ferro esponja; cinética e processos especiais de redução; "coques" mistos de carvão nacional e carvão vegetal; operação de forno elétrico básico; refino de gusas comuns, gusas níquelíferos e ferros fundidos em conversores a oxigênio; produção de inoxidável em conversor a oxigênio; produção de "ferro tecnicamente puro" em forno elétrico a arco; fundição de peças de aços comuns e especiais; características, tratamentos e aplicações de aço comuns e especiais; etc. Na Divisão de Metalurgia desse Instituto existem Seções de Matérias Primas Siderúrgicas, Redução de Minérios de Ferro; Produção de Aços Comuns e Especiais, além de outras não especificamente siderúrgicas. A Divisão conta com 17 engenheiros metalurgistas trabalhando em

tempo integral em pesquisa e atividade correlata. Institutos como o INT (Instituto Nacional de Tecnologia), ITERS (Inst. Tecnológico do Estado do Rio Grande do Sul), e outros, têm equipamentos e mantêm pequenas equipes para ensaios, exames e assistência técnica no campo da metalurgia; sua atividade de pesquisa têm sido pequena, porém há Escolas de engenharia e institutos independentes que neste momento iniciam trabalhos de pesquisa no campo da metalurgia.

De modo geral pode-se dizer que há muita receptividade e interêsse na realização de pesquisas para a indústria siderúrgica brasileira, tanto por parte de emprêsas como de Institutos e Escolas de Engenharia. Faltam principalmente recursos financeiros e, em alguns casos, orientação experiente.

O intercâmbio tecno-científico no campo da metalurgia é plenamente assegurado pela ABM (Associação Brasileira de Metais) que, fundada em 1944 realiza anualmente, e desde então, Congressos anuais de metalurgia (em que os problemas da siderurgia têm carácter dominante). A ABM mantém desde 1944 publicação regular, hoje mensal, que é o veículo para publicação dos resultados de pesquisas (além da publicação de outra matéria, naturalmente).

Deve ser assinalado que o BNDE (Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico) dispõe de verbas específicas para o incentivo à pesquisa tecnológica, verbas que em 1966 serão da ordem de Cr\$2.500.000.000 (mais de US\$1 milhãc).

CHILE

Na siderurgia chilena se destaca e predomina a CAP (Cia. Aceros del Pacífico). Esta emprêsa sempre procurou aplicar e desenvolver os aperfeiçoamentos tecnológicos, sendo de notar, em particular, que o seu alto forno é um dos mais bem operados da América Latina, apresentando excelentes índices de marcha, muito embora a usina não disponha de sinterização. Há consciência plena das vantagens da pesquisa tecnológica, especialmente no "ambiente" industrial, tanto por parte dos dirigentes como dos técnicos. A emprêsa mantém grupos "ad hoc" encarregados de resolver problemas e obter melhorias através da pesquisa "em operação". Esta tem incluído: preparo do minério carregado no alto forno (classificação e lavagem); alteração de variáveis de marcha do alto

/forno visando

forno visando máxima produção (inclusive injeção de oxigênio em caráter experimental); variação nas condições de preparo do coque; otimização de fatores na injeção de oxigênio no Siemens Martin; problemas de decapagem; proteção contra a corrosão dos equipamentos da usina, etc.

No lado acadêmico existem 3 grupos trabalhando em pesquisas metalúrgicas: Laboratório de Metales do IDIEM, da Universidade do Chile; grupo de metalurgia, dentro do Depto. de Mecânica do DICTUC, da Universidade Católica, em Santiago; Depto. de Metalurgia do IIT, da Universidade de Concepción, em Concepción.

O grupo do IDIEM conta com uma boa embora pequena equipe, e com razoável equipamento. Suas atividades se dividem entre a docência, a pesquisa e atividades correlatas (exames, assistência técnica, etc.). Tem diversos trabalhos publicados sobre metalurgia; sobre siderurgia especificamente o trabalho realizado têm sido pequeno. Indubitavelmente é, porém, uma equipe capaz de fazer contribuições, se receberem pedidos (e contratos) para pesquisas específicas, especialmente referentes a propriedades e aplicações de produtos siderúrgicos. O grupo de metalurgia do DICTUC, organizado há pouco, apenas inicia seus trabalhos. O ensino é a preocupação predominante mas há potencialidade para pesquisas futuras de interesse siderúrgico. O IIT conta com bom laboratório de estudo e tratamento de minérios, ao lado de equipamento metalográfico e de metalurgia física, e tem realizado ocasionais pesquisas sobre problemas pertinentes à siderurgia. Também têm potencialidade futura de colaborar com a indústria siderúrgica mais estreitamente, visto estar situado próximo à usina de Huachipato.

Não há veículo nacional, regular, para a publicação de trabalhos de metalurgia.

COLOMBIA

A siderurgia colombiana é essencialmente representada pelas Acerias Paz de Rio. Existe nessa Cia. uma grande receptividade e interesse pelo problema da pesquisa siderúrgica, tanto por parte de dirigentes como de técnicos. A empresa mantém uma pequena equipe trabalhando na solução de problemas técnicos através de pesquisa. Esta equipe desenvolveu, entre outros, um projeto de pesquisa visando a redução de briquetes mistas de minério de ferro e carvão,

/em forno

em forno cubilô, com sucesso inicial encorajador. Outros problemas em estudo dizem respeito à concentração de minérios locais, coqueificação de misturas de carvões locais, problemas de decapagem de certos aços, etc.

O I.I.T. (Inst. de Investigaciones Industriales) vem prestando assistência técnica à indústria metalúrgica de transformação e tem ocasionalmente colaborado com a indústria siderúrgica (Ex.: problema de utilização de escórias fosfatadas). A realização de pesquisas de interesse desta (e da indústria consumidora de produtos siderúrgicos) poderia ser incrementada. A FEDEMETAL tem compreensão de problemas e poderia contribuir para isso.

MÉXICO

Possue o México a segunda indústria siderúrgica da área, em volume de produção. É uma indústria diversificada e ativa, com grande consciência técnica: as 3 mais importantes empresas siderúrgicas mexicanas tiveram de vencer dificuldades técnicas apreciáveis para sua operação e o fizeram com sucesso. Uma delas, a Hojalata y Lamina desenvolveu técnica própria (processo HyL) que constitui hoje o único processo de produção de ferro esponja integrado na operação normal de usina siderúrgica (para produção de laminados correntes). Bem conhecida, também, é a capacidade da AHMSA de desenvolver práticas de operação própria e de aproveitar oportunidades técnicas e industriais (Ex.: emprega regularmente carvão local antes tido como inaproveitável para produção de coque metalúrgico). A Fundidora, de seu lado, teve de enfrentar o problema do refino de gusa com teor intermediário de fósforo (alto para S.M. e baixo para Thomas).

É certo, também, que a expansão futura da indústria siderúrgica mexicana deverá atacar e resolver diversos outros problemas técnicos semelhantes aos já encontrados. A consciência técnica de seus dirigentes e engenheiros é das mais fortes e a A.Latina pode esperar muitas inovações e soluções tecnológicas originadas nas empresas mexicanas, no futuro.

Deve-se ressaltar que o mais forte esforço de pesquisa e aperfeiçoamento ("research and development") na siderurgia L.Americana encontra-se na HyL (Monterrey) que mantém equipe de pesquisa e instalações piloto em permanente

/atividade, com

atividade, com uso pleno dos recursos de instrumentação e computação.

Entre as instituições dedicadas à pesquisa o IMIT (Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas), na Cidade do México, tem tido interesse por problemas metalúrgicos, tendo inclusive estudado e experimentado um processo de redução em leito fluidizado. Sua equipe de metalurgia é atualmente pequena mas poderia vir a desenvolver-se e a colaborar apreciavelmente com a indústria local, considerando-se o "elan" do IMIT.

No Inst. Tecnológico de Monterrey há um Instituto de Investigaciones Industriales que não tem mas poderá desenvolver um Depto. de Metalurgia para colaborar com a importante siderurgia local.

PERU

A siderurgia peruana é representada pela SOGESA, com sua usina de Chimote. Nesta usina, baseada inicialmente inteiramente em fornos elétricos, foi necessário vencer dificuldades técnicas iniciais e referentes a problemas de matérias primas e operação daqueles aparelhos. A empresa foi obrigada a atacar e a resolver pela experimentação ("em operação") diversos problemas técnicos. Em particular, foi adquirida boa experiência com a operação de fornos elétricos de redução usando misturas de coque importado e antracito local, tendo sido determinado que a condição ótima corresponde ao uso de 50-60% deste último (que é a porcentagem usada hoje).

Não há institutos ou escolas realizando pesquisas metalúrgicas, no momento.

URUGUAY

O Uruguay tem uma pequena indústria siderúrgica e de transformação. Há, na Faculdade de Ingeniería y Química, um Depto. de Metalurgia com uma pequena mas eficiente equipe que poderá contribuir para a solução de eventuais problemas daquela indústria.

VENEZUELA

A siderurgia venezuelana é principalmente representada pela SIDOR (Siderúrgica del Orinoco) com sua importante usina em Matanzas, baseada em fornos elétricos de redução. A empresa, desde o seu início, tem tido que enfrentar

/diversos problemas

diversos problemas técnicos importantes que exigiram o uso ou a experimentação de técnicas pouco usuais. Ainda recentemente realizou um grande esforço para verificar as possibilidades de emprêgo do processo Strategic-Udy em sua usina. A empresa preocupa-se em encontrar soluções adequadas às condições venezuelanas, e, especialmente, de uma solução que viesse a aproveitar a feliz conjugação de grandes reservas de gás natural e de minério de ferro.

O INVESTI (Inst. Venezolano de Investigaciones Tecnológicas e Industriales), juntamente com o Depto. de Metalurgia da Universidade Central, constitue um núcleo promissor para a realização de pesquisas de interesse da siderurgia local. Já vêm colaborando com a indústria de transformação e, esporadicamente, com a indústria siderúrgica.

8. SINTESE DO PANORAMA ENCONTRADO

Nesta parte do Relatório procura-se apresentar observações gerais referentes ao inventário (de problemas e de esforços) feito nas secções anteriores. Corresponde a uma apresentação fatural sintética do panorama geral encontrado.

8.1 - Condições gerais encontradas e relacionadas com as atividades de pesquisa siderúrgica

Apesar de algumas patentes diferenças de nível industrial e técnico entre os países Latino-americanos sente-se de forma nítida que a região caminha rapidamente no sentido da industrialização e que há uma homogeneidade essencial nas atitudes, nas vontades, nos problemas e nas condições vigentes. Em toda a região o processo de industrialização já se iniciou; é irreversível; já depende e dependerá cada vez mais da aplicação dos modernos recursos e métodos tecnológicos.

Nota-se na indústria siderúrgica de toda a região a necessidade e o desejo de aplicar e desenvolver a tecnologia em todas as suas modalidades e de todas as maneiras, inclusive através da pesquisa tecnologica.

Com relação à pesquisa siderúrgica, especificamente, o panorama geral encontrado foi encorajador pois, se de um lado o volume de pesquisas realizadas até agora ainda é pequeno (e nem poderia ser de outra maneira, considerada a "juventude" da siderurgia Latino-americana) de outro lado nota-se muita

compreensão e entusiasmo por esse instrumento de desenvolvimento, podendo-se encarar o futuro com otimismo, nesse particular.

Mesmo na América Central, essencialmente agrícola, já se inicia a implantação da indústria de montagem e fabricação de bens de consumo duráveis (eletrodomésticos, móveis de aço, máquinas de escritório, automóveis, etc.) que certamente irá exigir o desenvolvimento da indústria metalúrgica de transformação (laminações, forjarias, estamparias, fundições, etc.); usinas para redução de minérios e produção de aços já estão em estudo.

Nota-se que a natureza e as "dimensões" dos problemas encontrados pela indústria siderúrgica já existente são semelhantes, mas também se nota a falta de contacto e intercâmbio de experiências no nível supranacional. Foram encontrados exemplos dessa falta de contacto mesmo dentro de um mesmo país.

Notou-se a existência de um hiato, muito maior que nas regiões desenvolvidas (Europa, EE.UU.), entre a mentalidade tecno-científica de um lado e a mentalidade econômico-industrial de outro. Falta maior aproximação entre as empresas e as universidades e institutos para-universitários.

Faltam centros em que as necessidades tecno-científicas tenham sido combinadas e ajustadas às motivações econômico-industriais, e que disponham dos recursos materiais e humanos indispensáveis à manutenção de um constante fluxo de informações, assistência e soluções de interesse específico para a indústria siderúrgica.

No caso dos grupos de pesquisa metalúrgica localizados em institutos autônomos e universidades falta, em geral, a preocupação econômica e administrativa no planejamento e execução de pesquisas.

8.2 - Demanda pela pesquisa siderúrgica na América Latina

Constatou-se a existência de uma "demanda" diversificada e intensa por pesquisa para a solução de problemas de vários tipos, desde problemas triviais de operação de usina até problemas de grande importância nacional.

A "demanda" por pesquisa se origina principalmente na indústria siderúrgica propriamente dita, mas também nas indústrias consumidoras de produtos siderúrgicos (indústria mecânica, indústria de equipamento elétrico, indústria de construção civil, etc.); nas indústrias produtoras de matérias pri-

mas e materiais usados na siderurgia (mineração, refratários, produtos especiais); nas entidades promotoras da normalização; nos órgãos governamentais de fomento do desenvolvimento.

No caso da normalização há demanda por assistência técnica, ensaios e pesquisas visando definir e comparar propriedades e ensaios.

8.3 - Metodologia das pesquisas realizadas atualmente

Poucos são os grupos que atualmente trabalham segundo projetos de pesquisa bem configurados, isto é, em que sejam razoavelmente bem definidos os objetivos últimos, os objetivos diretos ou imediatos, a justificativa do projeto tal como apresentado, os trabalhos e experiência anteriores e pertinentes ao problema, o plano de trabalho a ser seguido, o prazo para execução, os recursos materiais e humanos necessários, os investimentos e custos de operação envolvidos.

Há, às vezes, tendência a estabelecer objetivos ambiciosos ou vagos e a elaborar planos de trabalho sem limites de tempo ou de recursos. Os projetos de pesquisa são, às vezes, apenas pretexto para a aquisição de aparelhamento para equipar laboratórios.

É nítida a necessidade geral de orientação e de experiência na elaboração de projeto de pesquisa que visem a "demanda" real existente. A experiência dos países desenvolvidos poderia ser aqui particularmente útil.

8.4 - Recursos necessários à pesquisa siderúrgica: disponibilidades e lacunas

A primeira observação a registrar é a da insuficiência e dispersão dos recursos destinados à pesquisa e aperfeiçoamento ("development"), na América Latina.

A segunda observação é a de que, à semelhança do que ocorre em outros tipos de atividades, mas especialmente no caso das atividades criadoras (como a pesquisa, o aperfeiçoamento, etc.) "faltam homens". Quer dizer, faltam técnicos e cientistas imbuídos dos objetivos últimos a alcançar (o desenvolvimento industrial da região); com boa compreensão e experiência no trato dos problemas reais encontrados pela indústria local; com suficiente treinamento tecnológico para atacar eficientemente os problemas encontrados.

A este respeito é de notar a insuficiência em número, localização e qualidade dos cursos formadores de engenheiros metalurgistas. São praticamente inexistentes as possibilidades locais de formação pós-graduada de metalurgistas. Mesmo quando existem possibilidades escolares faltam trabalhos práticos e laboratórios funcionais (adaptados às necessidades do treinamento) e operantes (em real funcionamento). Até o momento a formação especializada eficiente tem dependido quasi exclusivamente do treinamento no exterior (Europa, EE.UU.); não há razões senão para incrementar essa modalidade, mas é óbvio que ela limita extraordinariamente o número de pessoas treinadas.

A formação local têm que ser desenvolvida de forma intensiva e objetiva, evitando-se um "academismo" baseado na cópia de modelos válidos para outras regiões e condições, mas inadequados para a América Latina. É este um problema de tamanha importância e extensão que seria leviandade querer tratá-lo aqui, além da simples menção de sua existência.

Outra lacuna observada é a de insuficiência da informação: faltam bibliotecas especializadas e em dia; faltam centros de seleção e distribuição local de informações pertinentes; faltam revistas e periódicos especializados em metalurgia, exceção feita da revista "Metalurgia" (da Associação Brasileira de Metais) e da "Revista Latino-americana de Siderurgia" (do IIAFA), que sirvam como veículos para a publicação de trabalhos e para a troca de informações; faltam centros de documentação especializada (referente a equipamentos industriais, por exemplo).

Os laboratórios existentes (em empresas, institutos ou universidades) não estão equipados adequadamente. Existem equipamentos caros, às vezes, sem a devida complementação com instrumentos e ferramentas triviais mas indispensáveis. Isto em parte se deve às condições e oportunidades erráticas para aquisição de equipamento e material para laboratórios, tanto quanto à inexperiência de certos pesquisadores.

Os recursos financeiros locais disponíveis para o custeio de pesquisas tecnológicas são totalmente insuficientes ou inexistentes. Há, porém, exemplos a serem imitados, como é o caso do Banco do México (que há muitos anos financia o treinamento e a pesquisa tecnológica) e o do Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, do Brasil (que tem verbas regularmente disponíveis

/para o

para o ensino e a pesquisa tecnológica, embora sua aplicação ainda esteja no início). A ação do Fundo Especial das Nações Unidas, do Banco Interamericano de Desenvolvimento e outras organizações internacionais ou extra-regionais já se faz notar mas não especificamente para a realização de pesquisas siderúrgicas. Estas não dispõem ainda de fontes regulares de financiamento.

Falta planejamento, organização e financiamento regular das atividades de pesquisas siderúrgicas, ao nível empresarial, nacional e regional.

8.5 - A pesquisa nas empresas siderúrgicas

Além das informações já contidas na secção 7 deste Relatório podem ser acrescentadas mais as seguintes:

- 1) A preocupação dominante das empresas siderúrgicas Latino-americanas é a de crescer. Falta capital para, além do crescimento, atender plenamente às necessidades da realização de pesquisas e formação de pessoal especializado.
- 2) A realização de pesquisas e a aplicação dos seus resultados exigindo investimentos e despesas apreciáveis, nem sempre pode receber dos empresários a simpatia que merece.
- 3) É consenso geral que a transplantação pura e simples de técnicas usadas nos países desenvolvidos não é geralmente possível, sendo necessário experimentar e adaptar, o que muitas vezes exige pesquisa. Há exemplos de empresas consultoras, projetistas ou vendedoras de equipamentos, de fora da área, que nem sempre investigaram cuidadosamente os problemas e condições vigentes na A.Latina, causando dificuldades a empresas que dependeram inteiramente de técnica ("know-how") importada.
- 4) Apesar de todas as dificuldades existem várias empresas siderúrgicas Latino-americanas engajadas seriamente em pesquisas para resolver problemas imediatos ou potenciais (por equipes "ad hoc" ou equipes estáveis).
- 5) Diversas empresas Latino-americanas ainda recorrem a instituições e empresas de fora da área para a realização de pesquisas que poderiam ser, com menor custo e maior proveito, mas com algum esforço adicional, realizadas na própria área.

- 6) Do mesmo modo que nos países desenvolvidos, é certo que os técnicos ocupados diretamente na produção dificilmente têm o tempo, as condições, a formação e a mentalidade necessárias para a realização de pesquisas. A organização de equipes permanentes e especializadas se impõe.

8.6 - A pesquisa nos institutos e universidades

Além do já referido na seção 7, caberiam as seguintes observações:

- 1) Nota-se que a atividade de certos centros tem sido desvinculadas da realidade industrial do meio. Há tendência a manter atividades de pesquisa em setores de grande interesse para os países desenvolvidos mas de duvidosa ou nenhuma utilidade imediata na região Latino-americana.
- 2) Alguns dos esforços feitos têm sabor acadêmico, faltando objetividade e especificidade na pesquisa. Têm faltado conhecimento e contacto com as reais condições do meio (especialmente dos problemas encontrados de fato na indústria); os pesquisadores Latino-americanos trabalhando em metalurgia, de modo geral, apenas começam a adquirir experiência e capacidade de avaliar possibilidades corretamente, o que é natural, considerando-se quão recente é o desenvolvimento da área.
- 3) Institutos e pesquisadores muitas vezes acusam governos e indústrias de incompreensão, falta de apoio e descaso. Esta queixa poderia ser muito justamente invertida, com igual validade.
- 4) Há ainda alguma tendência a ver na atividade de pesquisa algo de "heroico" ou "romântico" em vez de encará-la como atividade econômica, rentável, industrial.

9. CONCLUSÕES

1) Pesquisa é atividade rentável, plenamente consagrada nos países industrializados como parte normal e indispensável da atividade industrial, necessária à vitalidade, competitividade e sobrevivência das empresas, bem como ao desenvolvimento geral de um país. Assim deve ser compreendida pelas empresas, institutos, universidades e órgãos governamentais Latino-americanos interessados no desenvolvimento da indústria siderúrgica local.

/2) A pesquisa

2) A pesquisa sendo a experimentação sistemática para a solução de problemas (ou obtenção de dados indispensáveis à solução de problemas) deve compreender não só a experimentação em laboratório como também a realizada nas próprias usinas siderúrgicas (pesquisa "em operação").

3) Pode-se ter como certo que, no futuro próximo, a atividade de produção em si será "secundária" em relação às atividades criadoras (pesquisa, aperfeiçoamento ou "development", planejamento, projeto). A siderurgia Latino-americana deve desde já preparar-se para enfrentar e até aproveitar-se dessa circunstância.

4) A pesquisa tecnológica sendo a experimentação sistemática para chegar a processos e produtos novos, melhores ou mais baratos, depende da aplicação de inteligências treinadas. A inteligência é um "recurso" que existe independentemente do grau de desenvolvimento de um país: proporcionadas as condições necessárias (de treinamento e de trabalho) os técnicos Latino-americanos poderão fazer contribuições originais importantes para a técnica siderúrgica, especificamente no caso de problemas peculiares da região (já o provaram por exemplo, no caso do processo HyL).

5) A pesquisa siderúrgica é exigida desde já na América Latina, devido às seguintes razões imediatas: crescentes exigências do mercado interno; necessidade de competitividade para permitir o desenvolvimento das exportações intra e extra-regionais; necessidade de desenvolver processos e produtos de acordo com os recursos e condições da área; necessidade de tipificar e normalizar produtos siderúrgicos da área.

6) A siderurgia Latino-americana, em rápida evolução, forçosamente encontrará dentro de prazo curto (5 a 10 anos) todos os problemas técnicos que hoje são encontrados pela siderurgia de países como a Inglaterra e a França, e que levaram esses países à criação de instituições como a B.I.S.R.A. e o IRSID, além dos numerosos e grandes laboratórios de empresas. A siderurgia L.A. não poderá evitar de fazer esforço semelhante.

7) Olhando para o futuro próximo da siderurgia pode-se afirmar que a América Latina não poderá depender apenas da exportação de matérias primas "brutas", "naturais" ou "fortuitas". Suas exportações poderão e deverão ser di-

/versificadas: matérias

versificadas: matérias primas brutas (minério de ferro); matérias primas beneficiadas por aplicação de novas tecnologias (pelotas, por exemplo); produtos correntes mas competitivos em preço e qualidade (chapa, fio máquina, tubos, etc.); produtos especiais desenvolvidos com técnica própria (ferro esponja, por exemplo); técnica (ou "know-how") e patentes. A atividade de pesquisa é indispensável para permitir várias dessas exportações. Quem julgar impossível o sucesso da A.L. na "exportação de técnica" está subestimando os recursos naturais e humanos da região e esquecendo as lições da história.

8) Nos próximos 20 anos a A.L. terá que investir no mínimo cerca de 20 bilhões de dólares para criar pelo menos 40 milhões de toneladas de nova capacidade anual. Isto somente será possível se desenvolver técnica ("know-how") própria que lhe possibilitem o aperfeiçoamento, projeto, construção e operação de equipamentos e instalações. A criação da capacidade técnica própria depende, entre outros fatores dos resultados e "sub-produtos" da pesquisa.

9) O ingresso da A.L. no rol das regiões desenvolvidas dependerá da máxima aplicação de conhecimentos administrativos, econômicos e técnicos. A disponibilidade destes últimos dependerá de diversos fatores (educação, treinamento especializado, informação, etc.) mas, especialmente, da existência de equipes devotadas à pesquisa tecnológica e atividades correlatas.

10) A aceleração do intercâmbio mundial é inevitável, requerendo que a indústria siderúrgica L.A. procure melhorar sua competitividade. Aliás esta é necessária não somente para dar-lhe sólida posição nacional, regional e mundial mas, também, para acelerar o seu próprio ritmo de desenvolvimento, dado que "competitividade" é sinônimo de "eficiência".

11) A A.L. não pode conformar-se com uma "industrialização de segunda classe". Engajada como está no processo de industrialização deverá aceitar integralmente as "regras do jogo" e, entre estas, destaca-se a do constante aperfeiçoamento técnico dos processos e produtos através das inovações tecnológicas oriundas da pesquisa e do aperfeiçoamento.

12) A industrialização é um processo de subdivisão de tarefas e integração de esforços de toda uma comunidade visando atingir máximos níveis de produção, produtividade e qualidade (e diversificação dos bens produzidos)

para atender da melhor forma possível às necessidades de toda a coletividade. Daí decorre o "triple imperativo da industrialização": aumentar a produção, aumentar a produtividade, melhorar a qualidade. Este imperativo somente pode ser atendido pela utilização, entre outras, da ferramenta "pesquisa". É imperativo que a siderurgia L.A. não pode ignorar.

13) Até o presente, essencialmente, a siderurgia L.Americana, do ponto de vista técnico, desenvolveu-se a reboque da siderurgia dos países desenvolvidos. A distância somente poderá diminuir se a A.L. se lançar decididamente no processo de industrialização acelerada baseada em impulso próprio. Este somente pode ser gerado através do desenvolvimento de uma capacidade técnica local (para pesquisa, aperfeiçoamento, projeto, planejamento, construção e operação visando novos ou melhores processos ou produtos). A dependência tecnológica dos países L.A. têm que terminar.

14) Precisamente pelo seu atraso e pela deficiência de recursos deve a A.L. buscar a máxima eficiência de suas atividades industriais, recorrendo à pesquisa tecnológica (como um dos fatores essenciais ao desenvolvimento) e seus sub-produtos (assistência técnica, formação de pessoal de alto nível, etc.).

15) O fator principal para o desenvolvimento L.A., e a principal lacuna atual é o fator "homem". O preparo intensivo de engenheiros metalurgistas e o treinamento pós-graduado (na região ou fora dela); com caráter acadêmico ou "utilitário"; por cursos regulares ou por estágios de trabalho) será essencial para possibilitar o verdadeiro desenvolvimento através das atividades técnicas "criadoras" (pesquisa, aperfeiçoamento, etc.).

16) Há 20 e mesmo há 10 anos atrás recomendava-se aos países em desenvolvimento que se especializassem na produção agrícola e mineira, para exportar produtos não-industrializados para os países desenvolvidos, recebendo em troca produtos industriais. Do mesmo modo, hoje há quem recomende aos países novos que se industrializem "a meias", copiando e seguindo tecnologicamente (como caudatarios e dependentes) os países desenvolvidos. Esta posição é igualmente indefensável e também destinada ao "museu das falácias econômicas". Deixar as atividades industriais "criadoras" (pesquisa, aperfeiçoamento, projeto, planejamento, construção) para os países desenvolvidos seria conformismo com a condição "sub-desenvolvida".

17) Mesmo a industrialização "por cópia" não prescinde de "know-how" próprio nem da realização de pesquisas: alterações e adaptações são sempre necessárias. Além disso as técnicas siderúrgicas se complicam e exigem cada vez mais profundos conhecimentos técnicos mesmo para serem "copiados" (Ex.: lingotamento contínuo, tratamento a vácuo, etc.)

18) Na solução de problemas técnicos L.Americanos por empresas e instituições de fora da área os interesses e condições locais nem sempre são perfeitamente considerados. Além disso constitui uma "importação", não se beneficiando a região com os importantes "sub-produtos" da atividade de pesquisa (criação de equipes de alto nível, acumulação de conhecimentos e experiência, etc.).

19) A região L.Americana tem problemas peculiares a serem resolvidos através da pesquisa e aperfeiçoamento, para a solução dos quais não existe grande interesse por parte dos países desenvolvidos. Assim, por exemplo, a Venezuela conta com uma associação fortuita de grandes jazidas de petróleo (e abundância de gás natural, que atualmente é perdido em enormes quantidades) ao lado de jazidas de excelentes minérios de ferro; a siderurgia clássica, desenvolvida com base no binômio minério-coque, não apresenta solução específica para o aproveitamento dessa oportunidade industrial.

20) A necessidade de iniciativa técnica própria, na A.Latina, pode ser defendida inclusive com base num demonstrado "conservadorismo" por parte de certos países desenvolvidos. Deve-se lembrar que o processo L.D. e o lingotamento contínuo demoraram em ser aplicados por certos países que se destacam pelo volume da sua produção siderúrgica.

21) É possível, ou pelo menos não é impossível, um "milagre Latino-americano". Isto é: é possível no curso dos próximos 20 anos transformar a A.L. numa das regiões do mundo de mais florescente, moderna e eficiente indústria. O "milagre" japonês, como o alemão, como o escandinavo (êste, injustamente, pouco mencionado) podem ser reproduzidos na A.L., região que tem área, recursos naturais e população iguais aos da União Soviética. As condições realistas para concretizar êsse "milagre" são: a plena utilização dos melhores recursos administrativos, econômicos e técnicos para a plena e eficiente utilização dos recursos naturais, da mão de obra e da inteligência locais. A criação de tecnologia autóctona é peça essencial nesse processo.

/22) É indispensável

22) É indispensável a planificação (organização, programação, coordenação, financiamento, etc.) do "sistema" L.Americano de criação e utilização de "know-how". Este "sistema" deveria compreender entidades diversas que estejam relacionadas com a captação, criação e utilização de técnicas referentes a processo e produtos da indústria siderúrgica. Esta planificação requeriria cuidadoso exame e consideração, por parte dos órgãos governamentais, empresas, institutos, universidades, associações técnicas, etc. No presente Relatório não é possível senão formular algumas sugestões específicas referentes exclusivamente às atividades de pesquisa de interesse da indústria siderúrgica. Isso é feito na secção seguinte deste Relatório.

23) O "sistema" L.Americano de captação, criação e utilização das técnicas metalúrgicas deveria ser formado pela conjugação de esforços entre 4 tipos de entidades diretamente interessadas e ativas na metalurgia: a) as escolas de engenharia, fornecendo engenheiros, professores, pesquisadores e administradores; b) as associações técnicas ou industriais, propiciadoras do intercâmbio técnico; c) os institutos de pesquisas tecnológicas, fornecedores de assistência técnica à indústria; d) as empresas metalúrgicas (e siderúrgicas), fornecedoras de produtos e propiciadoras de treinamento prático e aquisição de experiência técnica.

10 - SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES ESPECÍFICAS

A seguir são feitas sugestões e recomendações específicas visando o maior desenvolvimento da pesquisa siderúrgica na A.Latina. Procurou-se defini-las e configurá-las de modo a permitir pronta ação.

As sugestões e recomendações foram classificadas em grupos.

10.1 - Formação de pessoal para pesquisa e atividades correlatas

1) Em todos os centros importantes de nucleação e irradiação da industrialização Latino-americana deverão ser criados ou mantidos cursos para a formação de Engenheiros Metalurgistas (como profissão separada e definida). Estes cursos deverão proporcionar o ensino de, pelo menos, as seguintes disciplinas: física dos metais; físico-química metalúrgica; extração, concentração, tratamento e beneficiamento de minérios; metalurgia extrativa dos não ferrosos; siderurgia (do minério ao lingote); transformação mecânica dos metais; fundição

/e processo

e processos especiais de transformação; metalografia ferrosa (inclusive tratamentos térmicos e superficiais); metalografia dos não ferrosos (idem). Parece razoável que, de imediato, deveriam existir cursos dessa natureza pelo menos nas seguintes localizações: Buenos Aires, Córdoba e San Nicolas (Argentina); Santiago e Concepción (Chile); Lima (Perú); Bogotá (Colombia); Caracas (Venezuela); México e Monterrey (México); Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Volta Redonda e Porto Alegre (Brasil). O ensino deve ser objetivo, com amplos trabalhos práticos e estreito contato com a indústria.

2) Longe de visarem a concessão de diplomas ou títulos os cursos pós-graduados de metalurgia, na A.Latina, deverão ter como preocupação o treinamento do máximo número de engenheiros, em nível pós-graduado, de acordo com os interesses da indústria local. A concessão de títulos é secundária. A cópia de modelos extra-regionais, sem adaptações às condições locais é desaconselhável, pois os objetivos do ensino pós-graduado nos EE.UU. e na Europa são necessariamente diferentes dos objetivos Latino-americanos, no momento atual. Os cursos pós-graduados na A.L. devem ter caráter "utilitário" e deverão compreender desde a formação de alguns técnicos de alto nível (com títulos de "Doutor", etc.) até, e principalmente, a complementação dos conhecimentos dos milhares de técnicos já trabalhando na indústria. As modalidades seguintes devem ser postas em prática: a) Em pelo menos 3 ou 4 dos mais importantes centros industriais da A.Latina deverão ser mantidos cursos regulares pós-graduados, conducentes ao título de "Doutor em Metalurgia" e correspondendo ao mais alto nível de treinamento tecno-científico; b) em todos os centros em que se esteja implantando e desenvolvendo a indústria metalúrgica (e siderúrgica) L.Americana (cerca de 20 centros, aproximadamente), devem ser realizados cursos de especialização e de atualização de conhecimentos em nível pós-graduado, destinados aos Engenheiros e técnicos que atualmente trabalham na indústria metalúrgica mas que, dado o recente desenvolvimento desta, não tiveram formação básica ou especializada suficiente; c) deve ser intensificada a formação e o treinamento de engenheiros metalurgistas no exterior (nas áreas desenvolvidas), em nível ante- e pós-graduado (compreendendo cursos e/ou estágios em universidades ou usinas siderúrgicas). A segunda modalidade mencionada vem sendo posta em prática com grande sucesso pela Associação Brasileira de Metais (cujos cursos especiais já tiveram como alunos mais de 2.000 engenheiros e técnicos das indústrias locais). A terceira modalidade teria

especial interesse no caso de estágios realizados na B.I.S.R.A., no IRSID, no Max Planck Institut für Eisenforschung, no Bureau of Mines, etc.

10.2 - A criação ou ativação de entidades estimuladoras do intercâmbio tecnocientífico e da divulgação de pesquisa

1) Nos países em que já exista uma indústria metalúrgica apreciável (com pelo menos algumas centenas de engenheiros e técnicos trabalhando nessa atividade) devem ser organizadas associações técnicas que congreguem todos os interessados nos aspectos industriais, técnicos e científicos da metalurgia. Essas associações podem e devem encarregar-se de atividades como: realizar congressos e reuniões regulares para a apresentação e debate de temas tecnocientíficos; incrementar o intercâmbio pessoal e técnico entre os seus associados; prestar ou divulgar informações de interesse geral; editar revista técnica; organizar conferências e cursos especializados, etc. É justo mencionar como exemplo a Associação Brasileira de Metais que vem cumprindo essas finalidades desde 1944 com extraordinário proveito para a indústria e a técnica metalúrgica brasileiras.

2) Criadas as associações acima (e já existem no Brasil e Argentina) poderia ser criada uma Confederação Latino-americana de Metalurgia (CLAM), com caráter e objetivos exclusivamente tecnocientíficos, visando incentivar o intercâmbio entre todos os Latino-americanos interessados em metalurgia (e, em particular, em siderurgia). Não pareceria interessante a subdivisão em especialidades com criação de associações independentes (uma para fundição, outra para siderurgia, etc.). As associações técnicas sabidamente encontram muita dificuldade para operarem (inclusive em países desenvolvidos) e uma associação de esforços somente pode contribuir para seu sucesso. Uma Confederação como a proposta acima poderia realizar no âmbito L-Americano aquilo que a ABM vem realizando no Brasil. Sua ação teria um efeito extraordinário para o intercâmbio de informações e aumento da capacidade técnica regional. Certamente seria útil a publicação de uma Revista Latino-americana de Metalurgia, exclusivamente técnica bem como a realização de Congressos Latino-americanos de Metalurgia. No campo específico da siderurgia o ILAFA tem feito esforços no sentido de promover esse intercâmbio; o ILAFA, porém, tem caráter

/e interesse

e interesse predominantemente empresariais, não sendo uma associação de indivíduos interessados predominantemente em problemas tecno-científicos (como é o caso de associações como a ASM, AIME, The Iron and Steel Institute da Inglaterra, AEM, etc.). É certo, porém, que o ILAFA poderia colaborar, e muito, na constituição de uma Associação (ou Confederação) Latino-americana de Metalurgia.

10.3 - A manutenção de entidades ou grupos diretamente engajados na atividade de pesquisa

1) Nos mais importantes centros da indústria metalúrgica (e siderúrgica) L. americana devem ser criados ou mantidos institutos autônomos para realização de pesquisas tecnológicas, inteiramente dedicados à metalurgia ou nos quais esta atividade tenha posição relevante. Nestes institutos o "produto" principal deveria ser a pesquisa e atividades correlatas. A existência de grupos dentro de escolas ou universidades não é suficiente, devido à falta de autonomia, às preocupações didáticas e à atmosfera acadêmica que, embora necessária nesses centros, não é conducente a uma efetiva colaboração com a indústria na solução de problemas técnicos. Parece que institutos autônomos desta natureza já são justificáveis, hoje, em pelo menos meia dúzia de centros L. Americanos. O IPT, de São Paulo, poderia servir como exemplo. Uma possibilidade interessante para a organização destes institutos é a exemplificada pelo "Research Associations" existentes na Inglaterra e noutros países.

2) Nas escolas de engenharia ou universidades a pesquisa, como sub-produto que é, deve estar subordinada ao interesse didático. Deve ser encarada como "ferramenta de ensino prático" de especial eficiência no caso da formação pós-graduada. A realização de pesquisa por estudantes dos cursos normais de engenharia metalúrgica ou é utópica ou ineficiente; estes estudantes podem, de modo geral, apenas receber problemas ou "exercícios" práticos cuja designação como "pesquisas" apenas contribuiria para a má compreensão destas atividades. Excepcionalmente alguns estudantes podem, ocasionalmente, colaborar em pesquisas sob a responsabilidade e orientação de seus mestres.

/3) Nas emprêsas

3) Nas empresas siderúrgicas é aconselhável desde já a organização de equipes (por pequenas que sejam) inteiramente dedicadas à captação de "know-how", pesquisa (experimentação sistemática em laboratório ou em usina) e aperfeiçoamento ("development"). A organização destas equipes, com boa autonomia (de preferência subordinadas diretamente a dirigentes do mais alto nível dentro do organograma da empresa), contribuirá enormemente para a evolução tecnológica das empresas (tanto pelos efeitos diretos das pesquisas como pelos seus "sub-produtos").

4) De especial interesse para a siderurgia L.Americana seria a colaboração das empresas, universidades, associações, institutos e governos na constituição de um Centro Latino-americano de Investigações Siderúrgicas (CLAIS) ou Centro Latino-americano de Tecnologia Siderúrgica (CLATS), para a realização de pesquisas em cooperação, bem como para o exercício das atividades correlatas à pesquisa (assistência técnica, treinamento de pessoal de alto nível, etc.). ESPECIFICAMENTE ORIENTADA PARA A INTENSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE PESQUISA (E CORRELATAS) DE INTERESSE PARA A INDUSTRIA SIDERURGICA LATINO-AMERICANA, SERIA ESSA UMA INICIATIVA DA MAIOR IMPORTÂNCIA.

É fácil avaliar o efeito que teria para a evolução futura da siderurgia L.Americana a conjugação dos esforços visando a mais rápida criação de uma tecnologia siderúrgica própria (não no sentido de ser "diferente" mas no sentido de ser "eficiente" e "independente"). Haveria duas modalidades possíveis para esse Centro: a) como instituição diretamente ativa na pesquisa, com seus equipamentos e grupo de técnicos do mais alto nível centralizados num ponto conveniente da A.Latina; b) como órgão de coordenação, orientação e fomento que trabalhasse através das instituições ou grupos existentes. A primeira hipótese pareceria ser mais eficiente para os fins em vista; a segunda pareceria imediatamente realizável. A consideração detalhada das finalidades, métodos e recursos de um tal Centro ultrapassa os limites destas recomendações.

APÊNDICE I - Algumas definições de termos empregados no Relatório

Engenharia - arte de aplicar a ciência à produção (de bens ou de serviços). (Significado restrito: estudo, cálculo, especificação e projeto detalhado de equipamentos, instalações, operações, produtos, etc., relacionados à produção industrial).

Tecnologia - conjunto dos conhecimentos acumulados e referentes à aplicação da ciência à produção.

Técnica - conjunto dos conhecimentos e da experiência acumulados no preparo e na execução das atividades industriais (sinônimo de "know-how").

Pesquisa - experimentação sistemática visando a solução de um problema ou a colheita de dados essenciais para chegar a uma solução.

Pesquisa aplicada - pesquisa realizada visando a solução de um problema com consequências práticas (Ex.: estudo da melhor vacina contra uma dada enfermidade). Compreende a pesquisa tecnológica.

Pesquisa tecnológica - pesquisa aplicada visando a solução de um problema existente na produção de bens ou de serviços, e referentes a processos ou materiais.

Pesquisa científica "pura" - busca do conhecimento pelo conhecimento (sem finalidade utilitária).

Pesquisa científica orientada - busca do conhecimento fundamental com a esperança de encontrar aplicação posterior dos resultados na produção de bens ou serviços.

Aperfeiçoamento - ("development") estudo, projeto, construção e operação de modelos, protótipos ou instalações piloto visando avaliar possibilidades industriais de um processo ou material.

Siderurgia - ramo da metalurgia interessado nos problemas industriais, técnicos e científicos relacionados com a produção e aplicação do ferro e suas ligas.

Indústria siderúrgica - indústria produtora de gusa, ferro, aço e ferro-ligas na forma de lingotes laminados, forjados, trefilados, extrudados e fundidos. Comumente inclui ainda algumas atividades correlatas (fabricação de estruturas, etc.) e geralmente deixa de incluir a fundição de ferros fundidos (por ser ramo bastante independente).

