

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA



GEOLOGIA E METALURGIA

PUBLICAÇÃO DO
CENTRO MORAES REGO

BOLETIM N.º 4
OUTUBRO DE 1946

C. M. R.

PRAÇA CEL. FERNANDO PRESTES, 74 - SÃO PAULO - BRASIL

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA



GEOLOGIA E METALURGIA

PUBLICAÇÃO DO
CENTRO MORAES REGO

BOLETIM N.º 4
OUTUBRO DE 1946

C.M.R.

PRAÇA CEL. FERNANDO PRESTES, 74 - SÃO PAULO - BRASIL

SUMÁRIO

Estrutura, pesquisa e reserva de certos depósitos minerais	ALCEU FABIO BARBOSA	5
Perspetivas da indústria siderúrgica em Minas Gerais	AMARO LANARI JUNIOR	21
A sílica	ROBERT LEDUC	37
Prática moderna de tratamentos térmicos (1.ª p.)	ARNOLD P. SEASHOLTZ	47
Ferros fundidos maleáveis (2.ª p.)	MANOEL A. MORAES RENATO REFINETTI	75
Ilmenita	JOSÉ EPITACIO PASSOS GUIMARÃES	107
Carvão no Norte do Estado do Paraná — Notas de uma viagem	PROSPERO C. PAOLIELLO PAULO ABIB ANDERY	125
Associação Brasileira de Metais — Segundo Congresso Anual		157
Notícias do C. M. R.		169

DIRETOR — Carlos Eduardo Cajado
SECRETARIO — Job Shuji Nogam
REDADORES: Egon Schmiegelow
José Silveira Campos
Horácio Ceccantini

ESTRUTURA, PESQUISA E RESERVA DE CERTOS DEPOSITOS MINERAIS

Alceu Fabio Barbosa ()*

Entende-se por estrutura de um depósito mineral o arranjo, no interior ou na superfície da crosta, dos corpos mineralizados que o formam.

Estes, por sua vez, podem ter estruturas e formas características, haja vista um depósito em anticlinal com minério fitado em que faixas de ganga alternam-se com faixas de minerais uteis. Por isto mesmo se faz distinção entre a estrutura do depósito e a do minério.

A estrutura e a forma de cada depósito em estudo devem ficar bem determinadas pelos trabalhos de pesquisa, quando se objetivar a determinação da reserva. É claro que, quando mal interpretada a estrutura, a reserva pode desviar-se notavelmente de seu valor real, com sérios riscos para o empreendimento em vista. Nem sempre a estrutura decorre de medidas diretas nos trabalhos de pesquisa; observações indiretas complementares são indispensáveis. Uma falha não observada altera quasi sempre a estimativa da reserva útil, da mesma maneira que as falhas apenas presumidas; assim uma reserva pode ficar reduzida a números sem expressão económica. A função do geólogo estruturalista é colocar a questão entre limites aceitáveis de modo que a reserva em estudo se aproxime tanto quanto possível de seu valor exacto.

A estrutura original dos depósitos minerais, principalmente os antigos, raramente é conservada. Processos geológicos, contínuos através das idades, tendem a modificar as primeiras estruturas promovendo falhamentos e dobramentos complexos, às vezes, metamorfisando ou eliminando grandes tractos mineralizados e mesmo forçando a migração de certos depósitos para estruturas diferentes. Quando os depósitos são estratigráficamente concordantes com as rochas encaixantes a sua estrutura decorre do conhecimento das estruturas e deformações locais.

Os depósitos discordantes, embora tenham experimentado acções deformadoras, obrigatoriamente não apresentam o mesmo tipo estrutural da

(*) — Professor de Jazidas Minerais, Legislação de Minas da Escola Politécnica de São Paulo.

encaixante porque eles recebem os esforços segundo superfícies diferentemente orientadas. Exemplificando, um veieiro que se localizasse no provável plano axial de uma dobra em evolução sofreria apenas compressão e rupturas por tração e não dobramento. Em qualquer caso, porém, o estudo individual detalhado do depósito e da encaixante levará ao conhecimento da estrutura do depósito.

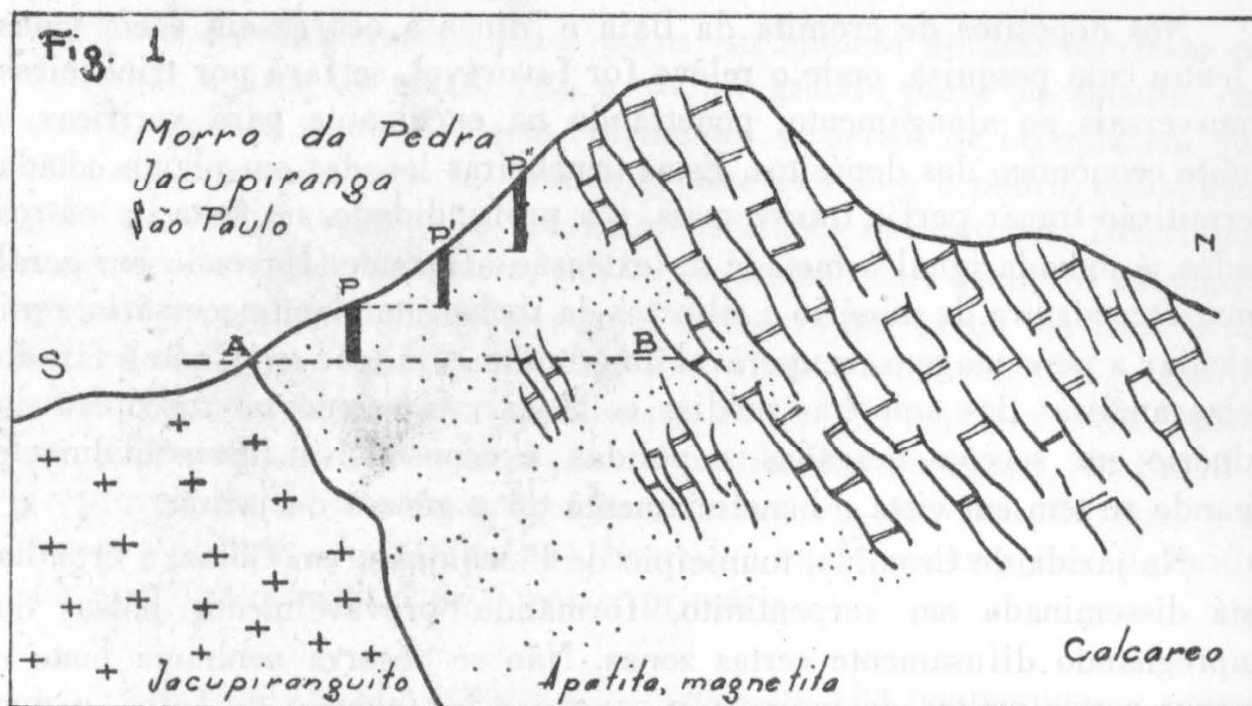
Do exposto, infere-se a importância da geologia estrutural no estudo dos depósitos minerais e bem anda o Departamento Nacional da Produção Mineral em exigir interpretação estrutural de todos os depósitos cujos processos de pesquisa sejam submetidos à sua aprovação. A cadeira de Jazidas Minerais do curso de Minas e Metalurgia da Escola Politécnica ficaria, sem dúvida, mais completa com a criação de uma aula de Geologia Estrutural, assunto extenso demais para ser tratado com detalhe no curso normal da Cadeira de Geologia Geral, já muito sobrecarregada. É o que sinceramente desejamos ver realizado dentro de pouco tempo.

A seguir daremos alguns exemplos de jazidas brasileiras, destinados a ilustrar o tema, e dedicados especialmente a alunos e principiantes, pois não encerram senão pequena contribuição original.

DEPÓSITOS DE ORIGEM MAGMÁTICA

Os depósitos de origem magmática encontram-se no interior e vizinhanças da rocha mãe ou então afastados dela. As formas e estruturas originais destes depósitos compreendem corpos lenticulares, sistemas tabulares, chaminés, massas irregulares etc.

Entre os depósitos orto-magmáticos e de segregação, no contato podemos citar os de magnetita e apatita de Ipanema e Jacupiranga, em São Paulo. Estão relacionados a rochas básicas da família dos sienitos nefelínicos. Estes magmas, de idade provavelmente eo-jurássica, eram ricos em fósforo, fluor, cloro e ferro, que por trocas metasomáticas acumularam-se na zona de contato com horizontes de calcários da Série de Minas. Dos efeitos pirometasomáticos entre mineralizadores e calcário, resultou uma massa irregularmente mineralizada nas adjacências do contato e de preferência no calcário. A estrutura destes depósitos é caótica porque há blocos de calcário na massa do minério, assim também concentrações ricas de magnetita ou apatita em massas independentes, ou ainda mistura variável destes minerais. Uma seção esquemática do Morro da Pedra em Jacupiranga é indicada na fig. (1). Como atacar a pesquisa de um depósito deste tipo? Em primeiro lugar deve-se ter em consideração que nem sempre se pensa em calcular toda a reserva de uma jazida; em geral há um limite econo-

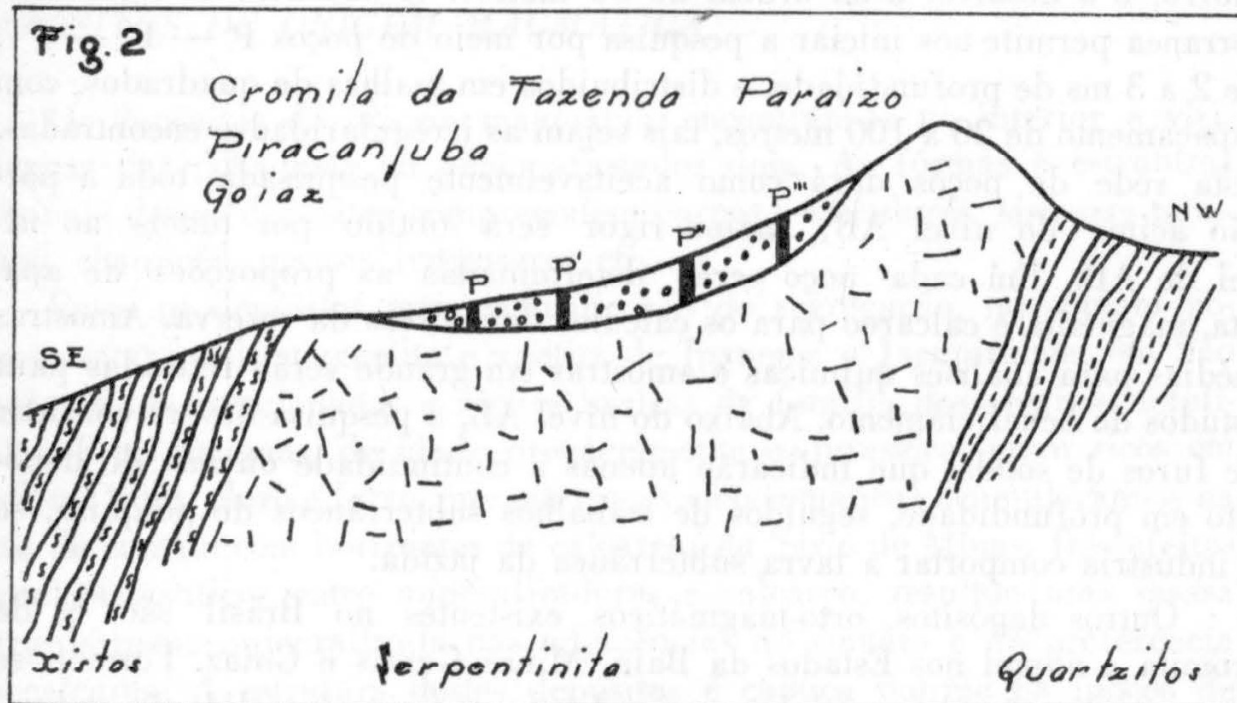


mico mínimo capaz de assegurar a instalação e marcha de uma indústria mineral. A reserva excedente será depois pesquisada a expensas da própria indústria. No caso em apreço o depósito aflora bem no flanco do morro, e o desnível é da ordem de 50 metros. A ausência de água subterrânea permite-nos iniciar a pesquisa por meio de poços P — P' — P'', de 2 a 3 ms de profundidade, e distribuídos em malhas de quadrados, com espaçamento de 20 a 100 metros, tais sejam as irregularidades encontradas. Esta rede de poços dará como aceitavelmente pesquisada toda a porção acima do nível AB; maior rigor será obtido por tuneis ao nível de AB. Em cada poço serão determinadas as proporções de apatita, magnetita e calcáreo para os cálculos definitivos da reserva. Amostras médias para análises químicas e amostras em grande serão retiradas para estudos do beneficiamento. Abaixo do nível AB, a pesquisa deverá consistir de furos de sonda, que indicarão apenas a continuidade ou não do depósito em profundidade, seguidos de trabalhos subterrâneos de pesquisa, se a indústria comportar a lavra subterrânea da jazida.

Outros depósitos orto-magmáticos existentes no Brasil são os de cromita e níquel nos Estados da Baía, Minas Gerais e Goiaz. Formam-se por cristalização diferencial no seio do magma em consolidação, adquirindo estruturas lenticular ou pseudo estratificada em que leitos do minério alternam-se com leitos de rocha, ou ainda em disseminação irregular no interior da rocha. Deformações posteriores podem dar aos depósitos a estrutura anticlinal e sinclinal características dos facolitos e lopolitos, metamorfosando a rocha matriz básica para serpentinitos.

Nos depósitos de cromita da Baía e Minas a ocorrência é em veias e lentes cuja pesquisa, onde o relêvo for favorável, se fará por trincheiras transversais ao alongamento, penetrando na encaixante para verificar o limite económico dos depósitos. Estas trincheiras locadas em planta cotada permitirão traçar perfís transversais, e a profundidade, na falta de outros dados, é tomada igual à metade da extensão aflorante. Havendo em geral uma intermistura de minério e silicatos da rocha é também necessário aqui calcular a percentagem recuperável de cromita cujo teor em Cr_2O_3 é fixado pelas análises das amostras médias colhidas. O estudo microscópico do minério em secções delgadas e polidas é aconselhável, principalmente quando se tem em vista o beneficiamento ou a gênese da jazida.

Na jazida de Cromina, município de Piraçanjuba, em Goiás, a cromita está disseminada em serpentinito, formando provavelmente bolsas ou impregnando difusamente certas zonas. Não se observa nenhuma lente e apenas certas cristas do morro são capeadas por chapéu de ferro, o que não é de se extranhar em se tratando de rochas básicas. O serpentinito aflora em 1 Km. de comprimento por cerca de 200 metros de largura, tendo sido concordante a intrusão cujo alongamento está na direção geral das camadas. A fig. (2) dá um corte esquemático do morro. O intempe-



rismo desagregando e alterando a rocha promoveu a formação de um eluvio rico em cromita, em blocos de dezenas de quilos, localizado na base do morro; blocos de rocha estão intercalados no minério. A pesquisa, como na maioria dos depósitos da superfície, consistiu na abertura de uma rede de poços P — P'..., de 1 a 4 m de profundidade, isto é, até

encontrar o embasamento. Estes poços em número de 200 serviram para delimitar a área do eluvio rico e excluir grande parte da encosta, como esteril, embora se observassem fragmentos dispersos de cromita em quase toda ela. Em cada poço foi pesado o minério rico e o pobre, classificados pelos aspectos e tomadas as medidas das seções transversais. Determinada a densidade média do eluvio, por diversas medidas, fácil foi calcular as proporções em cada poço e, portanto, a reserva que orçou em 20,000 toneladas de minério, sendo 14.000 com 35% Cr_2O_3 e 6000 com 40%, conforme nosso relatório de pesquisa apresentado ao D. N. P. M. em 20/4/945.

Outro mineral de segregação magmática é o diamante. No Brasil ele é aproveitado de suas matrizes secundárias, em aluviões fluviais, e sua origem é muito discutida, não havendo ainda observações definitivas sobre sua associação com a matriz primária.

Os pegmatitos são depósitos formados em alta temperatura e pressão, com cortejo mineralógico característico. A grande pressão e a mobilidade do sistema facultam alta penetrabilidade das soluções que podem alcançar distâncias grandes da fonte magmática. Quando as soluções são impedidas elas se acumulam em bolsas dentro do próprio magma, cristalizando-se após ele, mostrando passagem gradual para a rocha matriz, uma verdadeira aureola de influência. A tendência dos elementos mais voláteis do magma é difundirem-se em movimento ascensional para os pontos elevados da câmara, dando ao topo mobilidade cada vez maior com correspondente aumento de viscosidade para as zonas inferiores. Se o teto é de impermeabilidade e resistência insuperáveis, em consequência, o magma pelicular, rico em voláteis, será verdadeiramente pegmatítico e assim se consolidará. A dispersão dos voláteis evitará a formação dos primeiros pegmatitos, dando por exemplo um granito pegmatítico, não excluindo, é claro, a formação de outros pegmatitos no curso do processo de diferenciação e cristalização. Nas regiões onde existem estes tetos barreira, os pegmatitos devem ser raros e as rochas pegmatíticas abundantes, ao passo que as rochas normais estão profundas ou afastadas destas zonas. Tenho para mim que os granitos intrusivos na série de Minas em São Paulo e outros Estados brasileiros, apresentam variação de textura em virtude dos argumentos anteriores. O granito "Olho de sapo", abundante no sul do Estado de São Paulo, é pobre de pegmatitos, como que indicando que os voláteis foram os auxiliares em sua cristalização, tendo sido fixados posteriormente nos minerais acessórios como apatita, fluorita, titanita etc. que devem ser mais abundantes neles do que nos granitos normais.

Trata-se de uma sugestão capaz de explicar de modo mais simples a variação da textura, sendo dispensável invocar processos muito mais

complexos para justificar a presença de dois granitos de idade diferentes, o que não tem sido comprovado por qualquer evidência geológica. O assunto deve ser entregue aos petrógrafos, para solução definitiva.

Os pegmatitos podem, portanto, ocorrer com estruturas diversas como sejam bolsas irregulares de segregação, com contatos indefinidos com a matriz; lentes de fraturas na própria matriz ou nas outras encaixantes, em que os contatos são nitidos, veios mais ou menos continuos e chaminés maciças ou anulares. Quanto à constituição mineralógica eles são classificados em pegmatitos simples, quando predomina ora o quartzo ora o feldspato ou mica, e pegmatitos complexos quando portadores de minerais raros — berilo, tantalita, uraninita, gemas etc. São depósitos às vezes muito valiosos pelo conteúdo mineralógico quase que exclusivo deles, haja vista os minerais de uranio e rádio, torio em terras raras etc. Alguns têm pequeno valor económico, seja pelo baixo teor em minerais raros, seja pela imperfeição ou intermistura dos minerais comuns, tornando a sua lavra seletiva muito difícil ou mesmo anti-económica. Quando se procura pesquisar um pegmatito o objetivo é determinar a reserva de um ou mais minerais, sua qualidade e características físicas e químicas. Em certos pegmatitos estes minerais ocupam zonas definidas paralelamente às paredes, devido a deposição centripeta ou ao afastamento lateral da encaixante ou a processos de substituição seletiva. Em outros casos a distribuição dos minerais é errática, alguns formando ninhos ou disseminando-se na massa dos outros. Em se tratando de pegmatitos bandeados, em fraturas, a pesquisa é orientada pela continuidade da fratura e pelo arranjo dos minerais; nestes casos, trincheiras nos afloramentos inalterados e furos de sonda podem dar resultados satisfatórios. Porém nos casos de distribuição errática de minerais raros a pesquisa será efetuada pelo desmonte de grandes massas, seja a céu aberto ou subterraneamente. Só pelo tratamento de grandes tonelagens é que o teor económico pode ser determinado.

Os pegmatitos de São Paulo têm, quase todos, seu feldspato alterado para caulim e são explorados para cerâmica. Estão encaixados nos xistos da série de Minas e raramente nos granitos. A possança é variável podendo alcançar 10 a 20 metros. A alteração é muito profunda e foi verificada em um deles até 100 metros, onde o nível hidrostático está atualmente próximo da superfície. Como a alteração do ortoclasio ou microlina se faz, sob o intemperismo, na presença de H_2O da água e CO_2 é estranho o fato de ser encontrada a tal profundidade, abaixo do nível hidrostático atual. Pode ser explicado pela oscilação daquele nível ou por processo hidrotermal, ficando aberta a questão. A pesquisa destes pegmatitos caulinizados é simples, bastando uma planta cotada e furos de sonda para obterem-se reservas grandes; amostragem representativa permitirá estudos sobre

lavagem e decantação do quartzo, mica, turmalina assim também sobre a qualidade do caulim.

Os pegmatitos inalterados estão, em São Paulo, de preferência associados a granitos e xistos gneissificados. São muito irregulares e eventualmente valiosos por seu feldspato; alguns em Perús e Mogi das Cruzes contêm minerais raros como uraninita e amblygonita. A pesquisa destes pegmatitos é quase sempre difícil devido a sua irregularidade e intermistura do feldspato, quartzo, mica e turmalina. As duas últimas especialmente contaminam o feldspato e o tornam impróprio para a indústria. Entretanto o engenheiro de Minas e Metalurgia José Epitácio Passos Guimarães resolveu, com sucesso, a questão do tratamento do feldspato, baseado na sensibilidade magnética daqueles elementos, possibilitando o seu aproveitamento nas indústrias locais.

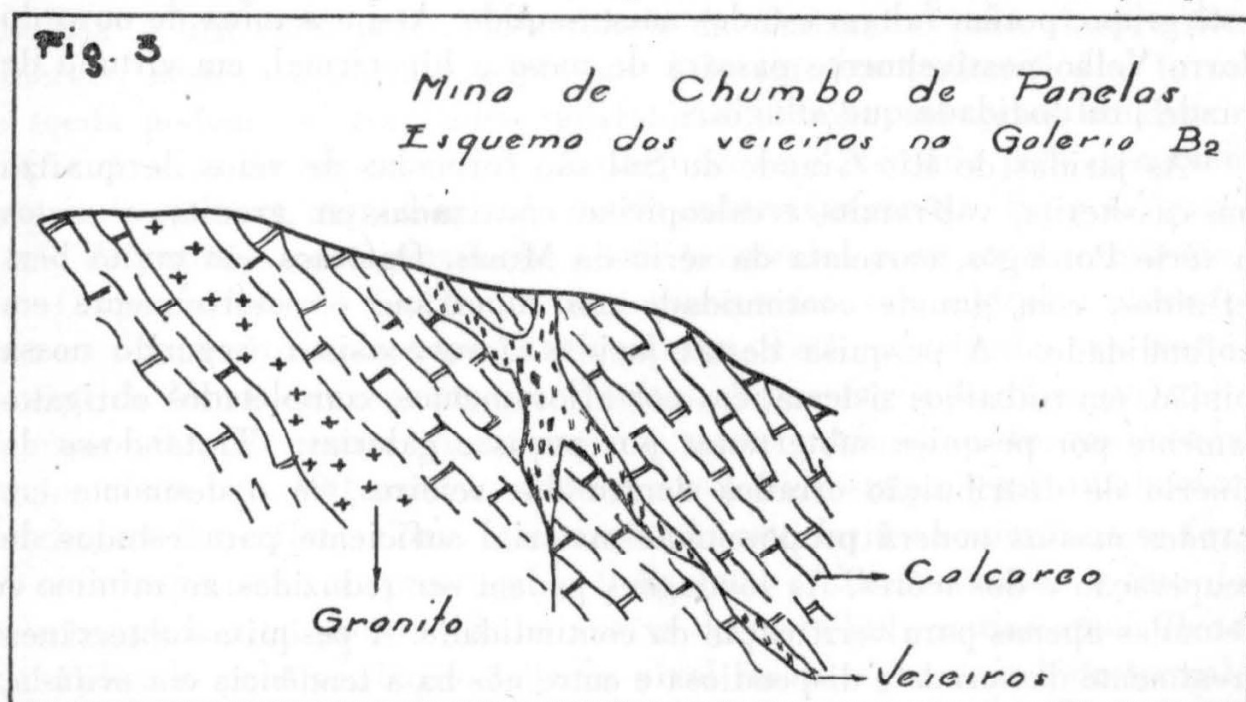
Entre os depósitos hipotermiais podemos assinalar os de cassiterita e volframita de Encruzilhada, no Rio Grande do Sul, que segundo Viktor Leinz, Djalma Guimarães e Ruy Franco são vizinhos de pegmatitos, o de molibdenita de Vacacaí no mesmo Estado conforme estudos de Willian G. R. Camargo, a jazida de volframita e cassiterita de Itupéva, em Jundiá, conforme Saldanha da Gama, Ruy Franco, a jazida de chumbo de Panelas, com maior afinidade para ambiente meso-termal e provavelmente a jazida de cobre de Itapeva. Talvez outras jazidas nacionais possam ser incluídas neste grupo, porém faltam estudos nesse sentido. Assim a mina de ouro do Morro Velho possivelmente passará de meso a hipotermal, em virtude de grande profundidade que atingiu.

As jazidas do Rio Grande do Sul são formadas de veios de quartzo com cassiterita, volframita e calcopirita, encaixadas em granitos e xistos da série Porongos, correlata da série de Minas. Os veios são muito bem definidos, com grande continuidade em superfície e possivelmente em profundidade. A pesquisa destas jazidas deve consistir, segundo nossa opinião, em trabalhos sistemáticos nos afloramentos, completados obrigatoriamente por pesquisa subterrânea por poços e galerias. Tratando-se de minério de distribuição errática dentro dos veieiros, só o desmonte em grandes massas poderá proporcionar material suficiente para estudos de recuperação e dos teores. As sondagens podem ser reduzidas ao mínimo e efetuadas apenas para verificação da continuidade. A pesquisa subterrânea é realmente demorada e dispendiosa e entre nós ha a tendência em evitá-la, preferindo-se a obtenção de elementos básicos — reservas — teores — estruturas — por métodos mais baratos, o que infelizmente tem conduzido a resultados desastrosos para os industriais. Jazidas deste tipo, como as

de ouro e outras, só deverão ser consideradas como pesquisadas quando por trabalhos subterrâneos.

As jazidas de molibdenita não têm reserva economicamente explorável. A jazida de volframita de Itupeva está em lavra e pesquisa subterrânea e tem sido objeto de mais de uma visita dos alunos do Curso de Minas, graças a gentileza de seus concessionários. A estrutura dessa jazida revela-se bem pelo traçado dos veios de quartzo na superfície mostrando falhamentos nítidos.

A jazida de Pannels, na margem direita do rio Ribeira no Estado do Paraná, é formada por veios encaixados em calcários da série de Minas. Os veios ora são bem definidos, como veio camadas, ou transversais, ora se transformam em zonas de brecciação difusamente mineralizadas com passagem gradual para a encaixante. São tipicamente lenticulares, formando bolsas e verdadeiros "ore-shoots" de intersecção. Na galeria B₂ observa-se um veio camada a N 65 E e mergulho para norte em torno de 50.º seccionado por outro veio vertical com a mesma direção. Na intersecção e vizinhanças houve grande enriquecimento do minério, especialmente no veio vertical, onde uma bolsa alongada tem cerca de 6 metros de largura por 10 de altura e comprimento maior, ainda não conhecido. O enriquecimento na intersecção, não deixa dúvida quanto à possível existência de outros "shoots" da mesma natureza. O minério consiste de abundante galena, arsenopirita e pirita, pirrotita e calcopirita, já ao nível da B₂, locada ao tempo em que Moraes Rego orientava os trabalhos de pesquisa.

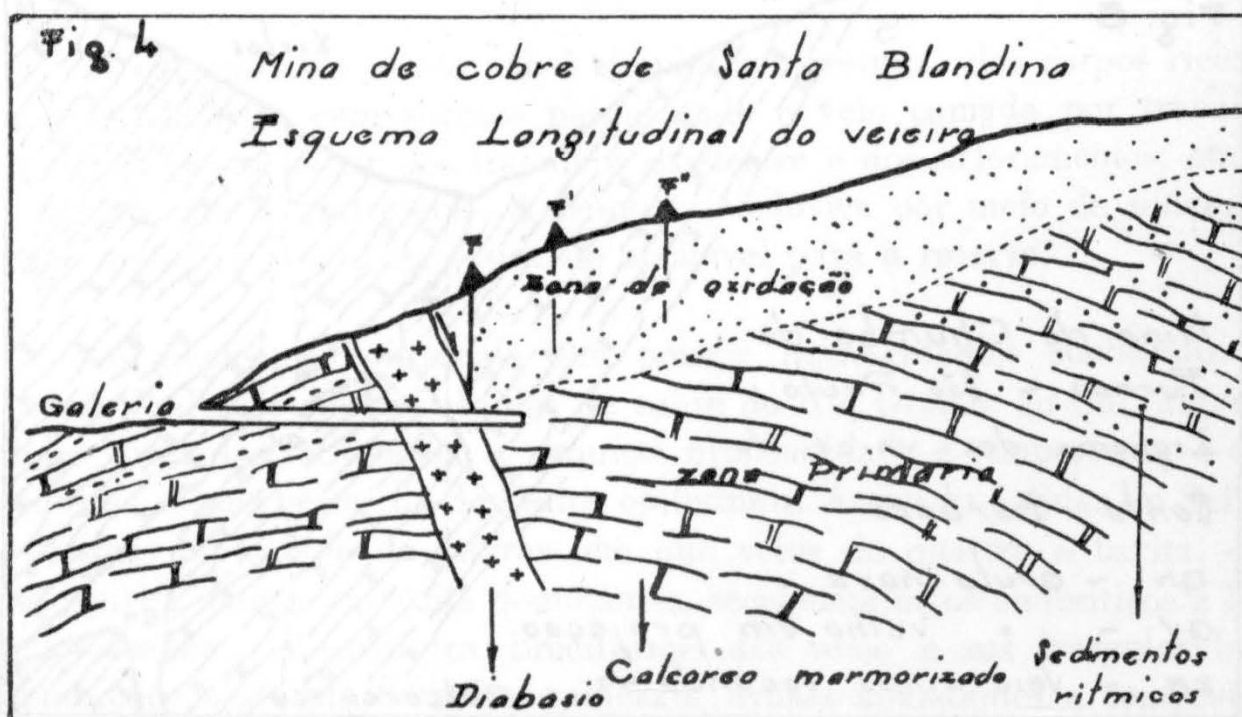


A zona de oxidação é pouco profunda, com menos de 20 metros, de modo que o minério primário ocorre ao nível das galerias existentes. Na

ganga do minério observam-se silicatos de alta temperatura como diopsídio e outros, o que permite, assim como a estrutura do minério, classificar o depósito como hipotermal. Há granito estreitamente associado à jazida, em forma de diques e alguns pequenos pegmatitos. O rio Ribeira corre abaixo em leito de granito e esta jazida oferece o melhor exemplo da filiação granítica da mineralização.

A pesquisa de tal jazida não é simples como se deprende da estrutura lenticular; a pesquisa subterrânea parece a mais indicada, porque permitirá localizar e cubar os ore-shoots, o que dificilmente se realizaria por meio de sondagens. As falhas e deformações em rocha homogênea, como o calcáreo, tornam-se de difícil interpretação nos testemunhos, e o próprio caráter lenticular da mineralização dentro do veio camada, contra-indicam o estudo por sondagens como definitivo. A reserva conhecida desta jazida é de cerca de 100.000 toneladas de minério.

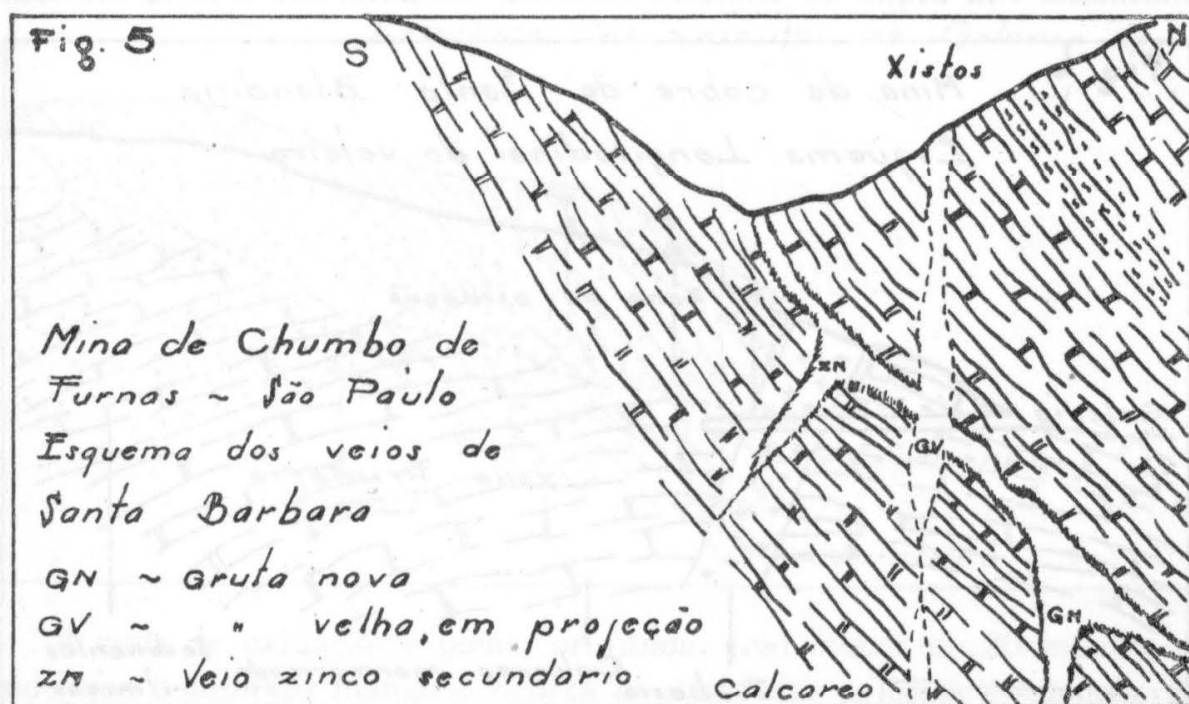
A jazida de cobre de Santa Blandina em Itapeva, Estado de São Paulo, está encaixada em sedimentos ritmicos da série de Minas passando para baixo para um horizonte de calcáreo branco marmorizado, em anticlinal, conforme observações de Octavio Barbosa e do autor. O minério primário é formado de calcopirita e bornita, em ganga de quartzo, calcita escura, granadas e epidoto. A zona de oxidação é de 15 a 20 metros, predominando cuprita no minério secundário e em menor proporção malaquita, azurita e crisocola e rara argila com minério coloidal. Há uma zona mineralizada bem definida, capeada por chapéu de ferro, de mais de 1 quilometro de comprimento, e reconhecida a várias dezenas de metros de profundidade. Um dique de diabasio secciona normalmente a zona minerali-



zada em uma extremidade, e tem 20-30 metros de possança. Próximo aflora granito. A pesquisa orientada por Octavio Barbosa consistiu em furos de sonda na zona secundária, de minério rico, seguidos de furos de maior profundidade objetivando a zona primária. A pesquisa por trabalhos subterrâneos iniciou-se por uma galeria no ponto mais baixo. Pelos elementos colhidos a jazida parece promissora.

Entre os depósitos mesotermiais destacam-se alguns entre os de chumbo, zinco e ouro da província metalogenética do sudoeste de São Paulo, e jazidas de ouro em Minas Gerais. Dos depósitos de chumbo e zinco de São Paulo os de Furnas, Monjolinho e Morro do Chumbo, Braço da Pescaria, Lageado, todos examinados e estudados pelo autor, podem sem dúvida ser classificados como mesotermiais. A mina de Furnas é a mais conhecida e importante entre todas. Fica a 20 quilômetros da cidade de Apiaí, na margem da estrada que leva a Iporanga. A jazida consiste de sistemas de veios encaixados em calcareo negro ou acinzentado e o minério primário é formado de galena argentífera e blenda, arsenopirita e pirita, calcopirita e rara pirrotita, ouro e antimônio, em ganga de quartzo, carbonatos e sericita. A zona de oxidação é rica e profunda, com cerca de 100 metros, e os minerais predominantes são o quartzo e limonita, carbonato e sulfato de chumbo, carbonato e silicato de zinco, óxidos de antimônio e arsênico todos envolvendo buchos de galena inalterada.

A estrutura da jazida compreende um veio camada a N 60 E e mergulho 50.º NW, e veios fortemente inclinados a E-W e N 120 E. Da intersecção destes dois últimos sistemas com o veio camada resultaram



enriquecimentos conhecidos por gruta Nova e gruta Velha, com galena predominante e extendendo-se abaixo e acima da veia camada. São verdadeiros "ore-shoots" de intersecção; a própria veia camada alcança 3 a 4 metros de possança nas vizinhanças da intersecção. Há outro sistema, conjugado do veio camada e anormalmente rico em minério secundário de zinco; fraturas conjugadas com fraca mineralização podem ser observadas em certas galerias que as acompanham com secção triangular. De modo geral ha empobrecimento dos veieiros quando se afasta das intersecções e o caráter lenticular da mineralização é muito acentuado. A paragenese é a seguinte:

Calcáreo encaixante	—————
Fraturamento	××××××
Quartzo (Silicificação)	—————
Carbonato e sericita	—————
Arsenopirita	—————
Pirita	—————
Ouro (?)	—————
Fraturamento	××××××
Carbonatos	—————
Pirrotita	—————
Calcopirita	—————
Blenda	—————
Galena	—————
Argentita?	—————
Estibinita?	—————

A extrutura da jazida não é simples e a pesquisa dos corpos ricos só poderá ser feita com sucesso pesquisando o veio camada por trabalhos subterrâneos, a partir dos trabalhos existentes e dos afloramentos, que se estendem por 1 quilometro. A pesquisa exclusiva por meio de sondagens não conduzirá a nenhum resultado aceitável para a reserva.

Os depósitos epitermais têm poucos representantes conhecidos no Brasil. Podemos citar as jazidas de cobre do Rio Grande do Sul, algumas delas formadas nitidamene a pequena profundidade e temperatura, e com tôdas as carateristicas de depósitos epitermais. Assim as jazidas do Seival, próximas da cidade de Lavras, em que veios de quartzo e barita, com calcopirita, ouro e calcocita dominantes, seccionam tufos andesiticos e lava aglomeratica. A extrutura breciforme dos veios e sua irregularidade, deposição coloforme de certos minerais, drusas abundantes e composição

mineralógica, associados à pequena profundidade de formação, permitem colocar a jazida no grupo epitermal, de Lindgren.

As jazidas estão relacionadas a vulcanismo andesítico, pre-gondwana, do qual Seival foi um dos centros mais ativos como atestam os tufos e lavas remanescentes. A mineralização ocupou fraturas no andesito pre-consolidado, nas lavas, ou disseminou-se nos tufos incoerentes. Os veios e zonas bem definidos foram pesquisados por furos de sonda, com espaçamento pequeno, provando-se uma reserva de mais de cem mil toneladas de minério com cerca de 3% de cobre.

As jazidas de Camaquã, Cerro dos Martins, Primavera e outras cujo minério é semelhante ao do Seival, talvez possam ser classificados como epitermais.

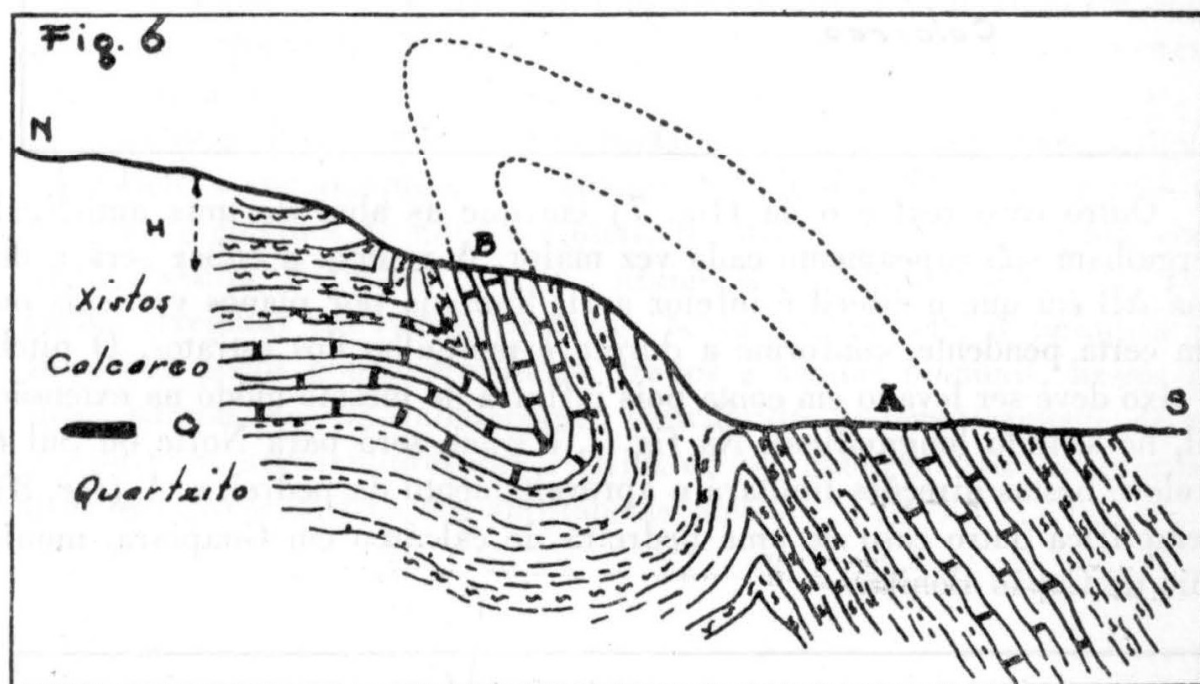
As jazidas de mercúrio e antimônio em Minas Gerais talvez pertencem a depósitos de baixa temperatura, porém faltam-nos elementos para uma classificação definitiva.

DEPÓSITOS SEDIMENTARES E RESIDUAIS:

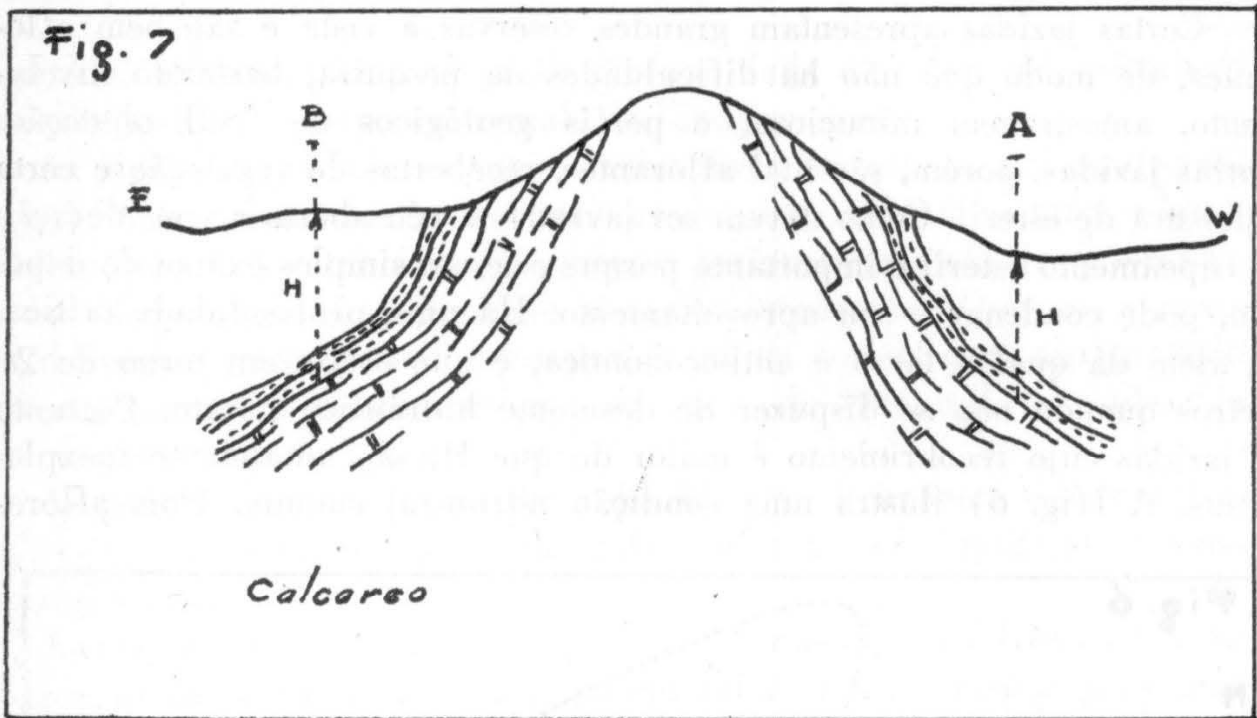
A estrutura destes depósitos, em geral, é mais simples do que as que vimos anteriormente. Pelas condições de formação a substância mineral pode estar uniformemente distribuída em grande extensão de modo a facilitar a pesquisa e cálculo da reserva. Entretanto, certos depósitos sedimentares podem ser soterrados e atingidos por fortes deformações da crosta, o que modifica a estrutura simples original conservando porém a uniformidade de distribuição da substância útil. Assim acontece com as jazidas de minério de ferro e manganês, calcários e quartzitos, carvão e outros minerais. Entre nós as jazidas sedimentares com grandes deformações pertencem quase todas ao pre-siluriano, devido a ausência de fortes movimentações da crosta desde aquela época até o terciário.

Tratando-se do estudo de jazidas sedimentares antigas, entre nós, atenção especial deve ser dedicada à estrutura. Exemplificaremos o assunto com algumas estruturas observadas em calcários do município de Capão Bonito, neste Estado. Atualmente há uma corrida para esta zona em busca de calcários apropriados para fabricação de cimento. Estes calcários são todos da série de Minas e, por isso mesmo, em certos locais são intensamente dobrados e falhados. O dobramento frequentemente tem tendência ao recobrimento, sendo possível a existência de dobras paralelas com repetição de horizontes; as pequenas ondulações nos flancos são comuns. A direção regional é N 60 a 90 E e mergulhos variáveis conforme o ponto da estrutura; o mergulho do eixo das dobras (pitch) e às vezes muito forte.

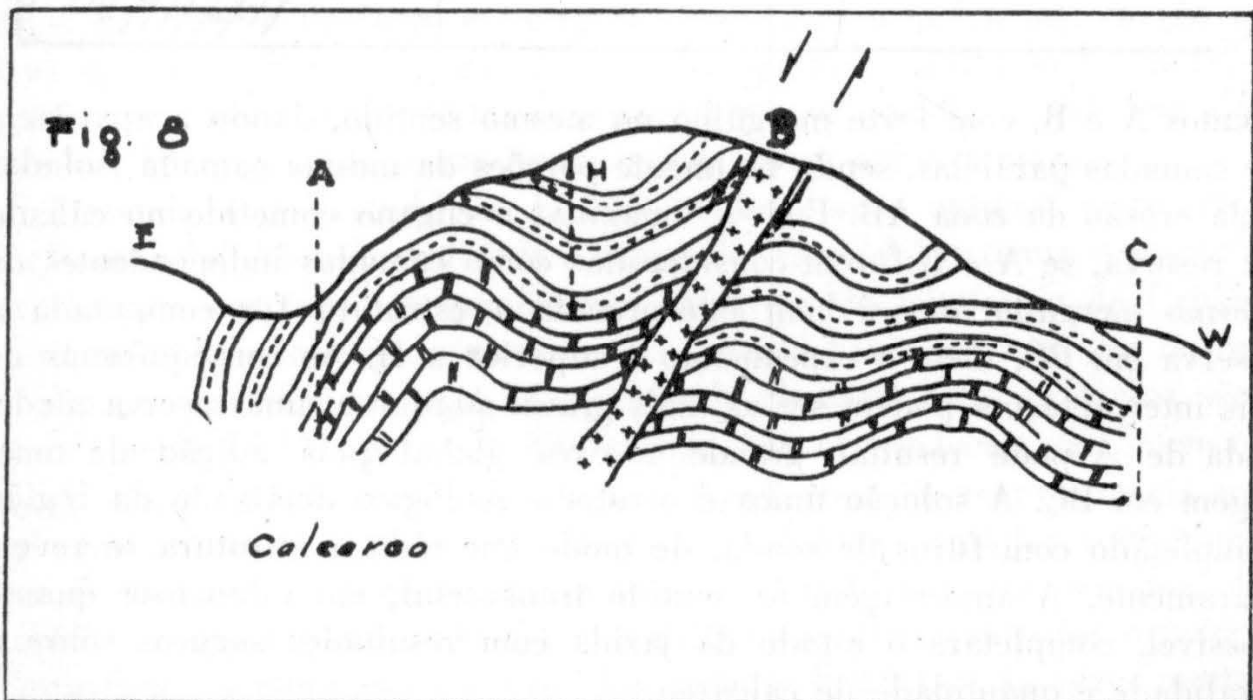
Certas jazidas apresentam grandes reservas à vista e são bem aflorantes, de modo que não ha dificuldades na pesquisa, bastando nivelamento, amostragem minuciosa, e perfís geológicos de facil obtenção. Outras jazidas, porém, são mal aflorantes, recobertas de vegetação e certa espessura de esteril. Como devem ser lavradas a céu aberto a consideração do capeamento esteril é importante porque este, ao simples exame do depósito, pode condenar o seu aproveitamento. Há uma profundidade crítica, H, além da qual a lavra é anti-económica, e que oscila em torno de 20 metros quando não se dispuzer de desmonte hidráulico barato. Portanto as jazidas cujo recobrimento é maior do que H, são atualmente inexploráveis. A (fig. 6) ilustra uma condição estrutural comum. Dois aflora-



mentos A e B, com forte mergulho no mesmo sentido, dando a aparência de camadas paralelas, sendo realmente porções da mesma camada isoladas pela erosão da zona AB. Pode-se imaginar o engano cometido no cálculo da reserva, se A e B forem consideradas como camadas independentes de mesmo mergulho ou, si bem interpretada a estrutura for computada a reserva em BC, onde o capeamento é superior a H. As consequências de tais interpretações podem ser as mais graves porque a uma reserva moderada de A pode resultar grande reserva global pela adição da tonelagem em BC. A solução única é o estudo geológico detalhado da região completado com furos de sonda, de modo que toda a estrutura se revele claramente. A amostragem no sentido transversal, tão minuciosa quanto possível, completará o estudo da jazida com resultados seguros sobre a qualidade e quantidade de calcáreo.



Outro caso real é o da (fig. 7) em que as abas de uma anticlinal mergulham sob capeamento cada vez maior. A reserva a cubar será a da zona AB em que o esteril é inferior a H, limitada por planos verticais ou com certa pendente, conforme a dureza e mergulho dos estratos. O pitch do eixo deve ser levado em conta pois influirá do mesmo modo na extensão útil, no sentido longitudinal. Na fig. 7, o pitch será para Norte ou Sul e o relevo nestas direções limitará o aproveitamento da pedra. A (fig. 8) exemplifica outro caso de uma pedra de calcáreo em Guapiara, município de Capão Bonito.



Um dique de diabasio B, de cerca de 1 metro de possança, atravessa um calcáreo em anticlinal complexo tendo ocasionado falhamento com forte rotação do bloco AB em relação a BC. Esta rotação é evidenciada pela diferença de pitch em AB e BC, sendo de 45.º para norte em AB e cerca de 45.º para sul em BC. Como o relevo cresce para o sul, caindo para o norte, os dois blocos devem ser considerados como pedreiras independentes, para o cálculo da reserva, admitindo-se que o falhamento não seja localizado a pequeno trecho do dique. As porções uteis de cada bloco, onde o esteril é inferior a H, crescem em sentidos opostos e assim devem ser consideradas no cálculo da reserva.

Os exemplos poderiam multiplicar-se, porém os casos citados dão idéia da importância do assunto, que deve merecer o máximo carinho por parte do engenheiro de minas, porque não raro esses estudos servem de base para a inversão de milhões de cruzeiros.

Os depósitos residuais, transportados ou não, estão quase sempre na superfície e sua pesquisa é relativamente simples. São constituídos pelos aluviões e eluviões de minerais uteis, resistentes ao intemperismo, como o ouro, cromita, diamante, argilas, areias e cascalhos, bauxita etc. e têm forma irregular em lentes, camadas, bolsas, canais etc. A pesquisa realiza-se por poços pouco profundos, trados e sondas manuais, hastes metálicas, bateias etc. Os trabalhos são distribuídos sistematicamente de modo a cobrir as áreas interessadas, afim de se obterem valores estatísticos médios representativos das substâncias uteis.

PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA EM MINAS GERAIS (1)

Amaro Lanari Junior (2)

1 — INTRODUÇÃO.

O objetivo dêste estudo é mostrar a situação da indústria siderúrgica mineira, antes e depois da guerra e sumarizar as providências que julgamos necessárias para afastar as graves ameaças que pesam sobre ela.

Acreditamos não ter fugido aos propósitos e finalidades da ABM, quando trouxemos para debate, nesta reunião, assuntos de caráter econômico mais geral como êste, pois que interessam os próprios fundamentos da nossa indústria.

Aqueles que estão familiarizados com os problemas da siderurgia em Minas, com certeza nada encontrarão de novo neste estudo. É necessário, porém, que êsses problemas sejam postos mais a nú, à vista do público e dos homens de responsabilidade. O conhecimento generalizado das necessidades prementes de uma indústria vital para Minas e para o Brasil deverá, só por si, apressar a consideração de algumas iniciativas mais urgentes.

O assunto dêste trabalho poderia levar-nos à apreciação de algumas questões muito complexas e difíceis. O desenvolvimento industrial se subordina a um conjunto de circunstâncias econômicas, financeiras e políticas que, nos tempos de hoje estão perturbadas pela instabilidade de fatores imprevisíveis.

Nêste ligeiro estudo fugiremos a consideração de probabilidade duvidosa. Apenas constataremos as transformações reais que os últimos anos trouxeram à siderurgia mineira. E acreditamos que o quadro da situação atual é bastante expressivo para demonstrar a evidencia das nossas conclusões.

(1) Trabalho Apresentado ao II Congresso Anual da A. B. M.

(2) Professor Interino de Metalurgia Geral e Siderurgia Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Diretor Técnico Siderúrgica Aliperti S.A., São Paulo.

2 — A PRODUÇÃO E O CONSUMO DO FERRO EM MINAS.

O desenvolvimento da indústria siderúrgica, em Minas, seguiu de perto o ritmo vagaroso do aumento do consumo nacional de ferro e das facilidades de transporte. A produção dos altos-fornos mineiros muitas vezes ultrapassava as necessidades nacionais de gusa e a Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira teve de aguardar, durante muitos anos, as facilidades de transporte ferroviário que permitissem a construção da usina de Monlevade.

Pouco a pouco as usinas foram aumentando a sua produção e procurando transformar o ferro gusa em produtos de preço unitário mais elevado. Enquanto uma levava sua produção até o laminado e trefilado, outra cingia-se à fabricação de peças fundidas. O excesso de gusa alimentava as fundições e aciarias de todo o Brasil.

Em 1945, os altos-fornos mineiros produziram 218 mil toneladas de gusa e as usinas, diminuindo os seus estoques, consumiram ou lançaram no mercado 232 mil toneladas, as quais se distribuíram do seguinte modo:

1) Permaneceram no Estado:	a) para fundições	34.000 ton
	b) para refino	98.000 ton
		132.000 ton
	Total	

Às 98.000 ton destinadas ao refino correspondem uma produção de 91.000 ton de laminados.

2) Foram exportadas:	a) para fundições	70.000 ton
	b) para refino	30.000 ton
		100.000 ton
	Total	

Portanto, 43% da produção de gusa, em Minas Gerais, se destina alimentar aciarias e fundições fóra do Estado.

Quanto à quantidade de gusa que permaneceu no Estado, devemos observar que:

- 1.º) Cêrca de 57% (20.000 ton) do gusa destinado às fundições corresponde à produção de tubos centrifugados que, praticamente em sua totalidade, são consumidos fóra do Estado.
- 2.º) Apenas 12% da produção de aço se destina ao consumo em Minas.

Considerando que a produção mineira de laminados foi de 91.000 ton em 1945, concluímos que o Estado consome, na realidade, cêrca de 25.000 ton de gusa e aço por ano, assim discriminadas:

Gusa para fundição	14.000 ton
Aço	11.000 ton
Total	25.000 ton

Encontramos, assim, uma taxa de consumo por habitante, inferior a 3,6 kg de ferro e aço por ano, já que a população do Estado excede os 7 milhões.

Ora, o Brasil inteiro consumiu, em 1945, 122.000 ton de gusa para fundição e 189.000 ton de laminados de produção nacional, ou sejam, 311.000 ton de gusa e aço. Mesmo considerando que uma pequena parte do gusa foi exportado, concluímos que a taxa de consumo do ferro nacional foi superior a 6 kg por habitante, durante aquele ano.

Há uma disparidade sensível entre esta taxa e a que corresponde ao consumo mineiro. Devemos interpretar esta anomalia como significando que Minas Gerais importa que uma grande quantidade de produtos acabados, manufaturados com o ferro produzido no próprio Estado.

Realmente, os dados que possuímos, do Departamento Estadual de Estatística de Minas Gerais, revelam as seguintes importações de produtos manufaturados de ferro e aço:

QUADRO I

<i>Ano</i>	<i>Procedência</i>	<i>Quantidade kg</i>	<i>Valor Cr.\$</i>
1943	E. do Rio de Janeiro	977,057	4.637.602,70
	São Paulo	6.412,488	66.601.920,20
1944	E. do Rio de Janeiro	1.368,382	15.332.687,80
	São Paulo	7.180,562	82.460.711,60

Não constam dêste quadro os dados referentes ao Distrito Federal, porque incluiriam forçosamente os produtos de importação do exterior. É razoável admitir, no entanto, que as importações mineiras provenientes do Distrito Federal devem aproximar-se das correspondentes a São Paulo. Devemos concluir, portanto, que Minas está importando de outros Estados cêrca de 15.000 ton anuais de produtos de ferro e aço, representando um valor de 170 milhões de cruzeiros.

Podemos, então, resumir a situação das indústrias de produção e transformação do ferro em Minas, durante o ano de 1945, do seguinte modo:

QUADRO II

P A R C E L A S	Toneladas/ano		Porcentagem	
	parcial	total	parcial	total
1) Ferro produzido e manufaturado em Minas:				
a) consumido no Estado	25.000		11,1%	
b) exportado (tubos)	20.000		8,9%	20%
Soma		45.000		
2) Ferro produzido em Minas e exportado:				
a) que retorna ao Estado já manufaturado	15.000		6,7%	
b) manufaturado e consumido fóra do Estado	165.000		73,3%	80%
Soma		180.000		
Produção total bruta		225.000		100%

Devemos esclarecer que essa produção total bruta corresponde a 134.000 ton de gusa e 91.000 ton de laminados.

Os algarismos acima foram obtidos das estatísticas do Setor de Produção Industrial, da Coordenação da Mobilização Econômica (Boletim N.º 3 e informações particulares).

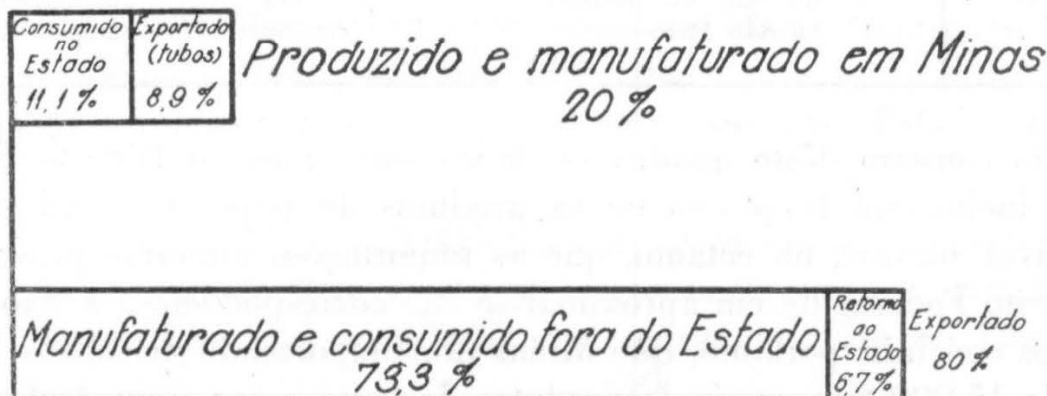


Fig. 1 — Distribuição da produção do ferro em Minas.

ton de gusa, ou sejam, 10% do preço do produto. O salário médio era de mais ou menos Cr.\$ 0,90 por hora e avaliamos "grosso modo" em 80 homens-hora a mão de obra total sobre uma tonelada de gusa, incluída a obtenção de todas as matérias primas.

Essa avaliação, que não apresenta um caso específico porém procura refletir condições médias, seria assim discriminada:

fabricação do carvão vegetal	50 a 55	homens-hora	
extração do minério e fundente	3 a 5	"	"
transporte das matérias primas a margem da linha	3 a 7	"	"
fabricação do gusa	15 a 20	"	"
	<hr/>		
Total	71 a 87	"	"

Tomando-se 80 homens hora por tonelada, teríamos $80 \times 0,90 =$ Cr.\$ 72,00 por tonelada de gusa.

O custo do transporte do gusa a uma distância padrão de 675 kms era de Cr.\$ 49,95 por ton, o que correspondia a 13,1% do preço fob-usina. Assim, os fretes totais sobre a tonelada de gusa representavam 20,4, do preço do gusa em seu destino, ou 23% do preço fob-usina. É interessante observar que, segundo A. G. Mc Kee e Co., o custo de reunião das matérias primas nas usinas americanas, em 1934, variava de Cr.\$ 56,79 em Birmingham e Cr.\$ 133,02 em Pittsburgh a Cr.\$ 146,38 em Ashland. Estes custos representariam 20,4%, 37,2% e 41% do preço fob respectivo.

O custo do transporte do gusa a uma distância de 675 kms que era, em 1944, de Cr.\$ 88,80 deveria ser, naquela época, algo inferior. Quanto ao aproveitamento da mão de obra, não deixa de ser interessante compará-lo também com os padrões americanos. Segundo a "Monthly Labor Review" de maio de 1945, pg. 1158, o total de homens-hora por tonelada de gusa seria:

mineração	4,4
transporte	4,1
fabricação de coque	1,2
fabricação do gusa	2,3
	<hr/>
Total	12,0

Si tomarmos como salário médio o correspondente aos operários de altos-fornos naquela época o qual era de 0,587 dolares ou Cr.\$ 11,74, por hora teríamos:

$$11,74 \times 12 = 140,88 \text{ Crs por ton de gusa}$$

Vemos, por êsses dados, que a nossa fabricação de gusa empregava 7 vêzes mais mão de obra que a indústria americana. Entretanto, o custo total dessa mão de obra, por tonelada de gusa, era aqui sensivelmente a metade.

Vejamos agora qual era a influência relativa que os fretes da Central do Brasil exerciam sôbre a localização dos altos-fornos.

Para estabelecer essa comparação, consideramos um alto forno hipotético, situado em Minas, a 500 kms do Rio de Janeiro e, portanto, a 781 kms de São Paulo, sôbre a jazida de minério de ferro.

Nos quadros III e IV resumiremos os fretes que, em 1939, pesariam sôbre uma tonelada de gusa posta nas mãos do consumidor, no Rio e em São Paulo, em diferentes hipóteses sôbre o ponto de localização do alto-forno. Consideramos, naturalmente, apenas os fretes que interessam para a comparação das localizações, isto é, os do minério e os do gusa.

Verificamos que o forno mineiro, situado junto da jazida, levava manifesta vantagem sôbre fornos localizados em Barra Mansa ou sôbre situações hipotéticas como Rio e São Paulo. De um modo geral, o forno localizado junto ao centro de consumo ao qual servisse colocava o gusa, nêsse centro de consumo, gravado de fretes de minério e gusa sensivelmente duplos dos que correspondiam ao forno mineiro.

Êste fato se devia ao baixo valor da relação frete de 1 ton de gusa, sôbre frete de 1 ton de minério que era praticamente igual a 1.

O forno situado em Minas gozava, então, de uma vantagem de 10% no preço do gusa, em relação a fornos situados próximo ao centro de consumo, em Barra Mansa, por exemplo.

Apesar disso, novos fornos se montaram e se modernisaram fornos existentes, em Barra Mansa, naquela época.

b) *Quadro das condições posteriores à guerra.*

Durante os seis anos de guerra, as transformações no panorama que descrevemos foram profundas.

Assim, os fretes de reunião das matérias primas aumentavam oito vêzes, passando, em 1945 a ser da ordem de Cr.\$ 340,00. Êstes fretes que, em 1939, representavam 10% do preço do gusa fob-usina, atingem agora cêrca de 35%, apesar do aumento de 158% no preço do gusa sôbre vagão, o qual passou a Cr.\$ 980,00 por tonelada.

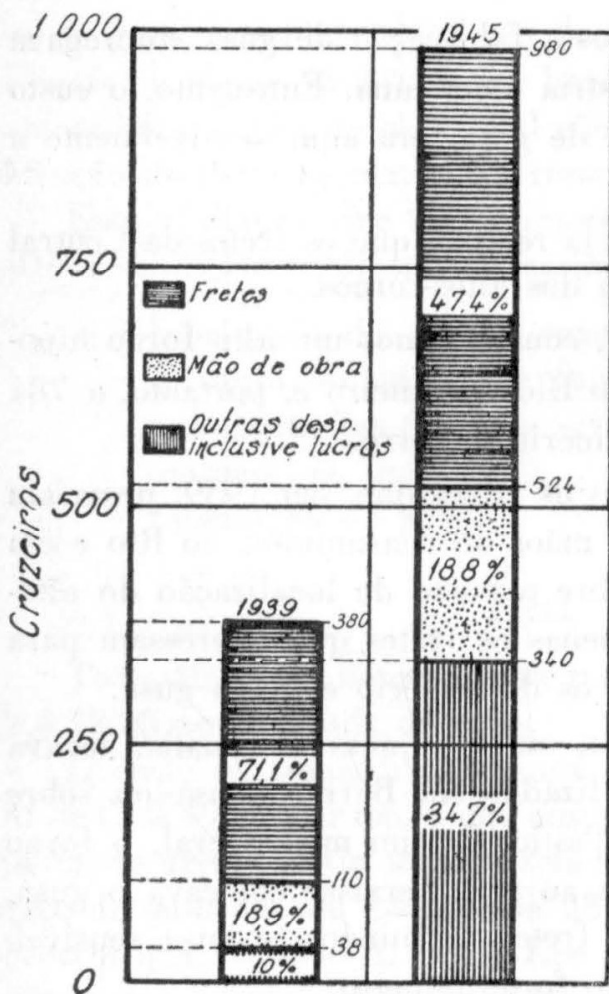


Fig. 2 — Composição de preço de 1 ton. de gusa em Minas Gerais em 1939 e 1945

O transporte do gusa a uma distância de 675 Km custa agora Cr.\$ 255,00 o que representa um aumento de 410% e corresponde a 26% do preço fob-usina. Vemos, assim, que, para produzir uma tonelada de gusa e transportá-la a essa distância, uma indústria siderúrgica paga, apenas de frete Cr.\$ 595,00. Isto representa 48% do preço do gusa em seu destino, ou 61% do preço fob-usina.

O custo da mão de obra aumentou, uma vez e meia, visto que o salário médio é agora da ordem de Cr.\$ 2,30 por hora, tendendo para mais. Dêste modo, o custo total da mão de obra, por tonelada de gusa, seria de $80 \times 2,30 = 184,00$ cruzeiros.

Secompararmos os preços do gusa no Brasil com os preços americanos, verificamos que o nosso produto, posto na usina, está agora 31,2% mais caro que

o próprio gusa americano a carvão de madeira, posto em Chicago. Assim, em dezembro último, tínhamos: (Iron Age).

Gusa americano de moldagem, a coque	523,30	Cr/ton. m.
" " a carvão vegetal	860,50	" " "
" nacional fob usina	980,00	" " "

Vejam agora qual o resultado dessas extraordinárias transformações sobre a localização dos altos-fornos, relativamente aos mercados consumidores do Rio e São Paulo.

Os quadros III e IV resumem os fretes de gusa e minério que, em fins do ano passado, pesavam sobre a tonelada de gusa posta nas mãos do consumidor, no Rio e em São Paulo.

O forno mineiro hipotético, localizado sobre a jazida, perdeu a vantagem de 10% sobre os fornos de Barra Mansa e Mogy, em relação aos mercados do Rio e São Paulo, respectivamente. O quadro III mostra

que é agora indiferente produzir o gusa em Minas ou em Barra Mansa, pois que o consumidor carioca pagará Cr.\$ 228,00 de frete, em ambos os casos. É que a relação frete do gusa/frete do minério, que era 1,02 em 1939, passou a 3,29 em 1945.

Tomando-se São Paulo como mercado, a diferença ainda é maior, como mostra o quadro IV. A relação de fretes, que era 1,04 em 1939, passou a ser 3,87 em 1945. Desta maneira o forno de Mogi das Cruzes tem a seu favor Cr.\$ 114,10 por tonelada de gusa, sôbre o forno mineiro hipotético. Essa vantagem atinge Cr.\$ 201,70 sôbre os fornos da Usina Gorceix, em benefício de fornos localizados em São Paulo.

4 — RECAPITULAÇÃO.

Resumindo os fatos enumerados precedentemente, podemos dizer que:

1.º) A indústria siderúrgica mineira não é amparada, no Estado, por uma indústria de transformação suficientemente desenvolvida.

2.º) Em consequência, a indústria siderúrgica Mineira é obrigada a exportar 80% do seu ferro em bruto, colocando-se, assim, na dependência vital dos centros manufatureiros do Rio e São Paulo.

As modificações radicaes dos últimos 6 anos agravaram extraordinariamente esta situação porque;

3.º) A mão de obra sôbre a tonelada de gusa, em tése, passou de Cr.\$ 72,00 a Cr.\$ 184,00.

4.º) Os fretes ferroviários, sôbre a tonelada de gusa produzida em Minas e transportada à distância padrão que consideramos, aumentaram de Cr.\$ 98,00 para Cr.\$ 595,00.

5.º) A relação frete do gusa/frete do minério se modificou em prejuizo de Minas Gerais, passando, de 1,04, em 1939, para 3,87 em 1945 e tornando, só por si, mais vantajosa a produção do gusa fóra do Estado.

5 — PERSPECTIVAS DA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA EM MINAS GERAIS.

Da análise que fizemos das condições da siderurgia mineira, deduzimos que ela se encontra hoje a braços com dificuldades de três ordens:

RIO COMO MERCADO

QUADRO N.º III

LOCALIZAÇÃO DO ALTO-FORNO	DISTÂNCIA FORNO-RIO KM	DISTÂNCIA JAZIDA-FORNO KM	FRETES EM CRUZEIROS					
			EM 1939			EM 1945		
			1.730 KG MINÉRIO	1 TON. GUSA	TOTAL	1.730 KG MINÉRIO	1 TON. GUSA	TOTAL
Rio	0	500	67,30	0,00	67,30	119,90	0,00	119,90
Jazida	500	0	0,00	39,90	39,90	0,00	228,00	228,00
Barra-Mansa	154	430	61,10	17,50	78,90	119,90	109,00	228,90
Lafayette	463	37	8,40	37,90	46,30	49,90	222,00	271,90
Três Rios	196	362	47,00	20,90	67,90	115,00	146,00	253,00
Siderúrgica	587	50	11,30	47,00	58,30	58,20	244,00	302,20
José Brandão	604	30	6,80	48,20	55,00	41,00	247,00	288,60
Monlevade	717	0	0,00	51,60	51,60	0,00	262,00	252,00
Mogí das Cruzes	450	732	85,00	37,10	122,10	119,90	219,00	338,90
São Paulo	499	781	88,00	39,90	127,90	119,90	228,00	347,90

Para 500 km de transporte : frete de 1 ton. de gusa = 39,90 = 1,03 — em 1959

frete de 1 ton. de minério 67,50

1.730
= 228,00 = 3,29 — em 1945

119,90
1.730

SÃO PAULO COMO MERCADO

QUADRO N.º IV

LOCALIZAÇÃO DO ALTO-FORNO	DISTÂNCIA FORNO-SÃO PAULO KM	DISTÂNCIA JAZIDA-FORNO KM	FRETES EM CRUZEIROS					
			EM 1939			EM 1945		
			1.730 KG MINÉRIO	1 TON. GUSA	TOTAL	1.730 KG MINÉRIO	1 TON. GUSA	TOTAL
São Paulo	0	781	88,00	0,00	88,00	119,90	0,00	119,90
Jazida	781	0	0,00	51,90	51,90	0,00	268,00	268,00
Mogy das Cruzes	49	732	85,00	7,40	92,40	119,90	34,00	153,90
Lafayette	744	37	8,40	50,00	59,00	50,00	263,00	313,00
Barra-Mansa	345	436	61,10	30,90	92,00	119,90	199,00	318,90
Três Rios	479	302	47,00	38,80	85,80	113,00	224,00	337,00
Siderúrgica	868	50	11,30	56,50	67,80	58,20	279,00	337,20
José Brandão	885	30	6,80	56,90	63,70	41,60	280,00	321,60
Monlevade	998	0	0,00	59,40	59,40	0,00	290,00	290,00
Rio	499	500	67,30	39,90	107,20	119,90	228,00	347,90

Para 781 km de transporte : frete de 1 ton. de gusa = 51,90 = 1,02 — em 1939

frete de 1 ton. de minério

88,00

1.730

= 268,00 = 3,87 — em 1945

119,90

1.730

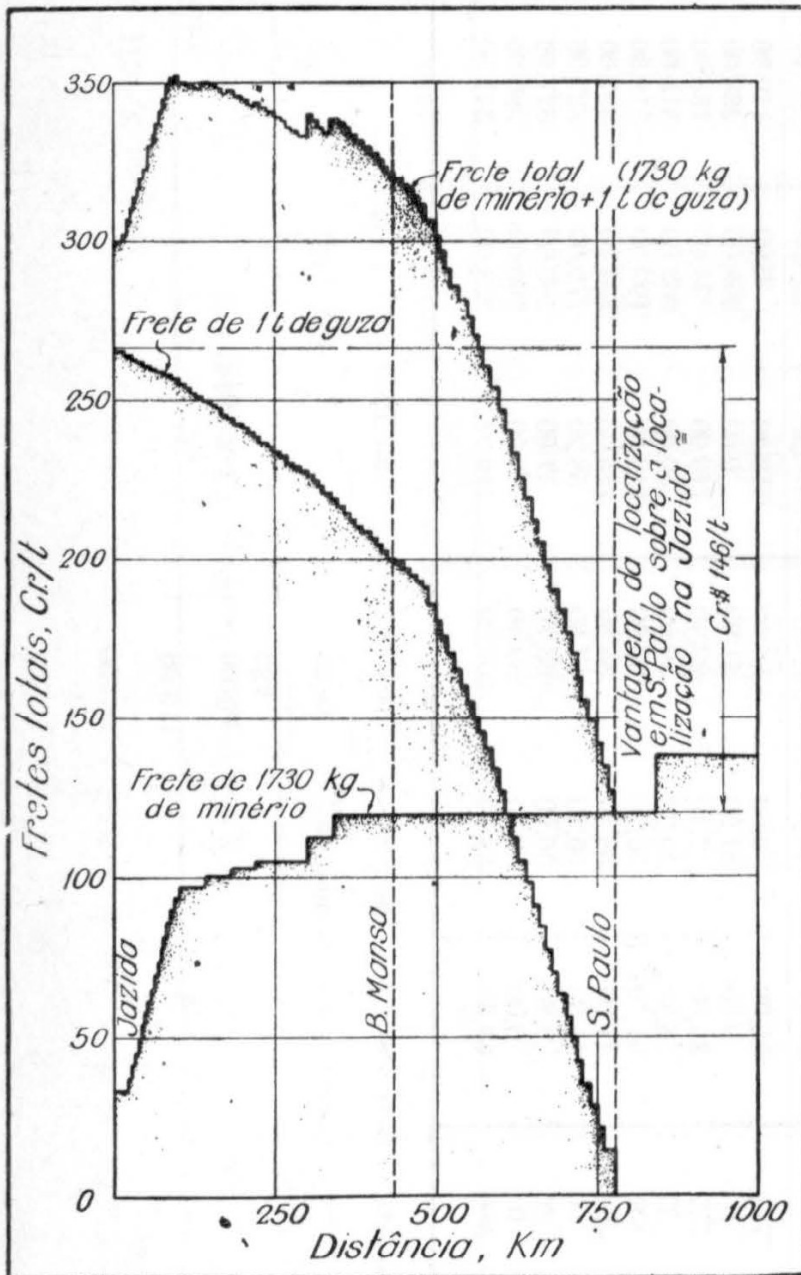


Fig. 3

tonelada de gusa, em virtude do baixo rendimento do homem-hora. Realmente, a influência dos salários no custo da produção é grande porque a mecanização do trabalho é pequena, os fornos de capacidade reduzida e o carvão de madeira um combustível cuja fabricação requer sempre elevada mão de obra.

O problema do aumento de eficiência da mão de obra por meio da mecanização, o aumento da produção em quantidade e valor, etc. é assunto que somente comporta soluções particulares, para cada caso particular.

De um modo geral, porém, parece que a redução do pessoal pôde ser encarada em tôdas as fases da produção. Como e até onde fazê-lo, o

1.^a) Relativas ao aumento do custo da mão de obra.

2.^a) Relativas ao aumento dos fretes ferroviários.

3.^a) Relativas à exiguidade do mercado consumidor do Estado, o que coloca a indústria na dependência de mercados cada vez mais esquivos e tarifariamente mais distantes.

Essas dificuldades tem de ser vencidas e, sobre isso, queremos agora fazer ligeiras considerações.

1.^o) *O aumento do custo da mão de obra.*

Vimos que o custo da mão de obra, em Minas, quase triplicou nos últimos 6 anos. Aliás, a tendência continua ainda para a alta. Esse aumento se traduz num encarecimento de mais ou menos Cr.\$ 112,00 na

bom senso e a competência dos metalurgistas mineiros decidirão, em cada caso.

Providências mais gerais, no entanto, podem exercer influência indireta no sentido de um rendimento maior do homem-hora. Assim, por exemplo, o melhor aproveitamento das matérias primas.

Já vimos que uns 70% da mão de obra que pesa na tonelada de gusa corresponde à produção do carvão de madeira. Toda economia de carvão na marcha dos fornos reduzirá, portanto, de maneira sensível essa parcela. Além disso, é claro que economia direta muito maior porque dados os fretes enormes, o custo do carvão chega a representar metade do preço do gusa.

Na última reunião da ABM foram apresentadas as conclusões do estudo do Eng.º Cassio Lanari sobre observações de 7 anos de marcha dos altos-fornos de Monlevade. Pudemos verificar que a economia que resultará de um controle adequado da humidade nas cargas dos altos-fornos é extraordinária. Nos fornos de Monlevade a produção cai em 20%, em média, durante os seis meses umidos do ano. Nas outras usinas mineiras, com fornos de capacidade muito menor, essa porcentagem será, com certeza, mais elevada.

Em média anual, o consumo das principais matérias primas nos altos-fornos brasileiros é o seguinte:

Matéria prima	Gusa de refino	Gusa de moldagem	Média ponderal
Calcáreo	4,1 m ³ /ton	4,8 m ³ /ton	4,8 m ³ /ton
Carvão vegetal	1740 kg/ton	1715 kg/ton	1730 kg/ton
Minério	120 kg/ton	155 kg/ton	136 kg/ton

Vemos que, realmente, o consumo de combustível é muito elevado. O estudo referido analisa as providências que podem ser postas em prática para a redução desse consumo e melhor aproveitamento de todo o leito de fusão.

2.º) O aumento dos fretes ferroviários.

O transporte das matérias primas aos fornos compreende duas fases: a primeira consiste em trazer os materiais até a margem da linha e a segunda no seu transporte ferroviário até a usina.

Na primeira fase, os transportes rodoviários se fazem geralmente em distâncias moderadas. Segundo um levantamento feito em 1944 pelo Eng.º

Paulo Bohomoletz, do Setôr da Produção Industrial, essas distâncias eram, em média, para tôdas as usinas mineiras.

Carvão	32,4 Km
Minério	4,1 "
Outras matérias primas ..	9,0 "
Média ponderal	14,1 "

Quanto à distâncias a percorrer em estrada de ferro, variam entre limites bastante largos. O transporte de carvão, porém, raramente ultrapassa os 120 kms e o minério de ferro excepcionalmente vae além dos 50 kms.

Sabemos que o aumento dos fretes sôbre matérias primas e produtos siderúrgicos, durante os anos de guerra, foi incrível, principalmente para o carvão. Não insistiremos mais sôbre o absurdo dêsses fretes para o qual, em outra oportunidade, já foi chamada a atenção da ABM. Queremos ressaltar apenas uma face da questão, à qual já nos referimos e que interessa particularmente à siderurgia mineira. Referimo-nos ao aumento extraordinário da relação frete do gusa/frete do minério, cujo valor atual parece ser único no mundo e que tende a eliminar o gusa mineiro dos mercados do Rio e de São Paulo.

Devemos observar, entretanto, que um frete muito baixo para o gusa não é desejável, do ponto de vista da economia mineira, sobretudo se há forte diferença entre êsse frete e o dos produtos manufaturados. Já vimos, pelos quadros III e IV, que o frete da tonelada de gusa era, em 1939, sensivelmente igual ao da tonelada de minério e aliás muito baixos ambos êsses fretes. Parece que essas duas circunstâncias: — fretes de gusa muito baratos e relação frete de gusa/frete de minério demasiadamente baixa — têm a sua parcela de culpa no pequeno desenvolvimento industrial do Estado.

Um frete de gusa razoavelmente elevado encorajará o desenvolvimento das indústrias de transformações em Minas, permitindo que a concorrência entre as várias regiões industriais do Brasil se realize onde ela é de fato útil e desejável, isto é, em produtos manufaturados.

De qualquer modo, os fretes relativos das matérias primas e dos produtos siderúrgicos, brutos e manufaturados, não podem ser deixados ao arbitrio de pessoas geralmente ignorantes dos problemas econômicos da indústria.

Nesta questão temos um ponto de partida que é o frete do minério de ferro. Sujeito aos mercados internacionais, o minério de ferro deve ter um frete que permita sua exportação, de modo que, fixado êste, os fretes

dos outros produtos siderúrgicos a ele se subordinarão, tendo em vista os interesses nacionais.

Com êste critério, é imprescindível que o Estado de Minas exerça uma interferência ativa nesta questão dos fretes da Central, salvaguardando os interesses da sua economia. Do ponto de vista nacional, é claro que Minas Gerais, tanto quanto o Rio e São Paulo, póde e deve transformar-se num grande centro manufatureiro.

3.º) *A falta de um mercado consumidor.*

Verificamos que a indústria mineira beneficia ou consome apenas 20% da sua produção siderúrgica. Os restantes 80% são e exportados, sendo que 6,7% ainda retornam ao Estado, já manufaturados, a um valor 10 a 15 vezes superior.

A fisionomia econômica do Estado tem, porisso, um característico aspecto colonial. Minas produz e exporta a matéria prima. Outros compram essa matéria prima e a transformam em produtos manufaturados, aumentando pelo menos 10 vezes o seu valor e retirando, portanto, o benefício maior.

Esta é a grave debilidade da economia mineira, em geral, e de sua indústria siderúrgica, em particular.

Em todo o mundo, a localização da indústria siderúrgica básica é governada preponderantemente pelo custo de reunião das matérias primas. A localização das indústrias de transformação, embóra influenciada pela importância dos mercados de consumo procura sempre que possível, uma situação favorável relativamente à indústria básica.

Isto não impede, é claro, que, influenciados por êsses mercados e pelas facilidades de consumo locais, os centros produtores de ferro possam procurar uma situação variável entre as fontes de minério e de combustível. Assim é que, nos Estados Unidos, por exemplo, os vários distritos produtores, que consomem preponderantemente os minérios do Lago Superior, tinham, em 1934- um custo de reunião das matérias primas variável de Cr.\$ 124,68 em Buffalo a Cr.\$ 146,38 em Ashland por tonelada de gusa. Simultaneamente, os fornos da região de Birmingham, situados junto do minério e do carvão, tinham um custo de apenas Cr.\$ 56,79 por tonelada de gusa.

O que desejamos salientar, entretanto, é que, si a siderúrgia mineira goza a vantagem de obter o menor custo de reunião das matérias primas, com maior força de razão pode tornar-se um grande centro manufatureiro.

Nas condições atuais, julgamos mesmo que o problema da indústria mineira não é, de modo nenhum, aumentar o número de seus altos-fornos.

Isto é relativamente secundário porque, agora, o que mais importa é defender a indústria já existente.

A siderurgia já está sentindo a fraqueza do mercado consumidor local. Acreditamos que ampliar êsse mercado é hoje uma necessidade inadiável para Minas.

Ao lado das providências indicadas nos dois itens precedentes deste capítulo, a defesa da indústria atual se fará, sobretudo, com a sólida base de uma indústria de transformação crescente. Então, poderá a siderurgia mineira adquirir novas forças para prosseguir em seu desenvolvimento. Caso contrário, veremos intensificar-se o movimento que hoje presenciemos, isto é, a migração da indústria siderúrgica para fóra do Estado.

Cabe aqui perguntar quais as providências que permitirão transformar Minas Gerais num grande centro manufatureiro, pelo desenvolvimento do consumo local do ferro.

A primeira é sem dúvida, crear em Minas uma disponibilidade de energia elétrica praticamente ilimitada. Esta é, evidentemente, uma condição "sine qua non".

Uma outra providência, que julgamos absolutamente necessária e de largo alcance, será o financiamento industrial favoráveis, tendo em vista sobretudo as indústrias mesmo pequenas, que se disponham a consumir o ferro.

Uma terceira providência, igualmente importante, será a de esclarecer devidamente os espíritos sôbre as inestimáveis vantagens, o progresso e a riqueza que só a indústria póde dar a um povo, de modo a que se desenvolva em Minas um ambiente de compreensão e estímulo a iniciativa individual.

6 — CONCLUSÕES.

Resumindo as conclusões dêste trabalho, devidamente esclarecidas no capítulo precedente, diremos que;

1.º) É indispensável que a indústria siderúrgica mineira procure um maior rendimento do homem-hora.

2.º) O Estado de Minas deve exercer uma interferência efetiva e uma vigilância enérgica sôbre o sistema tarifário da Central do Brasil, que hoje está asfixiando a economia mineira, visando sobretudo os fretes das matérias primas e produtos siderúrgicos.

3.º) É urgente e inadiável, para a própria sobrevivência da indústria siderúrgica existente em Minas, o aumento do consumo local de ferro pelo amplo desenvolvimento industrial do Estado.

A S I L I C A

Robert Ledue (1)

Entre os dois elementos que formam a silica, silicio e oxigenio, produzem-se fenômenos e reações devidas às formas polimorfas da silica e seus estados de agregação, que seguem a regra das fases. Estes fenômenos e reações são ligados por relações existentes entre a densidade ou volume especifico, energia e entropia. As relações da massa são funções da energia mecanica; as da carga elétrica funções da energia electromagnética e enfim as relações de entropia são funções da energia termodinamica.

A silica é formada de 46,72% de silicio e 53,28% de oxigenio. Ela existe sob formas polimorfas, havendo portanto isotopos que convem lembrar, são elementos de mesmas propriedades químicas mas de pesos atomicos diferentes. Há incertezas quanto à determinação do peso atomico do silicio que varia entre 28.40 e 28.06, conforme se deduz do SiCl_4 ou SiBr_4

Os isotopos do silicio são:

Si 28

Si 29

Si 30

e o silicio da silica é uma mistura destes três isotopos. Na natureza eles são encontrados na silica terrestre e na dos meteoritos. O Si30 foi descoberto por estudos do fluorureto de silicio e o Si28 foi encontrado fazendo-se experiências sobre um composto de silicio e fluorureto de zirconio. Os isotopos da silica e sua composição podem ser resumido no quadro abaixo (2).

	Si_{28}O_2	Si_{29}O_2	Si_{30}O_2
Si	46.667	47.541	48.387
O	53.333	52.459	51.613

(1) Ledue, Robert. Antigo diretor técnico da Sociedade de Produtos Refratários de Longwy. Ex. professor de tecnologia ceramica na Escola de Engenheiros de Marselha.

(2) Sosman The properties of silica. The chemical catalog — N. Y.

As ciências, a medida que se desenvolvem, reduzem cada vez mais o número de substâncias das quais outras se originam. A física e química encontraram cerca de 90 elementos porém a radio-atividade reduziu o número de elementos independentes a dois: o ion positivo e o ion negativo. As leis que os regem são funções de causas químicas e termodinâmicas. Os fatores que intervêm são o comprimento... o intervalo do tempo, a massa, a carga elétrica, a entropia. Pode-se fazer 57 combinações.

A silica pode ser considerada como formada de átomos, constituídos de um nucleo e de electrons planetários. Os nucleos consistem de protons carregados de electricidade positiva e de electrons nucleares. A massa do átomo reside nos nucleos, sendo desprezível a massa dos electrons planetários. A carga positiva dos nucleos é igual a diferença entre o número de protons P e o número de electrons nucleares E , exprimindo-a por $P - E$ o peso atomico da silica. As propriedades da silica dependem da variável $P-E$. As propriedades químicas dependem essencialmente do número de electrons planetários externos, inferior a 8. Representa-se graficamente esta função de $P-E$ medindo-se radialmente o número atomico e angularmente o período químico. Obtem-se uma espiral. Todo ponto sobre esta curva representará um valor de $P-E$; os isotopos representam-se por meio de perpendiculares ao plano do diagrama, obtendo-se uma curva helicoidal.

Há diversas teorias sobre a constituição dos atomos de Si e O. Estes atomos compõem-se de um grupo nuclear e um grupo não nuclear de electrons planetários. Como há 3 espécies de silicio resulta haver três associações nucleares. O nucleo mais abundante tem massa 28, contendo 28 protons e 14 electrons nucleares. O menos abundante é o de massa 29, com 29 protons e 15 electrons nucleares, seu peso atomico sendo $29 - 15 = 14$. Enfim o terceiro tem massa 30. Contem 30 protons e 16 electrons nucleares e seu peso atomico é também 14.

O oxigênio tem massa 16, seu nuclear contem 16 protons e 8 electrons nucleares, seu peso atomico sendo $16 - 8 = 8$.

Os químicos supõem que os electrons externos mantêm-se em posições fixas relativas. Podem girar em torno de seu eixo, oscilar em torno de uma mesma posição, mas não podem mover-se segundo uma orbita em torno dos nucleares, como a terra em torno do sol.

Os físicos estabeleceram a lei das repulsões. Bohr estabeleceu a teoria do movimento de revolução do electron enunciando os seguintes princípios:

— Para cada atomo ou sistema atomico existe um estado estacionário para o qual o atomo existe sem energia radiante.

— A energia radiante tem frequência definida por:

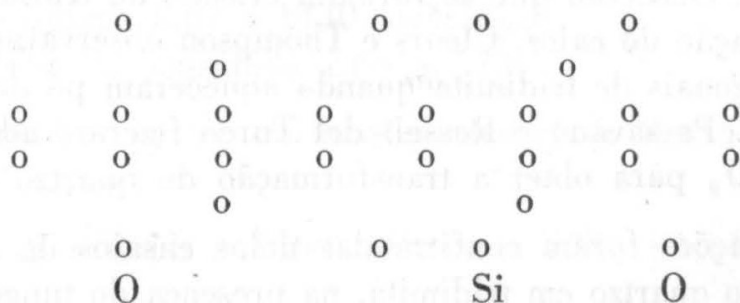
$$F = \frac{G}{h}$$

em que F é a frequência, G a carga em energia, h a constante universal de Plank.

O estado mais estavel do atomo é caraterizado pela orbita eliptica ou circular dos electrons não nucleares. Cada orbita é caraterizada pelo número que define a dimensão da orbita e dois números secundários definindo sua situação e suas relações com as outras orbitas.

Dizemos habitualmente que a afinidade química do silicio pelo oxigênio produz uma combinação. Esta se explica pelo estudo dos electrons não nucleares, grupados no exterior. O elemento inerte que segue o oxigênio é o neonio, com P-E = 10, e o elemento inerte após o silicio é o argonio, com P-E = 18. Suponhamos que o primeiro tem 8 electrons reunidos e 1 isolado, o segundo contendo senão 7. Para se combinarem, o electron superficial do primeiro atomo é transferido para o segundo de modo a completar o grupo de 8 se dois atomos tem 7 electrons cada um, eles formarão uma combinação na qual a porção interior de cada atomo seja envolvida de 8 electrons. A molecula composta é formada pela reunião dos dois.

Retornemos à silica. O Si que a compõe possui 14 electrons planetários. Um par está no interior, próximo ao nucleo; 4 pares de electrons acham-se no exterior e lateralmente há um par de electron. O oxigênio contém 8 electrons não nucleares, dois deles formando um par no interior e os restantes no exterior. Para comportar 8 electrons no exterior, o oxigênio deve adquirir 2. Obtem-se a representação seguinte:



Os electrons giram em torno do nucleo segundo orbita circular ou eliptica. Cada atomo, excepto o do hidrogênio contém na vizinhança de seu nucleo dois electrons planetários que se movem segundo certa orbita.

A teoria electronica lança novas luzes sobre o estado líquido e cristalino, em particular sobre este último, graças aos estudos por raios X.

A silica apresenta-se sob as oito modificações seguintes:

- 1.º — *Quartzo inferior* — estável desde a temperatura atmosférica até 573.º.
- 2.º — *Quartzo superior* — estável desde 573º a 870º. Instável acima.
- 3.º — *Tridimita inferior* — pode existir à temperatura atmosférica até 117º, porém, não sob forma estável.
- 4.º — *Tridimita sub-superior* — pode existir a 163º; a forma estável vai de 870º a 1470°C. Instável acima. Funde-se a 1670º.
- 5.º — *Cristobalita inferior* — pode existir instável até 200º a 270º.
- 6.º — *Cristobalita superior* — Existe a partir de 200º a 270º, estável de 1470º a 1710º. Funde-se a 1710º.
- 7.º — *Silica vitrosa* ou *vidro de silica* — capaz de existir em volta de 1000º, onde começa a se cristalizar. Vidro instável líquido acima 1710º.
- 8.º — *Cripcristalina* ou *amorfa* — encontrada na natureza sob a forma de calcedonia ou opala.

Em presença do tungstato de sódio o quartzo submetido ao calor transforma-se em tridimita. Certos grãos de quartzo, como notou Fenner, conservam sua individualidade porém pouco a pouco são transformados em cristais de tridimita. Chrustschoff estudou a transformação de misturas quartzosas, constituídas de pesos iguais de granitos quartzíferos, gneisses, xistos e basaltos. Observou que se formam cristais de tridimita em cauda de peixe, sob a ação do calor. Cleurs e Thompson observaram a formação de cristais hexagonais de tridimita quando aqueceram pó de quartzo com cloreto de sódio. Passavano e Rosseli del Turco fizeram adições de CaO , Fe_2O_3 , P_2O_5 , WO_3 para obter a transformação do quartzo em tridimita.

Estas transformações foram confirmadas delos ensaios de Holmquist. A transformação do quartzo em tridimita, na presença do tungstato de sódio é lenta a 875º; apenas pequena proporção de quartzo é transformada em 24 horas áquela temperatura.

Ao contrário, ela é total, depois de um aquecimento durante 118 horas a 1000º ou no fim de 3 horas de aquecimento a 1300º.

As densidades da silica misturada com cloreto de sódio a 1000 ± 20 , são as seguintes:

0 horas	2,634	a	9,2
25 horas 1/4	2,317	a	19,5
51 " 1/4	2,285	a	14,1
79 " 1/2	2,284	a	19,5

A transformação do quartzo em cristobalita efetua-se segundo o estado de divisão da matéria prima e a temperatura. A transformação começa ligeiramente a 900°, é apreciável a 1000° e quase total a 1470°, completa a 1600°. Diversos pesquisadores obtiveram os resultados seguintes:

<i>Tempo de aquecimento</i>	<i>Densidades</i>		
	1000° + 20°		1.030°
0 ^h	2.634	a 9,2	
25 ^h 1/4	2.623	a 14,4	
28 ^h 3/4	2.627	a 9,8	
129 ^h 1/4	2.623	a 13,7	
109 ^h			2.571°

Outros autores obtiveram os seguintes resultados:

Berdel — Aquecimento de	1000° a 1250°	densidade	2,63
" "	1200° a 1400°	"	2,59

Day e Shepherd — Transformação completa,	a 1160°, em 6 dias
" "	" 1200°, em 3 dias
Fenner . "	" 1250°, em 4 dias

Robson — com areia pulverizada de	
densidade 2,67 a 1430°	densidade 2,49
com rocha de densidade 2,66 a 1430°	2,49

Schwartz — com pó de quartzo, densidade 2,63 — a 1490° em 24 horas 2,53.

Hobworth e Cobb a 1500° obtiveram 85% transformação completa em 4 horas.

— a 1530° — 1535° transformação completa em tridimita em 2 horas.

Sob diversos fatores como fundentes, temperaturas etc. a cristobalita se transforma em tridimita. O quadro seguinte indica o grau de transformação conforme o número de fusões:

N.º de fusões	Temperaturas de fusão 1410°-1430°		
	Quartzo e silicato	Cristobalita	Tridimita
1	25 %	71 %	4 %
3	14	64	20
4	12	58	30
6	14	42	44
8	14	33	53
10	11	28	61

Como dissemos as transformações aceleram-se pela adição de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , BrO_3 , P_2O_5 , Obtemos as seguintes densidades.

	12 dias Temp. max. 1430°	15 dias Temp. max. 1490°
Quartzo	2,50	2,32
1,5 Fe_2O_3	2,48	2,32
1,5 P_2O_5	2,51	2,31
1,5 CaO	2,51	2,32
0,5 BrO_3	2,43	
1,2 B_3O	2,40	
1,5 B_2O_3	2,42	2,32

Vê-se que a densidade não variou quando a transformação estava completa a 1490°. O exame das laminas delgadas do material trabalhado permite determinar a intensidade da transformação em cada caso. A cristobalita em cristais finos é praticamente isotropa.

USOS E PROPRIEDADES DA SILICA

As aplicações da silica na indústria são multiplas. Suas características químicas e físicas são solicitadas, ora num, ora noutro caso. A areia quartzosa, os cascalhos, o quartzo britado são largamente utilizados nas argamassas e concreto, abrasivos e tijolos refrattários. Na fabricação do vidro utiliza-se areias puras ou quartzitos; a areia de Piolenc empregada na fabricação de garrafas tem a seguinte composição:

SiO_2	97.12%
Al_2O_3	1.06%
Fe_2O_3	0.28%
CaO	0.50%

Os quartzitos da região de Mogi das Cruzes e Alto da Serra, Estado de São Paulo, usados na fabricação de vidros diversos têm a seguinte composição:

Perda ao fogo	0.60%
Silica	99.25%
Al ₂ O ₃	0.10%
Fe ₂ O ₃	0.06%
CaO + K ₂ O	Traços

A calcedonia extraída em particular nas costas Inglesas e Francesas da Mancha (Cayeux) é utilizada por sua dureza. As agatas são aproveitadas como objetos de ornamentação, ou na fabricação de graals etc.

O cristal de rocha, de pegmatitos, abundantes no nordeste do Brasil, Minas Gerais, Goiás e na ilha de Madagascar é utilizado na fabricação de osciladores de rádio.

Em geral, para ser utilizada, a SiO₂ sofre preparação previa ou transformação. Pode ser britada em britadores de maxilas e moinhos de bolas.

É lavada quando contaminada de argila ou mica. Para facilitar a britagem costuma-se estronda-la passando-a, por exemplo, em forno rotativo ou fornos verticais carregados sucessivamente de coque e quartzo; ou então colocar o quartzo na sola de um forno a reverbero. A temperatura de aquecimento é de 900° a 1000°; os blocos quebram-se na temperatura de transformação do quartzo inferior para superior.

Nos trabalhos de mineração não é rara a silicose, devido à laceração dos tecidos pulmonares pela poeira do quartzo.

A silica vitrosa existe transparente e opaca. Para preparar a silica vitrosa opaca envolve-se numa resistência de grafita ou carvão em molde de areia. A temperatura eleva-se rapidamente e a porção da silica fina vizinha da resistência toma a forma do molde, ordinariamente cilíndrica. A areia não fundida é retirada e o molde sujeito a uma prensa que lhe dará a forma definitiva. Na França a fabricação se faz em Moret les Sablons e Argentiére la Bessée.

A silica vitrosa transparente obtem-se de cristais de quartzo escolhido. Funde-se num forno a resistência e comprime-se mecanicamente ou sob pressão gaseosa. As primeiras peças de silica vitrosa foram preparadas por Gaudin em 1839 e por Gauthier em 1869. Se ela contem impurezas (TiO₂ — ZrO₂) ela se desvitrifica mais depressa do que a silica pura.

As seguintes características indicam o uso da sílica nos produtos refratários: temperatura de fusão elevada — boa resistência mecânica — alta resistência à compressão a quente — dureza abrasiva — baixa conductibilidade calorífica — baixa conductibilidade elétrica. Os principais defeitos dos tijolos de sílica são devidos a inversão desta. Há tijolos de sílica pura ou argilosa. O princípio da fabricação é adicionar 1% a 3% de cal ao quartzo pulverizado. O cozimento se dá às temperaturas de 1435 a 1460 ou 1460 a 1480. A matéria prima tem influência na fabricação de bons tijolos de sílica. Assim o quartzo cristalizado exige mais tempo para a conversão do que o quartzo fino cristalizado, calcedonia ou sílica amorfa. Antes da guerra de 1914 a 1918 os tijolos melhores transformados eram de base de quartzito a cimento alemães, porém as exigências das aciarias durante aquele período forçaram os ingleses, franceses e americanos a desenvolver a técnica da fabricação dos tijolos de sílica: A análise média de um tijolo compreende:

SiO ₂	96-98%
Al ₂ O ₃	< 2,5%
Na ₂ O + K ₂ O	< 0,5%

O óxido de ferro é necessário para acelerar a transformação em tridimita. Em fornos de aço encontra-se nos tijolos de sílica, depois de certo uso, uma camada de cristobalita e sílica vítrea depois de uma camada de cristais de tridimita. A análise da camada de cristobalita (90% SiO₂) indica que parte da sílica volatilizou-se. O primeiro tijolo de sílica dito "Dinas" foi fabricado por Jung em 1822; Holland descobriu a inversão do quartzo em tridimita em 1890 e Holmquist descobriu em 1911 a presença de cristobalita.

A fabricação de vidros se realiza com 40 a 85% de sílica. Os teores em sílica de alguns vidros são os seguintes:

.....	Tubos	70% SiO ₂
	Pirex	81% "
	714 X	66% "
	Verre a Glase	72% "
	Garrafas	66% "
	Champeuvisse	64% "

Emprega-se não só em vidros como também em esmaltes, e adiciona-se sílica a tijolos comuns, às terras cozidas, faianças, tijolos sílico-calcareos. Silicatos solúveis são fabricados tratando-se areia pelo carbonato de sódio ou potássio. Outras aplicações são resumidamente:

Na confecção de moldes para fabricação de aço.

Sob a forma de sílica vítrea e quartzo com revestimento insolúvel a ácidos e água, e como material de enchimento das torres de Glover.

Como absorvente e filtramento de óleos.

Sob a forma de silício é utilizada para desoxidação dos metais.

Na fabricação de carbureto de silício, ou carborundum.

Blocos de quartzo são empregados em moinhos de bolas.

O pó do quartzo serve para polir madeira, metais e rochas e na fabricação do pó de Tripoli.

Usada na frenagem de trens.

A elasticidade da sílica permite emprega-la como fibra em ensaios de laboratório.

Na fabricação de termômetros com sílica vítrea e sua insolubilidade aos ácidos permite seu uso na confecção de globos de iluminação a gás.

Sua fraca dilatação permite o fabrico de padrões de medida de comprimento.

A fraca conductibilidade térmica é usada na confecção de calorifugos, e a baixa conductibilidade elétrica aproveitada na fabricação de isoladores.

Os fenômenos piezo-elétricos do quartzo são utilizados na revelação de corrente de 10^{-9} a 10^{-13} ampéres (J. P. Curie).

A transparência ao ultra-violeta ($\lambda = 185 \text{ m}\mu$) permite a confecção de lâmpadas a mercúrio, cádmio, sódio, potássio, hélio, néon e para estudo espectral de elementos e compostos.

O poder rotatório do quartzo permite utilizá-lo na fabricação de sacarímetros.

PRÁTICA MODERNA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS (1)

Arnold P. Seasholtz
Engenheiro Metalurgista
Seasholtz Metallurgical Service
Lancaster, Penna. U. S. A.

Tradução autorizada de uma série de 5 artigos, publicados pela revista metalúrgica norte-americana *Steel* (3 de setembro a 1 de outubro de 1945).

1.ª parte — Revisão da teoria de aquecimento e têmpera como meio de obtenção de propriedades físicas desejadas. Estudo em detalhe da endurecibilidade vs dureza; efeito de várias velocidades de aquecimento e esfriamento, construção e interpretação das curvas em S.

Hoje as exigências são cada vez maiores em relação aos materiais de construção. Procura-se o aumento de resistência e durabilidade, acompanhada de uma diminuição do peso do material. Esta é a era do ferro e do aço, que continuará ainda por muitos anos. Os metais leves como o alumínio e o magnésio serão adotados em muitos casos, mas o ferro e o aço serão ainda os principais materiais de construção. Os engenheiros exigirão aços moles para estampagem profunda, aços com dureza elevada que possam ser usados para trabalhar outros aços; aços que mantenham alta resistência a altas temperaturas; aços com altos valores de resistência à fadiga e ao choque; aços que resistam à abrasão e outros requisitos. Poucos possuem essas propriedades quando simplesmente laminados, exigindo para isso um tratamento térmico adequado.

Infelizmente com muita frequência é o engenheiro que tem autoridade para especificar as propriedades físicas necessárias, o tipo e composição química do aço e o método de tratamento térmico. Frequentemente o processo é especificar as propriedades físicas, escolher o tipo de aço e então encarregar o metalurgista de desenvolver um método de tratamento térmico que possibilite as propriedades necessárias. Muitos erros poderiam ser evitados e melhores propriedades obtidas se o engenheiro simplesmente especificasse as propriedades físicas exigidas e deixasse ao metalurgista

(1) Traduzido por João Mendes França, engenheiro da Divisão de Metalurgia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

A 3.ª, 4.ª e 5.ª partes deste trabalho serão publicadas no próximo número desta Revista.

a escolha do processo de tratamento térmico mais adequado à obtenção dos resultados desejados. Seria então selecionado o aço mais apropriado ao método de tratamento escolhido.

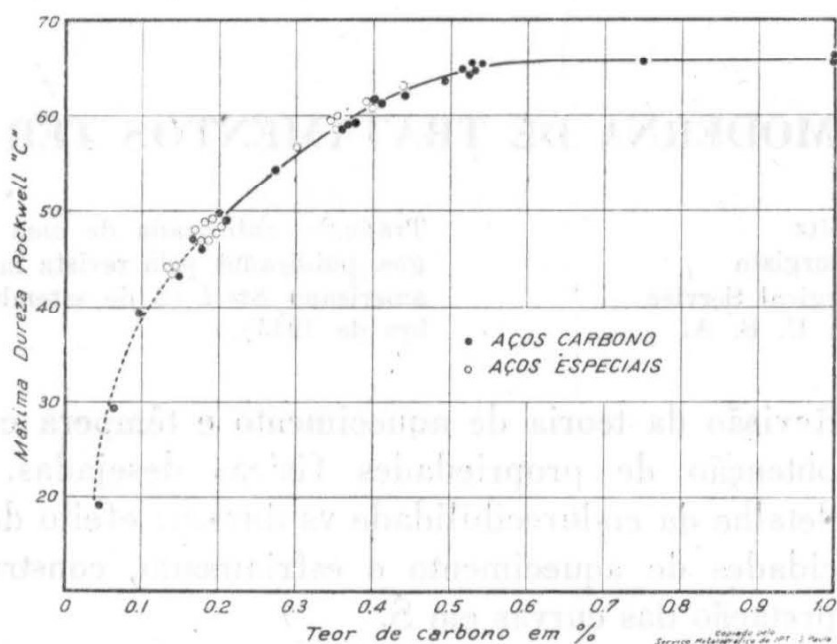


Fig. 1 — Dureza máxima em função do teor de carbono.

A razão da utilização dos aços-liga na construção de automóveis, equipamento ferroviário e materiais análogos é devida à sua maior resistência. É importante que se observe que essa maior resistência é devida à habilidade dos aços liga tomarem têmpera em maior espessura. Em secções finas, tais como de 1/4", os aços carbono podem atingir resistência e dureza iguais às de qualquer aço-liga nas mesmas dimensões, mas em secções maiores, tais como de 1" ou mais, os aços carbono não podem ser temperados em toda secção, o núcleo permanecendo sem têmpera e por conseguinte de resistência menos elevada.

Vários aços-liga podem ser temperados em secções de 1", alguns em secções maiores. É esse um fator importante na seleção de um aço-liga — levar-se em consideração a profundidade em que eles adquirem têmpera.

A dureza máxima é uma função do teor de carbono. Quando os aços são temperados com uma velocidade de esfriamento que exceda a velocidade crítica de têmpera, o efeito do teor de carbono sobre a dureza martensítica é tão marcado que é considerado um elemento fundamental na determinação dessa propriedade (fig. 1). Pequenas adições de carbono em aços doces são relativamente mais efetivas do que as mesmas adições em aços de concentrações mais altas. Com aços de baixa ou média liga, contendo menos de 5% de liga, o elemento de liga não afeta a dureza máxima de modo significativo.

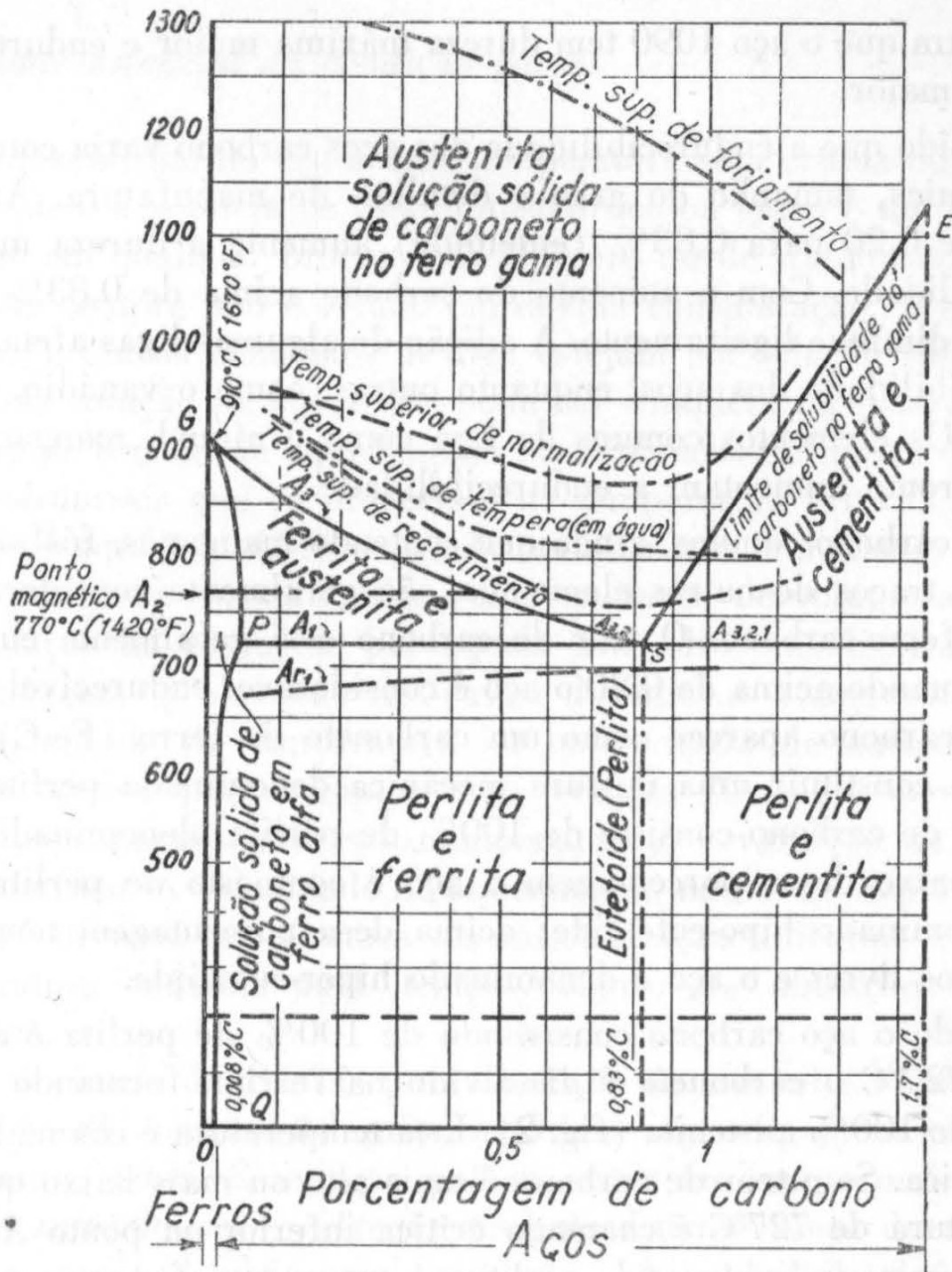


Fig. 2 — Diagrama constitucional Ferro-Carbono.

Endurecibilidade e dureza.

Endurecibilidade pode ser definida como a susceptibilidade de endurecer por têmpera. Para ilustrar a diferença entre dureza e endurecibilidade, considere-se dois aços S. A. E. 1040 e 4140, laminados em redondo de 1". Se êsses dois aços forem temperados da mesma maneira a dureza superficial será a mesma, mas a dureza no centro do aço S. A. E. 4140 será muito mais alta do que a do 1040. Os dois aços podem ser temperados para a mesma dureza mas o aço 4140 tem maior endurecibilidade por ser um aço liga.

Então si se tempera um aço 1040 e 1090 do mesmo modo, o resultado será que o aço 1090 terá dureza mais elevada e em maior profundidade,

o que mostra que o aço 1090 tem dureza máxima maior e endurecibilidade um pouco maior.

É sabido que a endurecibilidade dos aços carbono varia com a composição química, tamanho do grão e detalhes de manufatura. Aumento de carbono de 0,20 para 0,83% (eutetóide) aumenta a dureza máxima e a endurecibilidade. Com o aumento do carbono acima de 0,83% a endurecibilidade diminui ligeiramente. A adição de algumas ligas afetam bastante a endurecibilidade dos aços, enquanto outras, como o vanádio, tem efeito reduzido. Os elementos comuns de liga como o níquel, manganês, molibdenio, e cromo aumentam a endurecibilidade.

Aços carbono comuns, ainda que contendo manganês, fósforo, enxôfre e silício e traços de outros elementos, são geralmente considerados como uma liga ferro-carbono. O teor de carbono está geralmente entre 0,05 e 1,45%; quando acima de 0,20 o aço é considerável endurecível comercialmente. O carbono aparece como um carboneto de ferro (Fe_3C) unido ao ferro para constituir uma mistura mecânica denominada perlita. Um aço de 0,83% de carbono consiste de 100% de perlita, denominado aço eutetóide. Abaixo dessa porcentagem o aço é composto de perlita e ferrita livre, denominado hipo-eutetóide; acima dessa porcentagem tem-se perlita e carbonetos livres e o aço é denominado hiper-eutetóide.

Quando o aço carbono consistindo de 100% de perlita é aquecido a cerca de 727°C o carboneto é dissolvido na ferrita, formando uma nova estrutura de 100% austenita (fig. 2). Esta temperatura é chamada a temperatura crítica. Se o teor de carbono é mais alto ou mais baixo que 0,83%, a temperatura de 727°C é chamada crítica inferior ou ponto A_1 ou $A_{3,2,1}$ porque colônias individuais de perlita no aço se transformam em austenita independentemente do teor original de carbono. A ferrita ou o carboneto ainda não estão em solução.

Quando o teor de carbono é mais baixo que 0,83%, a ferrita livre é absorvida progressivamente pela austenita a proporção que a temperatura aumenta. Finalmente toda a ferrita é dissolvida. A temperatura necessária para 100% de dissolução é chamada a crítica superior. Aços hipo-eutetóides devem ser aquecidos pelo menos à temperatura crítica superior afim de que seja obtida austenita homogênea antes de ser temperado. Quando o teor de carbono é acima de 0,83% o fenômeno é semelhante, com os carbonetos livres dissolvendo-se com o aumento de temperatura. Nem sempre se deseja aquecer aços hipo-eutetóides à temperatura crítica superior. Por exemplo, aços ferramentas são aquecidos logo acima da crítica inferior e então temperados para endurecer a textura perlítica anteriormente existente, retendo os carbonetos livres.

Necessidade essencial da condição gama.

O aquecimento do aço a uma temperatura seja crítica ou acima desta afim de que o aço esteja no estado austenítico ou gama é um passo importantíssimo em qualquer processo de têmpera ou de tratamento térmico em geral. Nem sempre isso é levado em devida consideração. É essencial que o carbono e outros elementos de liga estejam em solução sólida no ferro gama. Essa solução de elementos pode ser completa ou parcial.

Durante o ciclo de aquecimento há mudanças definidas de dimensões e microestruturais que se processam na temperatura crítica. A proporção que o aço é aquecido dá-se expansão térmica com o aumento da temperatura até atingir-se a zona crítica; uma mudança de volume acompanha a transformação na passagem por aquela zona. Há uma ligeira diminuição de volume com a absorção de calor durante a transformação. Diferenças na subida de temperatura ou temperatura de austenitização não uniforme (como, por exemplo, entre secções finas e espessas de uma mesma peça) causam distorção, empenamento e variação de tamanho de grão austenítico. A velocidade de aquecimento não é tão importante quanto a obtenção de uma temperatura de austenitização uniforme e manutenção à temperatura máxima para tempo próprio de obtenção de austenita homogênea.

A velocidade de difusão para obtenção de austenita homogênea varia dependendo da composição química. Vários aços liga têm velocidade de difusão muito lenta. Êsses aços podem exigir um tempo maior na temperatura de austenitização, e freqüentemente a temperatura deve ser aumentada para que a difusão seja facilitada. A verdadeira temperatura de aquecimento deve ser acima de $A_{3,2}$ ou temperatura crítica superior para a obtenção de austenita homogênea. Pode haver aumento do tamanho de grão quando mantida muito tempo depois da ocorrência da difusão. Uma temperatura mais alta que a necessária produz o mesmo efeito, ainda que com um aço de grana fina isso seja menos perigoso que o tratamento a uma temperatura muito baixa. A austenita uniforme põe o aço em condições de ser temperado.

Construção da curva em "S".

Para a compreensão do que ocorre quando o aço é esfriado e o efeito das diferentes velocidades de esfriamento, é necessário que se conheça o tempo e a temperatura necessárias para a decomposição da austenita nos constituintes resultantes. Isso é melhor esclarecido pela curva em "S" freqüentemente chamada curva TTT (transformação-tempo-temperatura).

O método de estudo utilizado por Bain e Davenport para a construção da curva em "S", agora aceito geralmente como o exemplo mais prático do processo de transformação da austenita a temperatura constante, consiste no exame metalográfico dos corpos de prova mantidos a temperatura constante por tempos predeterminados.

É essencial que sejam utilizados corpos de prova pequenos afim de que o esfriamento seja praticamente instantâneo.

Os corpos de prova são aquecidos afim de que se tornem completamente austeníticos e então mergulhados rapidamente em um banho de sal fundido a uma temperatura predeterminada e mergulhados imediatamente em água ou salmoura à temperatura ambiente. Si os corpos de prova forem mergulhados em água imediatamente a partir do banho de sal, sem que haja permanência apreciável no banho, êles ainda estarão constituídos de austenita, que se transformará então completamente em martensita.

Si, de outro lado, os corpos de prova forem mantidos no banho de sal fundido por tempo suficiente haverá formação de um tipo qualquer de microestrutura correspondente a essa temperatura constante. Essa outra estrutura será ou ferrita ou perlita. Por exemplo, um aço eutetóide é mergulhado da temperatura de austenitização num banho de sal fundido a temperatura de 370°C por 8, 10, 100 e 200 segundos e então imediatamente mergulhado em salmoura. Se cada corpo de prova fôsse examinado ao microscópio, as estruturas resultantes seriam aquelas representadas na tabela I. Êsses dados mostram que a transformação isotérmica dêsse tipo de aço a 370° começa em 10 segundos e se completa em 200 segundos. Por meio de ensaios semelhantes a várias temperaturas a curva em S pode ser construída para qualquer aço.

TABELA I

<i>Tempera em sal Segundos</i>	<i>Resultados</i>
8	100% martensita
10	traços de bainita, praticamente 100% martensita
100	50% bainita 50% martensita
200	100% bainita

A transformação não é instantânea. A curva em S indica o tempo necessário a uma temperatura constante para a transformação ter início e ser completada. Há dois intervalos de temperatura onde a transformação

tem lugar relativamente depressa — um nas vizinhanças de 540 — 590°C e o outro cêrca da temperatura ambiente. Dependendo do tempo e temperatura na qual a austenita se decompõe, a textura final resultante varia. Se a transformação dá-se na zona superior de temperaturas acima do cotovelo da curva em S (cêrca de 490°C) o produto é perlita lamelar. Quando mais baixa é a temperatura de transformação tanto mais fina e dura é a estrutura perlítica, até que atingido o cotovelo da curva em S a estrutura é uma perlita lamelar muito fina ou nodular, chamada trustita primária.

Na zona intermediária de transformação, si o processo de têmpera permite que a transformação se dê entre o cotovelo da curva em S e a temperatura na qual há início de transformação em martensita (ponto Ms) o produto de decomposição é acicular e denominado bainita (depois de Bain). Quanto mais baixa a temperatura na qual dá-se a transformação, tanto mais fina e dura será a estrutura acicular. Austêmpera é uma têmpera, controlada em tempo, nesse intervalo de temperatura.

Contrariamente ao que se afirmou anteriormente a austenita transforma-se em martensita durante o esfriamento através de um intervalo de temperatura. Por conveniência êsse intervalo foi denominado zona de transformação em martensita, ou zona A_r ; a temperatura na qual há início de transformação em martensita denomina-se ponto Ms e a temperatura na qual a transformação se completa denomina-se ponto Mf. O trabalho de H. Carpenter e J. M. Robertson mostrou que o austenita transforma-se em martensita em um intervalo de temperatura que é característico para a maioria dos aços carbono comerciais e aços-liga tratáveis termicamente. Quando o aço é temperado com velocidade que exceda a velocidade crítica a transformação da austenita é interrompida até que se alcance o ponto Ms, onde então se inicia a transformação e quando é atingido o ponto Mf a austenita está completamente transformada em martensita.

Si, no processo de têmpera, o esfriamento é interrompido a uma determinada temperatura, dentro da zona de transformação em martensita, então a transformação é também interrompida. Si se mantém a temperatura constante haverá ocorrência de transformação isotérmica; mas o tempo necessário será excessivamente longo para ser prático ou comercial. Si, depois de interrompida a têmpera, o esfriamento continua, a austenita continua a transformar-se em martensita até que o processo se complete.

Formula de Carapella

A fórmula estudada por Louis Carapella para a determinação do ponto Ms de um aço mostra que o carbono tem o maior efeito no abaixamento daquele ponto, o manganês, cromo e níquel sendo menos efetivos

e o silício, molibdenio e tungstênio sendo os menos efetivos de todos. Essa formula é $M_s = 925 F \times f_C \times f_{Mn} \times f_{Si} \times f_{Ni}$, onde os fatores para os vários elementos são computados como segue:

f_C	1	—	0.620	por	cento	de	carbono
f_{Mn}	1	—	0.092	"	"	"	manganês
f_{Si}	1	—	0.033	"	"	"	silício
f_{Ni}	1	—	0.045	"	"	"	níquel
f_{Cr}	1	—	0.070	"	"	"	cromo
f_{Mo}	1	—	0.029	"	"	"	molibdenio
f_W	1	—	0.013	"	"	"	tungstênio
f_{Co}	1	—	0.20	"	"	"	cobalto

o que fornece meios para se determinar o ponto M_s , essencial para a determinação de temperaturas para a têmpera interrompida. Há poucas informações quanto à determinação do ponto M_f , quando a transformação se completou. Para a maioria dos aços comerciais êste ponto está acima da temperatura ambiente; entretanto, há um grande número de aços liga, taes como os da série A. I. S. I. 3300 para cementação e os aços rápidos nos quais o ponto M_f é abaixo da temperatura ambiente. A teoria da transformação através de uma zona de temperaturas ainda é aplicável e afim de que a transformação se dê completamente nesses aços que tem um M_f baixo, é necessário um esfriamento a tempeturas sub zero em câmara fria.

Aços esfriados pelo processo de têmpera são transformados durante o esfriamento. Êles não se transformam uniformemente, como aqueles obtidos isotermicamente. Verificou-se que a transformação durante esfriamento contínuo e a transformação isotérmica tem uma relação definida que pode ser avaliada. Si houver superposição de curvas para esfriamento contínuo e isotérmicas as curvas de início e fim de transformação para a curva de esfriamento contínuo estarão abaixo e a direita das da curva isotérmica. Desde que foi determinada uma relação definida entre os dois tipos de esfriamento, o diagrama isotérmico, que existe para grande número de aços, pode ser utilizado na predição do tempo e temperatura para obtenção de uma determinada microestrutura com aproximação razoável.

A interpretação dos vários valores das velocidades de esfriamento em relação ao tempo-temperatura e produto resultante pode ser ilustrada pelo esquema da fig. 3. A curva em S indica o que se passa quando o aço

é esfriado. Por exemplo, o aço esfriado com velocidade muito lenta, como no recozimento, é indicado pela curva B. Quando o aço atinge a

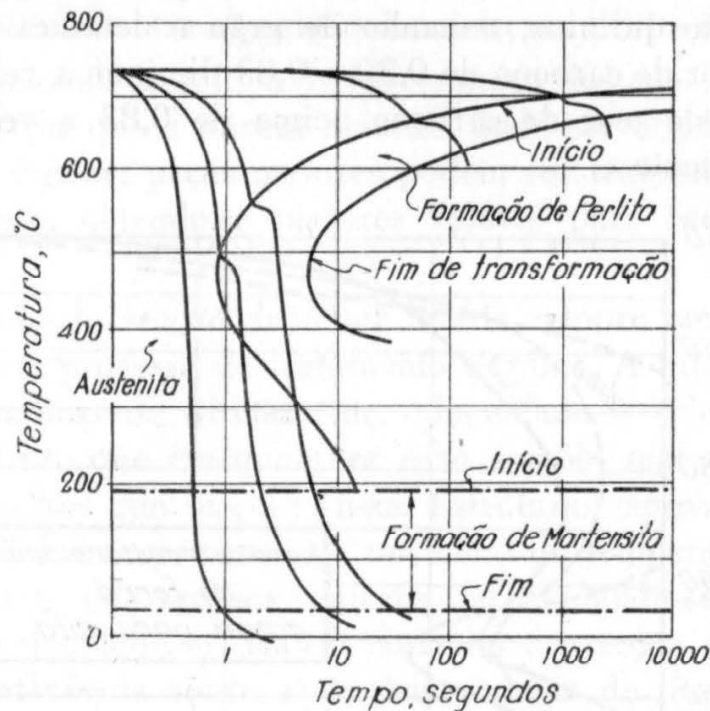


Fig. 3 — Curvas de esfriamento para várias operações desde recozimento no forno até têmpera em salmoura gelada, relacionadas à parte da curva em S onde se localiza a formação de perlita e martensita (Grossmann).

temperatura a B_1 , inicia-se a transformação para perlita e com o prosseguimento do esfriamento a transformação continua. Quando a temperatura atinge B_2 , a transformação completa-se. A perlita formada na temperatura B_1 será mais grosseira e mole que a formada a B_2 . A “subida” nas curvas de esfriamento mostra que uma certa quantidade de calor foi liberada durante a transformação.

Uma velocidade de esfriamento mais rápida, como na normalização, ou esfriamento ao ar, é indicado pela curva C. A formação de perlita é análoga àquela da curva B, mas a perlita formada à temperatura C_1 será fina e mais dura. A perlita formada a C_2 será ainda mais fina e mais dura. Com uma velocidade de esfriamento ainda maior, indicado pela curva D, o início da transformação da austenita é interrompido e nota-se um ligeiro desprendimento de calor a cerca de 540°C ; nesse ponto dá-se transformação parcial em perlita nodular, freqüentemente chamada trustita. A austenita restante tem sua transformação interrompida até que a temperatura caia a M_s quando a martensita inicia sua formação por um processo que termina em M_f . Resulta a formação de uma estrutura martensítica ou dureza máxima.

Como foi visto, há uma velocidade mínima de esfriamento na qual a dureza máxima num dado aço pode ser obtida. Essa velocidade de

esfriamento, que tangencia o cotovelo da curva em S, é denominada velocidade crítica. Sabe-se que a velocidade crítica para os aços carbono varia com a composição química, tamanho de grão e detalhes de manufatura. O aumento do teor de carbono de 0,20 a 0,83 diminui a velocidade crítica. Com o aumento do teor de carbono acima de 0,83 a velocidade crítica aumenta ligeiramente.

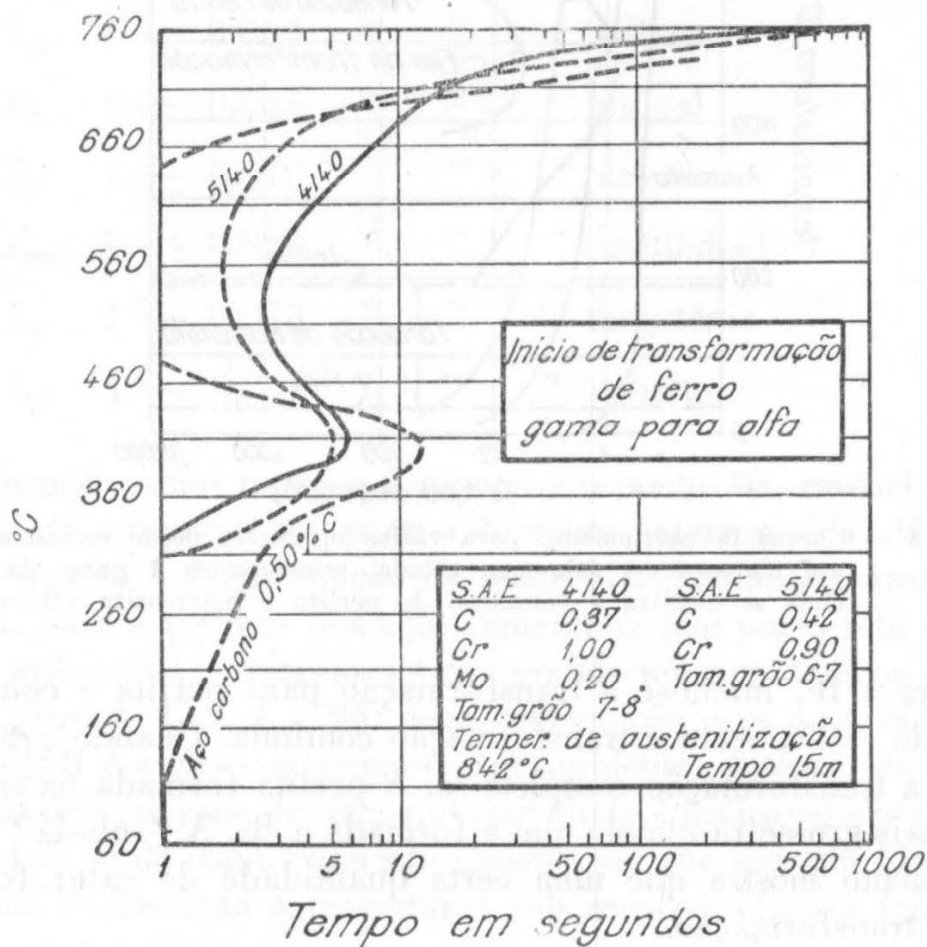


Fig. 4 — Curvas comparativas de início de transformação para três aços.

A adição de certas ligas afeta bastante a velocidade crítica de esfriamento do aço, enquanto elementos, como o vanádio tem efeito pouco pronunciado. Entretanto, a maioria dos elementos de liga mais comuns, tais como níquel, manganês, molibdenio e cromo, diminuem a velocidade de esfriamento necessária ao endurecimento completo. A fig. 4 mostra a transformação inicial comparativa dos aços carbono comum 0,50%, S. A. E. 5140 e 4140. A proporção que são adicionados elementos de liga para aumento da temperabilidade a posição da curva em S desloca-se para a direita, abaixando a velocidade crítica de esfriamento. Têmpera completa requer uma velocidade crítica de esfriamento de aproximadamente 2 seg para o aço 5140 S. A. E. com 0,90% de Cr, aproximadamente 3 seg para S. A. E. 5140 com 1,0% de Cr e 0,20% de molibdenio. Isso ilustra bem o fato

de que com o aumento da temperabilidade a curva em S é deslocada para a direita e a velocidade crítica de esfriamento é diminuída. Há, entretanto, uma relação definida entre a posição da curva em "S" e a temperabilidade.

A menor velocidade crítica de esfriamento dos aços-liga traz inúmeras vantagens, uma vez que a dureza máxima pode ser obtida com velocidade de esfriamento menor; peças maiores podem ser temperadas para endurecimento completo, obtendo-se maiores valores para fadiga e resistência à tração.

A influência da secção deve ser levada sempre em conta quando se trata de qualquer processo de tratamento térmico. A microestrutura resultante é em grande parte diretamente relacionada à velocidade de esfriamento e é evidente que em qualquer caso secções maiores esfriarão com velocidades menores que secções finas. Estruturas equivalentes podem ser produzidas unicamente pelo uso de um meio de têmpera mais severo que neutralize o efeito das secções maiores ou mudando-se o material para um de menor velocidade crítica. O tamanho da secção e a severidade da têmpera tem influência sobre as rachas comuns de têmpera e as rachas microscópicas, menos conhecidas. Cada racha diminui a ductilidade e resistência à fadiga da secção onde se localiza resultando nessa, falha prematura. Rachas martensíticas são causadas por tensões internas de esfriamento e são freqüentemente acompanhadas por distorção e enpenamento. A martêmpera, austêmpera e têmpera interrompida eliminam êsses inconvenientes no tratamento térmico.

Sabe-se que o aumento do tamanho do grão acarreta um aumento na endurecibilidade do aço. Tamanho de grão maior produz uma curva em S de transformação mais lenta, afetando também qualquer dos ensaios de temperabilidade. Quando se fala em tamanho de grão não se deve confundir com o que o fundidor de aço classifica como corrida de aço fino ou grosso, por ensaio de tamanho de grão a 925°C. Quando a corrida é classificada como de grão fino ou grosso, quer-se indicar que êle o é a 925°C. Significa isso que o aço da corrida terá um tamanho de grão austenítico inerente mais fino à temperatura usual de tratamento térmico e uma temperatura de aumento de grão acima de 925°C, enquanto que o aço de grão grosso terá grão aumentado à temperatura de tratamento térmico e inicia o crescimento a uma temperatura abaixo daquela para o aço de grão fino.

G. V. Cash, T. W. Merrill e R. L. Stephenson apresentaram em 1940 um trabalho à American Society for Metals intitulado: "Efeito da desoxidação na endurecibilidade". O trabalho mostrou que a endurecibilidade era uma função do tamanho de grão e da temperatura de tratamento

térmico, e a relação da endurecibilidade para o tamanho de grão é independente do método de desoxidação. Afim de se obter aços tanto de grão fino como grosso para o estudo e ao mesmo tempo eliminar tôdas as pos-

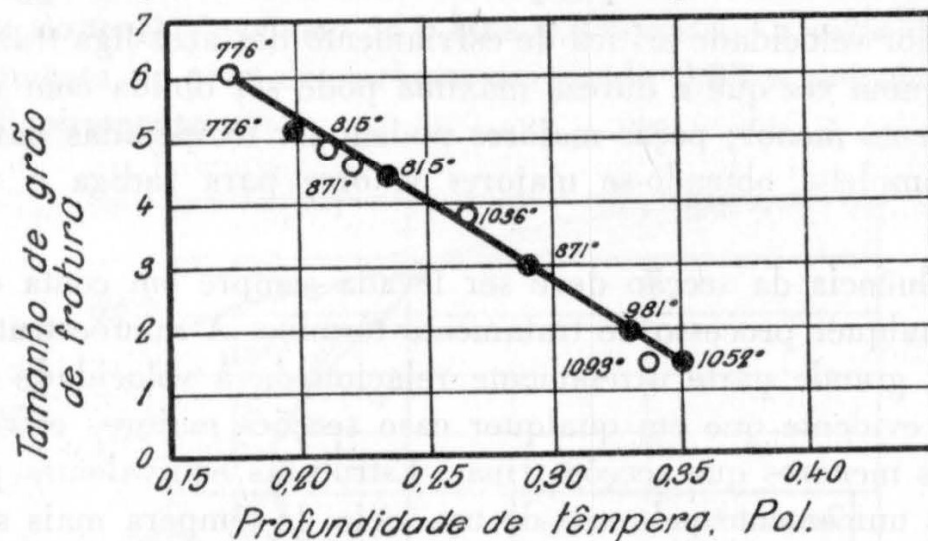


Fig. 5 — Profundidade de penetração de dureza traçada em função do tamanho de grão de fratura, para resultados obtidos numa corrida típica.

síveis variáveis, foi adicionado suficiente alumínio a um lingote de cada uma das várias corridas de grana grossa afim de que se tornassem de grana fina no sentido do ensaio de McQuaid-Ehn. Em adição às corridas de aço de grana fina e grossa produzidas por desoxidação no lingote, duas corridas de análises semelhante foram selecionadas, uma tornada grossa e outra fina, pelo processo normal de desoxidação na panela. Os resultados típicos de uma das corridas, com a profundidade de endurecimento traçada em função do tamanho de grão de fratura para tanto grão grosso como grão fino, podem ser observados na fig. 5.

2.^a Parte — Neste capítulo são descritas quatro técnicas de ensaio de endurecibilidade e outras características. São discutidos os ensaios Jominy e McQuaid-Ehn e os métodos e escolha do meio de têmpera.

Quase todo especialista em tratamento térmico aplicou ou supervisionou um método de ensaio de endurecibilidade do aço. Sabe-se que alguns aços dão, quando em produção, os resultados esperados enquanto outros não o fazem. As propriedades específicas inerentes de vários aços não são controladas unicamente pela composição química mas também pelo método de manufatura, especialmente o processo de desoxidação. É possível que se tenha várias corridas de aço fornecidas dentro da mesma especificação, cada uma com endurecibilidade diferente. Esse fator, sobre o qual não há controle, tem causado freqüentemente aborrecimentos ao encarregado de tratamentos térmicos.

O que o encarregado de tratamentos térmicos realmente necessita é um aço com uma endurecibilidade definida. Na realidade êle não se importa com as características químicas, mas exige um aço com características que respondam ao melhor método de tratamento térmico que possa ser adaptado às peças que êle está tratando.

Os ensaios de tração são feitos com mais freqüência que qualquer outro, quando se trata de metais. Admite-se que os aços liga, independentemente da composição, têm características à tração bastante semelhantes quando endurecidos por têmpera.

O ensaio de endurecibilidade é aceito para determinação das características à tração independentemente da análise química, devendo-se porém ter sempre em consideração os altos valores da resiliência a baixas temperaturas e baixos valores de cripe a altas temperaturas. As ligas em que se procura essas propriedades geralmente não exigem especificação apertada. Só um mínimo é exigido. São baseados nessas considerações que os fabricantes de aços e metalurgistas concentram seus esforços em especificarem ou fornecerem aços para determinados objetivos. Foram desenvolvidos métodos para medida daquelas características de modo que a especificação individual possa ser controlada fazendo-se comparações entre os diferentes tipos. Muitos desses métodos têm sido desenvolvidos individualmente pelas indústrias, mas os seguintes ensaios para medida da endurecibilidade são reconhecidos e usados nos Estados Unidos:

- 1 — Ensaio de tamanho do grão austenítico, em particular o ensaio de MacQuaid-Ehn e o método de oxidação.
- 2 — Ensaio de Jominy ou de têmpera pela base.
- 3 — Endurecibilidade e severidade de têmpera, de acôrdo com Grossmann.
- 4 — Ensaio de tamanho de grão de fratura (Shepherd).

Ensaio de McQuaid-Ehn.

O ensaio de MacQuaid-Ehn consiste em aquecer um corpo de prova de aço em uma mistura carbonetante durante 8 horas à temperatura de 925°C, e então esfria-lo lentamente na caixa. Depois desse tratamento carburante o corpo de prova é cortado, polido, atacado de modo a que possam ser observados os limites dos grãos e então a superfície carbonetada é examinada ao microscópio com 100 aumentos. O tratamento carburante desenvolve limites definidos de grão que são facilmente visíveis. O campo ampliado é então comparado com um quadro padrão que mostra diferentes tamanhos de grão. Os aços são geralmente classificados em aços de

grão fino e grão grosso. Os tamanhos de 1 a 5 no quadro padrão são classificados como de grão grosso, enquanto que tamanhos de 5 a 8 são classificados como de grão fino.

Os termos "anormal" e "normal" indicam uma característica definida de uma corrida no sentido de desenvolver um certo tipo de estrutura, quando carburados. Em 1922 McQuaid-Ehn demonstrou que a estrutura, depois da carburação, pode ser utilizada para predizer si o aço endurecerá uniformemente ou terá tendência a desenvolver pontos moles. Si a zona hipereutetóide mostra grão grosso de perlita lamelar relativamente fina, envolvida por cementita fina em excesso, o aço é chamado normal e endurecerá satisfatoriamente. Si a perlita lamelar fôr muito grossa, rodeada por ferrita, com a cementita hipereutetóide grossa e irregular, o aço é denominado anormal e não endurecerá satisfatoriamente.

Originalmente o ensaio de MacQuaid-Ehn foi adotado para determinação do tamanho de grão e normalidade do aço, como um ensaio para a escolha de tipos de aços para cementação. O estudo demonstrou que a variação de tamanho de grão e normalidade deveriam ser definitivamente atribuídas à prática de desoxidação no forno Siemens-Martin. Aços anormais são geralmente obtidos em corridas que têm um alto teor em óxidos devido a desoxidação incompleta do aço. Posteriormente os produtores de aço puderam controlar a normalidade do aço, tanto em aços de grão fino como de grão grosso. O tamanho de grão foi então admitido como fator importante pelas aciarias e o aço classificado como de *estrutura tenaz* (grão fino) ou *estrutura frágil* (grão grosso). Sabe-se que a estrutura tenaz ou de grão fino é uma indicação de aço bom para ferramenta. A estrutura frágil ou de grão grosso indica fragilidade e baixa produtividade em serviço.

Foram observadas, cêrca de 1932, várias corridas que eram tratadas termicamente de modo satisfatório em relação a têmpera para dureza máxima com mínimo de distorção. Outras corridas temperam com dureza localizada e grande distorção. Uma experiência típica, realizada em uma das maiores aciarias americanas, indicou que em aços de sete corridas, com a mesma composição química, quatro possibilitaram tratamento térmico satisfatório e três temperaram com dureza localizada e apresentaram maior distorção que as outras. O ensaio de McQuaid-Ehn foi feito nesses materiais, sendo que quatro indicaram estrutura de grana fina normal e foram identificados como satisfatórios; os outros três indicaram tamanho de grão duplex e anormal. A reconstituição da prática usada no Siemens-Martin indicou que as três corridas não satisfatórias tinham sido desoxidadas com alumínio. Um trabalho de pesquisa foi iniciado afim

de se determinar o efeito de alumínio no tamanho de grão e normalidade do aço O resultado dessa pesquisa mostrou que uma pequena quantidade de alumínio produz um aço normal de grão grosso. Adicionado ainda mais alumínio produz-se uma estrutura duplex e anormal. Com uma adição ainda maior a estrutura será normal e de grão fino.

O uso de aço normal de grão fino foi determinado como tendo muitas vantagens sobre o aço de grão grosso. Aços de grão fino usado em partes tratadas termicamente resultam em ductilidade mais elevada, resiliência e menor distorção no tratamento térmico. Os aços de grão fino são considerados como aços de baixa endurecibilidade. Para endurecibilidade equivalente entre aços de grão fino e grão grosso é necessário que se aumente o teor de manganês do aço de grão fino. Por exemplo, aço para mola quando especificado em grão grosso deverá ter 0,80-0,95% de carbono e 0,25-0,50 de manganês. Os aços de grão fino deverão ter 0,80-0,95% de carbono e manganês 0,60-0,9%. Hoje o tamanho de grão é um índice indicativo dos aços comerciais que foi adotado e publicado pela A. S. T. M. Quadros classificadores dos vários tamanhos de grão, numerados de 1 a 8, são comuns em bibliografia técnica.

O tamanho de grão austenítico também pode ser avaliado pela fratura de um corpo de prova de aço depois de temperado. Os padrões de tamanho de grão de fratura, chamados padrões Shepherd consistem em 10 amostras, classificadas de 1 a 10 inclusive. Elas conferem praticamente, microscopicamente, com os tamanhos de grão obtidos pela classificação A. S. T. M. O Shepherd P-F ou de fratura-penetração é um ensaio de comparação para endurecibilidade e tamanho de grão. É utilizado quase sempre em aços cujo limite entre núcleo e periferia é bem definido, como os aços ferramenta.

Ensaio de Jominy ou de têmpera pela base.

O ensaio Jominy ou de têmpera pela base foi descrito inicialmente por A. L. Boegehold e W. E. Jominy em 1937. Esse processo de medida de endurecibilidade consiste em esfriar com jato de água pela extremidade, um cilindro de aço, de 1", e medir a dureza a partir dessa extremidade temperada.

O dispositivo é montado de modo a que uma coluna de água a 24°C mais ou menos 3°C, seja dirigida contra a extremidade a ser esfriada. A água passa através de uma abertura de 1/2" de diâmetro e está sob pressão suficiente para subir à altura de 2 1/2" acima da abertura, o que se verifica antes que o corpo de prova quente seja colocado no dispositivo (1).

(1) — Para maiores detalhes do ensaio Jominy, pode ser consultado "Steel", 17 de maio de 1943, pg. 106.

O funcionamento do ensaio exige que o fornecimento de água seja feito por dispositivo de abertura muito rápida, o corpo de prova quente seja colocado no dispositivo de modo a que o fundo do mesmo esteja a 1/2" da abertura da válvula, e o jato de água seja rapidamente emitido. O corpo de prova é mantido no dispositivo até esfriar-se ou, pelo menos, durante 10 minutos e então temperado em água até esfriar-se.

Os corpos de prova devem ser normalizados a 50°C acima de A_{c3} e mantidos a essa temperatura durante 30 minutos. Em seguida a êsse tratamento a barra é usinada para acabamento final e aquecida para têmpera 40°C acima de A_{c3} e mantida 20 minutos a essa temperatura. Afim de que a oxidação seja levada a um mínimo, a barra deverá ser aquecida em um recipiente pequeno, fechado, rodeado por uma camada de limalha de ferro fundido de cêrca de 1" de espessura.

Depois de temperada a barra são esmerilhadas duas superfícies planas na mesma, a 180°, com cêrca de 0,5 mm de profundidade, evidentemente com os cuidados necessários a que um aquecimento localizado não afete a dureza. São então feitas leituras de dureza sôbre o comprimento da barra em intervalos de 1/16 polegadas com uma máquina Rockwell, utilizando a escala C.

Aceitação como o método padrão.

Êsse método de ensaio tem sido utilizado com tanto sucesso que foi adotado como ensaio padrão pela indústria de aço e A. I. S. I.; também provou como ensaio de laboratório para verificação. Muitas usinas de tratamento térmico têm adotado o ensaio de têmpera pela base como ensaio de rotina em peças que exigem endurecibilidade dentro de certos limites. Êle permite prevêr como o aço responderá ao tratamento térmico. Ultimamente êsse ensaio tem sido utilizado com razoável sucesso como método de determinação do tipo de aço NE que poderá substituir os tipos S. A.E. antigos.

O ensaio Jominy é agora proposto como meio de especificação da endurecibilidade para aços tratáveis termicamente. Quando a faixa de endurecibilidade é especificada, os limites da composição química têm sido modificados afastando-se um pouco dos limites aplicáveis aos mesmos aços, tais como especificados unicamente pela composição. Atualmente o ensaio é o mais simples e prático no que se refere a ensaio de endurecibilidade, além disso êle pode ser extrapolado para o de diâmetro crítico D_1 de Grossmann e podem ser preditas as durezas a serem obtidas nas várias secções.

M. A. Grossmann, M. Azinow e S. F. Urban apresentaram trabalhos de valor sôbre endurecibilidade e têmpera. Em um de seus trabalhos (*) apresentaram um método de determinação do diâmetro crítico (D_c), que é uma medida da endurecibilidade e do valor de H , a medida da severidade da têmpera. O conhecimento desses dois fatores torna possível o cálculo de um diâmetro padrão ideal (D_i) com o qual uma variedade de predições úteis torna-se possível na têmpera.

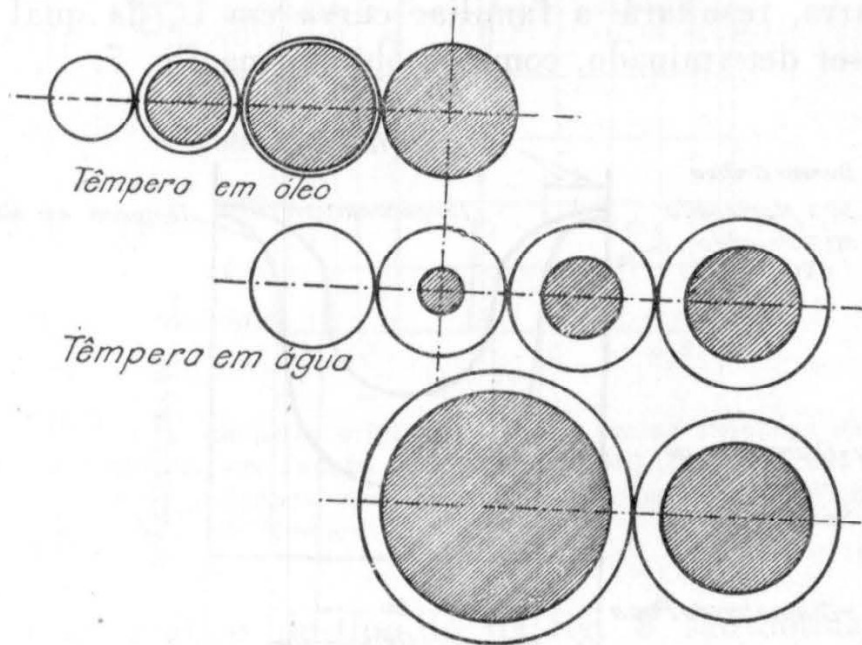


Fig. 6 — Efeito da variação dos diâmetros de barras redondas de aço SAE 3140, temperadas da mesma temperatura em óleo e água, representada por seções transversais atacadas (depois de Grossmann).

Considere-se a fig. 6, uma representação diagramática de uma série de seções transversais atacadas de um aço S. A. E. 3140, temperado em óleo, e uma série do mesmo aço temperado em água. Essa figura ilustra dois fatos bem conhecidos: (1) a profundidade de endurecimento torna-se menor quando cresce o diâmetro da barra, para o mesmo meio de têmpera; e (2) com têmpera em óleo, menos severa, o tamanho do núcleo não endurecido aumenta mais rapidamente com o aumento do diâmetro da barra do que no caso do meio de têmpera mais severo (água). Esse aumento relativo do núcleo não endurecido é bem característico da severidade de têmpera.

Determinação da Dureza Crítica.

Quando uma barra é temperada do estado austenítico para endurecer, verifica-se que a porção interior da barra é menos endurecida que a parte

(*) — "Hardenability, its Relation to Quenching and Some Quantitative Data" (A. S. T. M. — 1938).

exterior. Um exame microscópico da secção transversal indicará martensita para a parte exterior e, a proporção que há queda de dureza, diminuição da quantidade de martensita e aumento da perlita nodular ou trustita primária. Num certo ponto existem partes iguais de ambos os constituintes. Esse ponto onde existe 50% martensita e 50% perlita é o chamado ponto de dureza crítica. Medidas da dureza na mesma barra indicarão a seqüência. Si a dureza é traçada em gráfico no sentido transversal da barra, resultará a familiar curva em U, da qual o diâmetro crítico pode ser determinado, como se observa na fig. 7.

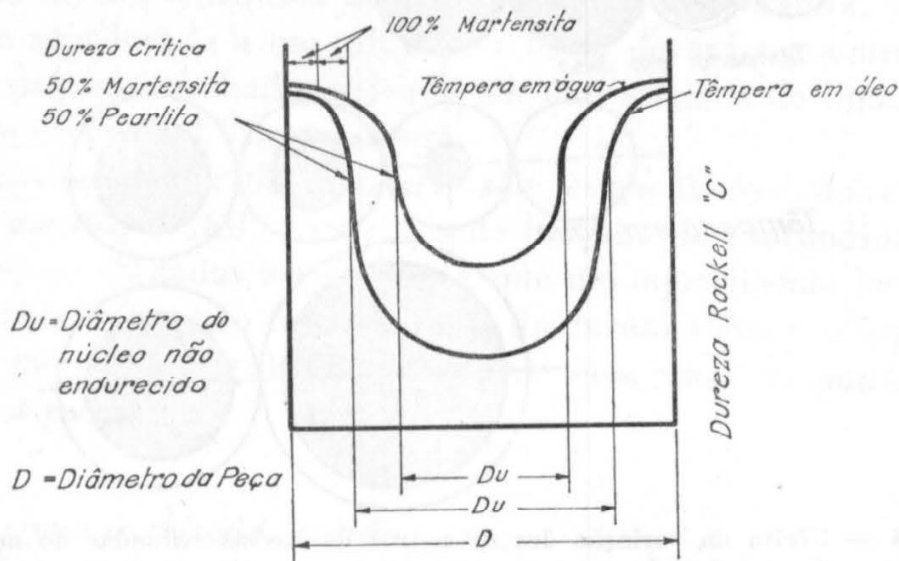


Fig. 7 — Distribuição transversal da dureza em barras redondas temperadas em óleo e água.

Outro método de determinação da dureza crítica é atacar e polir a secção transversal da barra com HCl, um para um. A diferença de velocidade de ataque entre a martensita e perlita mostrará uma demarcação nítida entre o anel martensítico e o núcleo perlítico. A zona martensítica mostrará um ataque mais leve do que o núcleo perlítico. O diâmetro crítico pode ser determinado com grande precisão pelo ensaio de ataque.

Traçando-se um gráfico do diâmetro original (D) como abcissa (escala logaritmica) e o núcleo não endurecido (D_u) como ordenada, das barras temperadas em água e óleo (fig. 8), esse gráfico mostrará que a inclinação das curvas é função da severidade de têmpera. Isso é a base para avaliação da severidade da têmpera. Na têmpera em água, o diâmetro de 1,83" é o diâmetro crítico, enquanto que o diâmetro crítico numa barra temperada em óleo é de 1,25".

Na fig. 6 observa-se que a proporção que o tamanho da barra temperada aumenta o tamanho no núcleo não endurecido aumenta mais rapidamente com o meio de têmpera menos severo. Quando os dados da fig. 6

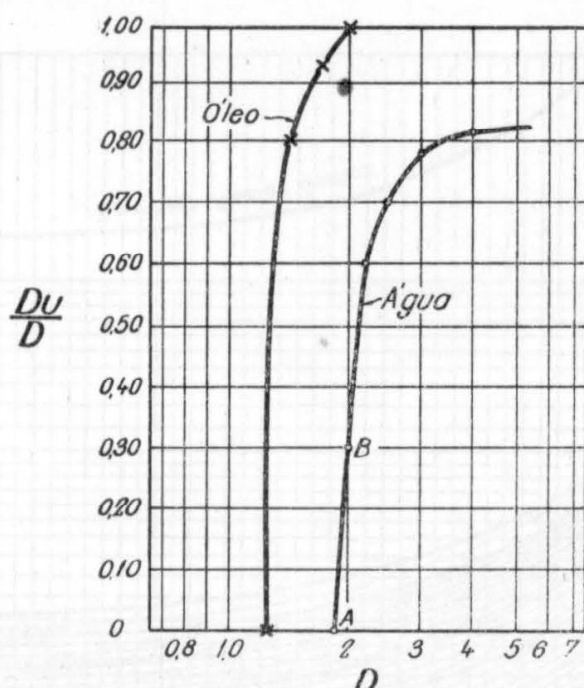


Fig. 8 — Curvas de diâmetro original (D) das barras redondas da fig. 6, traçadas em abcissa, em função do diâmetro (D_u) da parte não endurecida, traçados em ordenada, demonstrando que a inclinação da curva é controlada pelo meio de têmpera.

são levados a um gráfico do tipo do da fig. 8, são obtidas curvas que variam em inclinação, o grau de inclinação sendo característico da severidade de têmpera. Para se achar um valor numérico para a severidade de têmpera, a curva obtida deve ser sobreposta à tabela da fig. 9 até que combine com umas das curvas do quadro. Para isso utiliza-se um gráfico da fig. 9 em transparente de papel ou celuloide com a extremidade inferior do celuloide coincidindo com a extremidade inferior do quadro.

Traça-se a curva do lado direito da fig. 8, colocando-se os pontos A e B, etc., no gráfico em celuloide na posição adequada, como foi previamente descrito, na fig. 9. Leva-se o gráfico transparente para a direita ou para a esquerda até que os pontos caiam numa única curva ou tão próximo como possível. No caso, quando o gráfico transparente é movido para a direita até que o ponto A coincida aproximadamente com o ponto 2,6 ver-se-á que os pontos estão coincidindo com uma única curva que é a curva que sobe da linha base na posição 2,6. Esse novo valor 2,6 é então o valor HD para a barra de 1,33 de diâmetro; especificamente, H (severidade de têmpera) multiplicado por D (diâmetro da barra). Portanto, para obter o valor de H , nós teremos:

$$H = \frac{HD}{D} = \frac{2,6}{1,33} = 1,4$$

que é o valor numérico para H — severidade dessa têmpera.

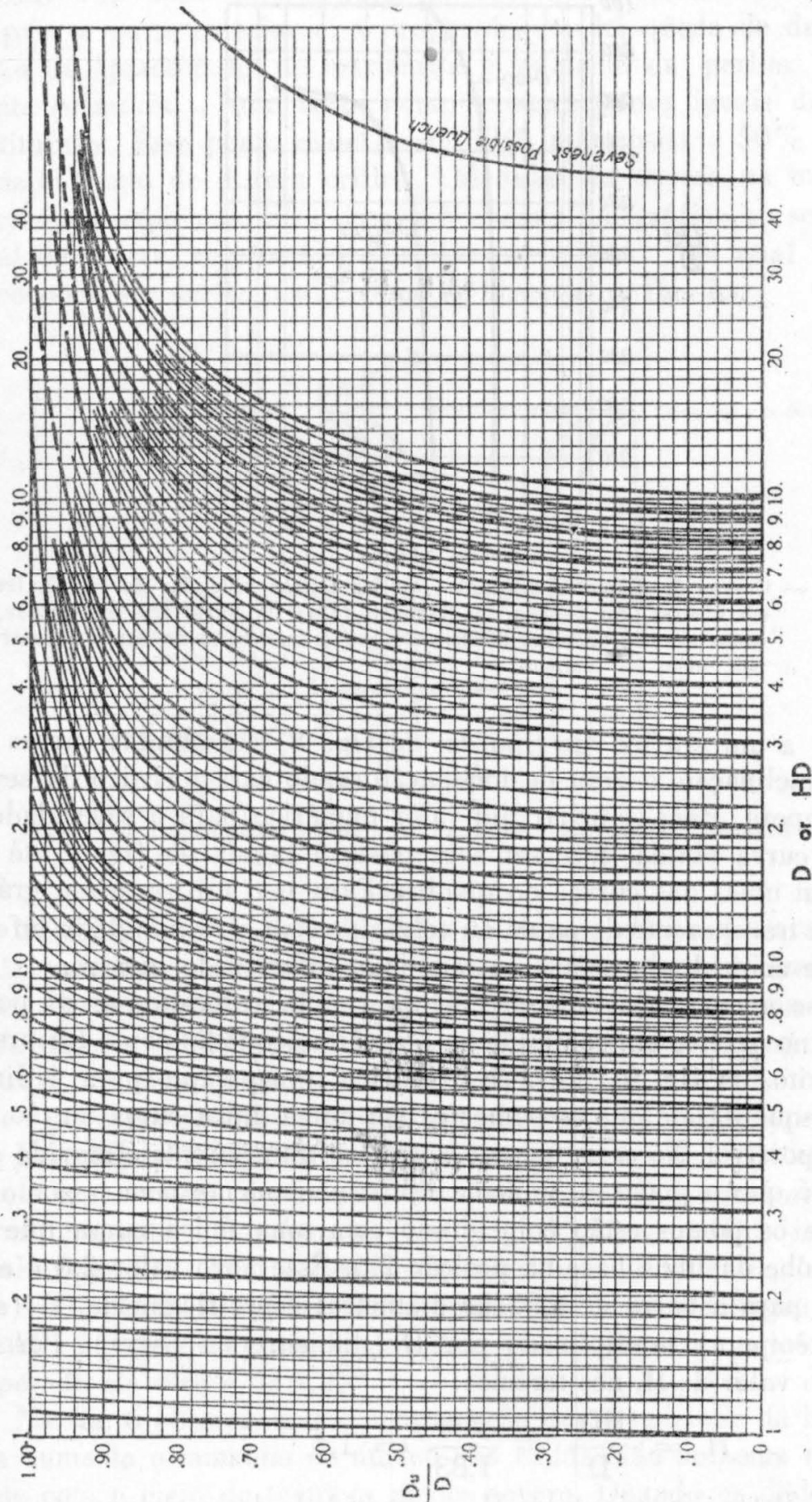
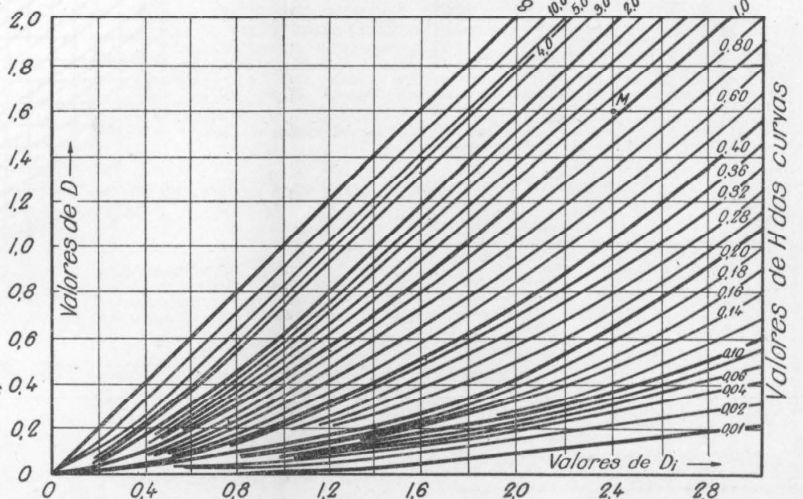
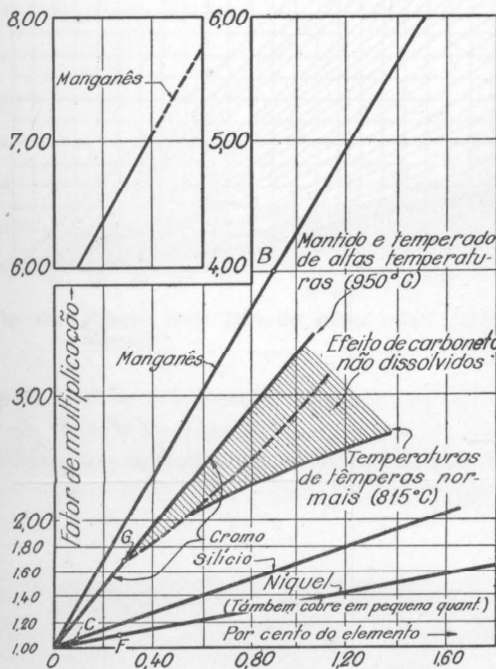
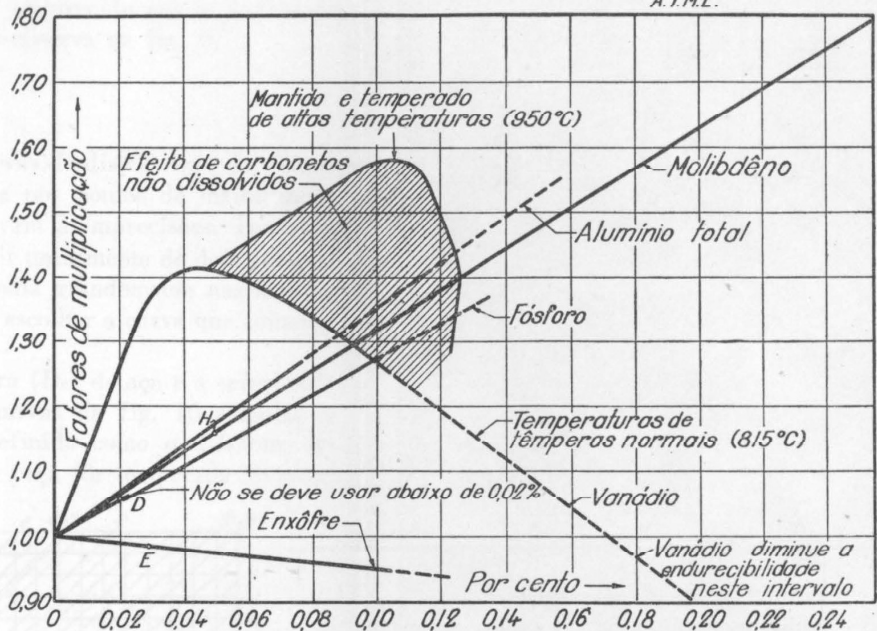
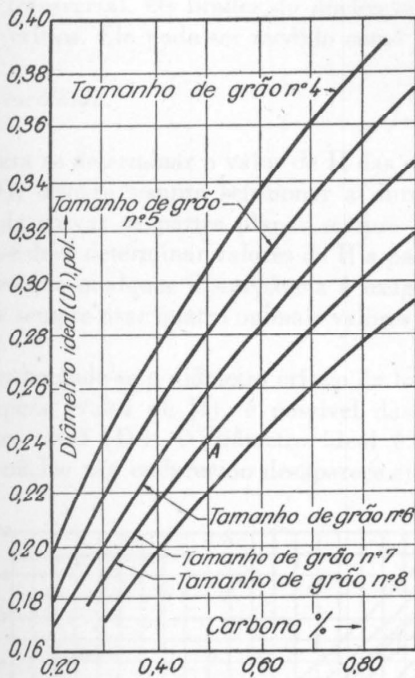


Fig. 9 — Endurecibilidade e ábacos de têmpera. Por essas curvas a severidade de têmpera (equivalente em transmissão de calor, H) pode ser estimada. Gentileza da Carnegie-Illinois Steel Corp.

ENDURECIBILIDADE CALCULADA A PARTIR DA COMPOSIÇÃO

POR MARCUS A. GROSSMANN

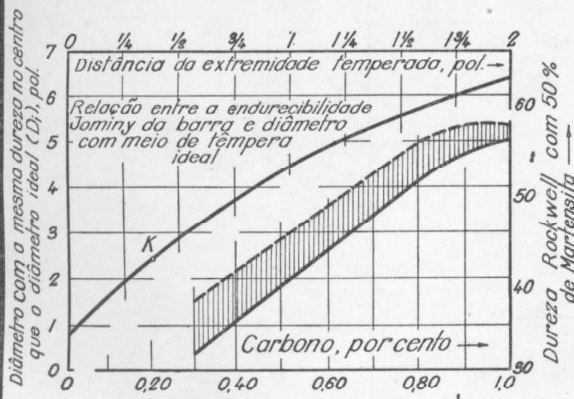
Da Publicação Técnica nº 1437
A.I.M.E.



Exemplo: Cálculo da endurecibilidade de um aço comercial de composição dada

Endurecibilidade ideal do aço dado - $D_i = 0,24 \times 4 \times 1,1 \times 1,05 \times 0,98 \times 1,1 \times 1,7 \times 1,16 \times 1,02 = 2,40$. (Esses dados (D_i) compararam, precisamente, um aço com outro.)
O equivalente Jominy do aço dado, no ponto K, isto é, dureza no centro de uma barra de 2,40" temperada num meio ideal é a mesma daquela achada em uma de 3/8" de um corpo de prova temperado pela base.
A dureza verdadeira, no centro, tomada na curva mais baixa e acerca de 45 RC para o aço 0,30 carbono, baixa liga.

Item	Quantidade	Fator	Ponto
Tamanho de grão	7	0,24	A
Carbono	0,50	4,00	B
Manganês	0,10	1,10	C
Silício	0,020	1,05	D
Fósforo	0,029	0,98	E
Enxôfre	0,28	1,10	F
Níquel	0,30	1,70	G
Cromo	0,05	1,16	H
Cobre	0,05	1,02	



Valores de H para diferentes meios de tempera

Exemplo: Têmpera em água fracamente agitada; H=1,05; Aço D_i=2,40. O diâmetro crítico real D (do ponto H acima, D_i=2,40) é 1 9/16", que é o diâmetro da barra que no meio de tempera dado endurecerá no centro, para uma estrutura 50% martensítica de 45 RC

Circulação ou agitação	Valor de H para		
	Óleo	Água	Salmoura
Nula	0,25-0,30	0,9-1,0	2
Fraca	0,30-0,35	1,0-1,1	2-2,2
Moderada	0,35-0,40	1,2-1,3	...
Bôa	0,4-0,5	1,4-1,5	...
Forte	0,5-0,8	1,6-2,0	...
Violenta	0,8-1,1	4	5

A severidade de têmpera em óleo, por êsse método, é $H = 0,41$.

Em lugar de medir o diâmetro não endurecido (D_u) na seção transversal atacada é também possível a obtenção de D_u das curvas de dureza transversal. Os limites do núcleo não endurecido são os pontos de dureza crítica. Êle pode ser medido como se observa na fig. 10.

Curva escolhida.

Para se determinar o valor de H das curvas de distribuição de dureza (fig. 9), deve-se sempre selecionar a dureza nos pontos de maior inclinação da curva; as partes planas sempre levam a imprecisões. Também, nunca se deve determinar valores de H a partir unicamente de dois valores, uma vez que qualquer discrepância é exagerada grandemente nas curvas. Deve-se sempre usar quatro ou mais valores e escolher a curva que coincide melhor.

Conhecendo-se o diâmetro crítico da barra (D_c) de aço e a severidade de têmpera (valor de H), é possível das curvas da fig. 10 calcular o diâmetro ideal (D_i). O diâmetro ideal é definido como o diâmetro no qual o núcleo não endurecido desaparece si a peça fôr temperada no meio

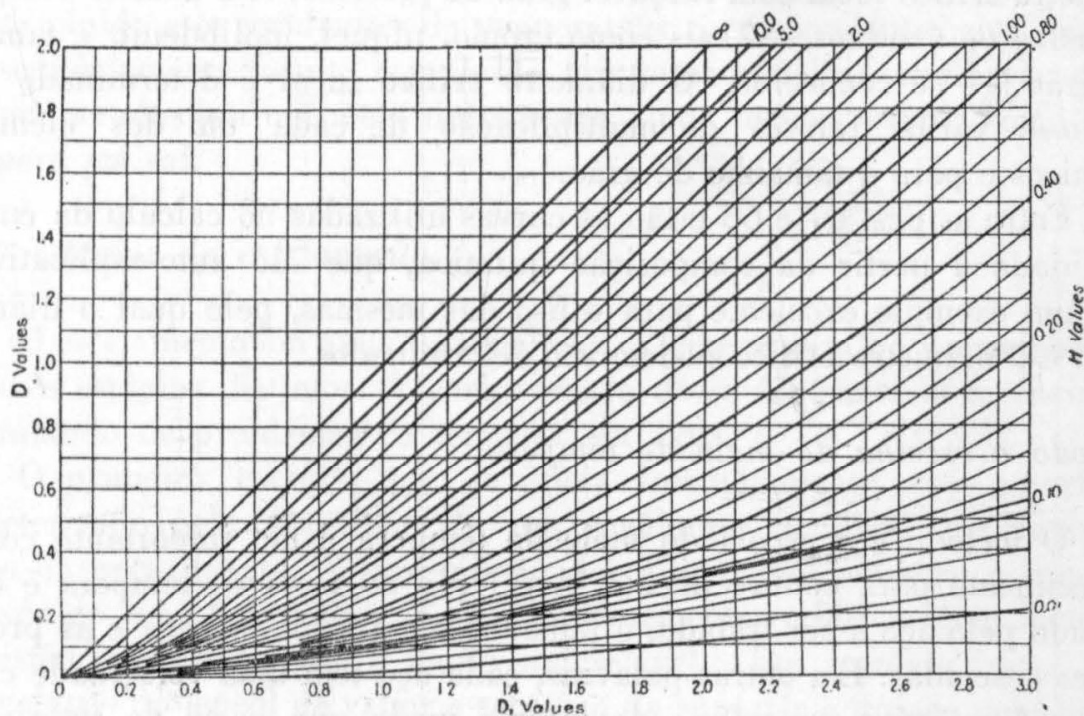


Fig. 10 — Relação entre diâmetro crítico ideal, diâmetro crítico e severidade de têmpera.

de têmpera mais severo possível, denominado *meio de têmpera ideal*, com o valor de H infinito. Êsse valor do diâmetro ideal é usado como referência básica para definição da endurecibilidade. Na fig. 10, as ordenadas

a esquerda são graduadas em função dos valores de D_c , e essas se referem ao tamanho crítico verdadeiro obtido no ensaio. As abcissas correspondem aos valores de D_i , indicando o tamanho crítico que teria sido obtido si o meio de têmpera fôsse ideal, valor de H igual a infinito.

No caso de S. A. E. 3140, no qual o diâmetro crítico para barra temperada em água (D_c) é igual a 1,83", segue-se a linha horizontal até que ela intercepte a linha inclinada que na sua extremidade superior direita marca 1,4. Dessa intercessão desce-se para ler o valor de D_i e verifica-se que é 2,54". A barra temperada em óleo de S. A. E. 3140 — que tem um diâmetro crítico D_c igual a 1,25 e uma severidade de têmpera com $H = 0,41$ tem, pelo mesmo processo, um diâmetro ideal D_i igual a 2,66. Essa verificação é considerada razoável. M. A. Grossmann determinou os valores de H para os diferentes meios de têmpera com vários graus de agitação. Eles estão catalogados na pequena tabela da fig. 11.

Conhecendo-se dois dos seguintes fatores que se referem à endurecibilidade, diâmetro crítico, diâmetro ideal, severidade de têmpera, é possível se determinar o terceiro utilizando-se as várias curvas desenvolvidas por Grossmann. Num trabalho para a A. I. M. E. (1) mostrou êle que é possível calcular-se a endurecibilidade relativa do aço em termos de diâmetro crítico ideal com razoável grau de precisão, si a análise completa, inclusive os resíduos, — tais como cromo, níquel, molibdenio e tamanho do grão — é conhecida. O diâmetro crítico ideal é determinado utilizando-se vários fatores de multiplicação de cada um dos elementos químicos e para o tamanho de grão.

Entre as pgs. 67 e 68 estão as curvas utilizadas no cálculo da endurecibilidade a partir da composição química, que são auto-explicativas e dão um exemplo excelente para o uso das mesmas, pelo qual o diâmetro ideal e o diâmetro crítico podem ser determinados.

Método e escolha do meio de têmpera.

O método e a escolha do meio de têmpera é tão importante como o aquecimento para endurecimento. A seleção do meio de têmpera é determinado pelo aço a ser tratado, o tamanho e a forma da peça e as propriedades desejadas. Em outras palavras, cada aço tem uma velocidade crítica que endurecerá a superfície do mesmo modo que parte do interior até uma determinada espessura, quando uma peça de um certo tamanho é temperada. Uma espessura maior ou menor de endurecimento dependerá do meio de têmpera. Uma peça pequena pode endurecer completamente

(1) — Hardenability Calculated from Chemical Composition.

em sua secção, enquanto que uma peça maior pode não endurecer completamente. Qualquer dos resultados podem ser indesejável, uma vez que a peça maior seja muito frágil e a menor inadequada devido ao aumento insuficiente de dureza. Sob essas condições é necessário se escolher um meio de têmpera que possibilite uma velocidade de esfriamento menor para a peça menor, enquanto a peça maior exigirá meios mais rápidos de esfriamento a menos que um aço adequado seja escolhido.

Há dois líquidos universalmente usados: água e óleo. A água possibilita na prática uma aproximação bastante bôa do máximo teórico em velocidade de esfriamento. É suficientemente rápido para endurecer, sob condições ideais, a superfície de peças bastante pesadas de aços carbono é, entretanto, um meio caprichoso, exigindo numerosas precauções afim de se assegurar, endurecimento uniforme. A têmpera em água é aplicada mais pròpriamente a aços carbono e de baixa liga, designados comumente como aços de baixa endurecibilidade, nos quais produz-se uma faixa fina endurecida em virtude do esfriamento superficial extremamente rápido obtido. Essa camada superficial endurecida causa tensões. Aços carbono em secções complicadas ou assimétricas não podem ser temperados em água sem distorção excessiva ou perigo de fratura. A têmpera em óleo reduz, mas não elimina completamente, a distorsão, porque o esfriamento ainda é relativamente rápido e os gradientes de temperatura correspondentemente grandes. Conseqüentemente formas complexas, tais como matrizes para forja, devem ser temperadas em um meio de têmpera ainda menos severo como ar ou têmpera em sal.

Três estágios de esfriamento.

O esfriamento em água de uma peça à temperatura do vermelho faz-se em três estágios distintos. A compreensão dêsse fenômeno é essencial em se tratando de problemas de têmpera em água.

O primeiro estágio, que se inicia imediatamente após imersão, é caracterizado pela formação de um envólucro completo de vapor em torno da peça quente. A transmissão de calor é por radiação e condução através do lençol de vapor. É, conseqüentemente, relativamente lento e a persistência dêsse estado é muito indesejável. Em segundo lugar, dá-se um colapso do lençol de vapor e secagem da superfície do aço pelo líquido de têmpera, acompanhado de uma ativa fervura. Aí o esfriamento é muito rápido, o calor é levado por grandes massas de vapor e depositado a distância pela recondensação dêsse mesmo vapor. Posteriormente a temperatura superficial da peça imersa cai abaixo da temperatura de ebulição do meio aquoso, o segundo estágio de esfriamento cessa e o esfriamento

prossegue por condução e convecção no líquido. Esse é o estágio final, no qual o esfriamento é relativamente lento e tende para um equilíbrio de temperatura.

A persistência do estágio inicial ou de massas localizadas de vapor causará esfriamento lento das áreas afetadas e permitirá a formação de perlita e pontos moles. Essa é uma dificuldade comum encontrada em têmpera em água.

Têmpera em água: Duas medidas para correção do efeito do vapor se apresentam imediatamente; uso de banho frio para encurtar o tempo de formação de vapor e agitação, tal como uso de um chuveiro submerso, que anule as obstruções. Entretanto, o expediente mais utilizado é a adição de um soluto inorgânico ao banho de têmpera. Os dois agentes mais comuns e efetivos são sal e soda cáustica. Uma adição de 9% do primeiro tem sido considerada ótima para essa finalidade e 3% de soda cáustica tem efeito equivalente.

Essas adições, por abandonarem a solução durante a vaporização e pela decrepitação explosiva subsequente de cristais diminutos na superfície quente, destroem a estabilidade do lençol de vapor e conseqüentemente promovem esfriamento rápido logo de início. Entretanto, o aumento da quantidade desses agentes diminui progressivamente a velocidade de esfriamento no segundo período e conseqüentemente devem ser usados numa concentração certa para máximo de eficiência. Pode-se verificar que o banho de sal não é um meio de têmpera infinitamente mais severo que água comum, como freqüentemente se pensa, mas a adição de sal permite meramente utilização completa do poder esfriador latente da água, removendo a interferência da fase de vapor.

Outro problema importante relativamente ao uso de têmpera em água é a geração de tensões elevadas na peça esfriada. Essas tensões podem levar a rachas ou empenamentos dependendo do tamanho e forma da peça. Mudanças na espessura da secção em uma peça que vai ser temperada em água devem ser levadas a um mínimo e, quando inevitáveis, devem ser tanto quanto possível graduais. Reentrâncias em ângulos agudos produzem concentrações de tensões e freqüentemente fraturas por falhas.

Dimensões críticas em relação a rachas.

Mesmo secções uniformes, tais como cilindros perfeitos, são às vezes passíveis de fratura, particularmente em certas dimensões críticas. Isso é devido à intensidade das tensões residuais que permanecem no aço como resultado de sua transformação martensítica em presença de um gradiente térmico agindo durante a parte final da têmpera em água. No caso de

secções grandes, onde o endurecimento penetra unicamente até uma espessura determinada e permanece um núcleo mole, a existência de tensões superficiais geralmente não é muito prejudicial, mas de fato benéfica, pois as tensões residuais são compressivas e tendem a contrapor-se às tensões de trabalho. Entretanto, uma secção da peça temperada em água que endurece completamente tem a superfície sob tensões residuais cujo valor pode ser excessivamente alto e frequentemente levar a peça a fratura, quando ainda está sendo temperada ou algum tempo depois. A tendência dos aços temperados em água a rachar em determinadas dimensões é geralmente impossível de ser evitada quando as condições críticas existem, e recorre-se a óleo, sal ou aços endurecidos ao ar, como recursos mais econômicos.

São utilizados certos dispositivos afim de se evitar essas rachas sob forma de tentativas para diminuir a severidade de têmpera em água por meio de adições solúveis, ou retirada do banho da parte temperada quando ainda quente, seguido de revenido imediato, etc... Tais práticas raramente são satisfatórias com continuidade razoável e tem sido demonstrado freqüentemente que substituição por aços endurecíveis ao óleo ou mesmo ao ar é, quase sempre, mais barato que utilizar-se de um aço carbono de menos custo com a probabilidade de perda por rachas de uma certa porcentagem das peças.

O uso de uma fonte de ar comprimido como meio de agitação nesses tanques de têmpera não deve ser recomendado, uma vez que o contáto do ar com a peça quente pode ser tão prejudicial como a existência de vapor. No caso de banho com soda pode resultar perda de eficiência do banho com o uso de ar sob pressão, devido à formação acelerada de carbonato de sódio a custa de hidróxido.

A agitação por meio de hélices propulsoras ou injeção por meio de propulsores do líquido de têmpera são os métodos preferíveis. A agitação deve ser planejada e aplicada de modo a obter ação simétrica em todos os lados da peça imersa: isso é importante principalmente para que diminua a distorção de partes relativamente delgadas. Nesse ponto têmpera em sal tem a vantagem de uma ação mais uniforme da que pode ser assegurada por agitação mecânica ou manual em um banho de água fresca.

Têmpera em óleo: Aços carbono comuns são temperados em óleo para completo endurecimento só em secções muito finas; por exemplo, no caso de lâminas de faca. Em secções maiores só se pode esperar endurecimento parcial. Têmpera em óleo de aços carbono comuns é usada algumas vezes no alívio de tensões de partes trabalhadas a frio severamente, tais como cabeças de rebite. Mais comumente, entretanto, aplica-se têmpera em óleo a aços-liga de relativamente baixa ou alta liga para se obter completo

endurecimento com um mínimo de distorção. Tais aços podem ser aços de alto carbono para aplicação em ferramentas ou aços cementados para peças de máquina ou para fins de construção.

O lento estágio inicial de vapor é geralmente de maior duração que a têmpera em água, mas uma vez que as propriedades isolantes do lençol de vapor de óleo são aparentemente menores que aquelas do lençol de água vaporizada, na realidade o esfriamento é mais rápido no primeiro estágio com o uso de óleo. Por essa razão, e devido a baixa velocidade crítica dos aços temperáveis ao óleo, não são encontrados os pontos moles devidos à interferência de camadas de vapor. Devido ao alto ponto de ebulição dos óleos o uso de banho de têmpera aquecido não afeta materialmente a persistência de estágio de vapor.

No segundo estágio de têmpera a velocidade de vaporização relativamente lenta dos óleos possibilita uma severidade de têmpera muito menor do que a da água no estágio correspondente. O aquecimento do banho, entretanto, diminui a viscosidade e dá mobilidade ao óleo, permitindo aumento da convecção e transferência mais rápida de calor, e, conseqüentemente, assegura-se melhores velocidades de têmpera com temperaturas do banho entre 30° a 60°C.

O estágio final de esfriamento em um banho de óleo inicia-se a uma temperatura bem mais alta que no caso da água, e o poder esfriador é aí cerca de metade do correspondente em água. Como conseqüência desses dois fatos atinge-se a temperatura de transformação em martensita mais lentamente. Conseqüentemente as tensões residuais que favorecem rachas ou empenamentos são em menor grau na têmpera em óleo. Fraturas ocasionais de certas peças de aço ferramenta que endurecem completamente podem também ocorrer em têmpera em óleo. Aí a retirada da peça ainda quente e o término do esfriamento ao ar é mais exequível que no caso da água, devido a baixas velocidades de esfriamento. Entretanto esse expediente não é geralmente aplicável onde existem grandes diferenças de espessura na peça.

O desenvolvimento metalúrgico do tratamento térmico nos últimos 10 ou 15 anos tem sido bem maior do que anteriormente. Com esses novos desenvolvimentos é possível se reproduzir resultados uniformes com propriedades máximas, si se tem material também uniforme. O metalurgista hoje acredita que em muitos casos composição química controlada não é resposta para resultados uniformes. Por exemplo:

1 — É possível se ter várias corridas de aço fornecidas dentro da mesma especificação, cada uma com material de endurecibilidade diferente.

2 — Aços-liga, independentemente da composição, tem propriedades mecânicas à tração surpreendentemente análogas.

3 — Alguma das atuais especificações químicas tem uma zona de variação de endurecibilidade muito larga para ser prática.

4 — É necessário um mínimo de endurecibilidade para obter-se resultados desejados e freqüentemente, si a endurecibilidade é excessiva, haverá dificuldades e embaraços no tratamento.

Os consumidores de aço e os fabricantes atualmente levam em consideração êsses fatos e criaram comitês (1) cuja finalidade é padronizar especificações que preencham os seus mutuos interêsses já se tendo chegado a uma conclusão relativa a nova determinação de zonas de endurecibilidade (2).

(1) — Os comitês representam o Iron and Steel Committee of the War Engineering Board, o General Standard Committee of the Society of Automotive Engineers e o Technical Committee of Alloy Steel of the American Iron and Steel Institute.

(2) — Contribution to the Metallurgy of Steel — N.º 11, sob o título Tentative Hardenability Band.

FERROS FUNDIDOS MALEAVEIS

2.^a PARTE

Manoel A. Moraes (1)

Renato Refinetti (2)

3 — ESTUDO TEÓRICO DA MALEABILIZAÇÃO

Dois processos de maleabilização se desenvolveram paralelamente: o processo europeu (maleável de núcleo branco) derivado dos trabalhos de Reaumur Fig. 40 e o processo americano (maleável de núcleo preto) Fig. 41, derivado acidentalmente do primeiro e de muito maior importância no momento atual.

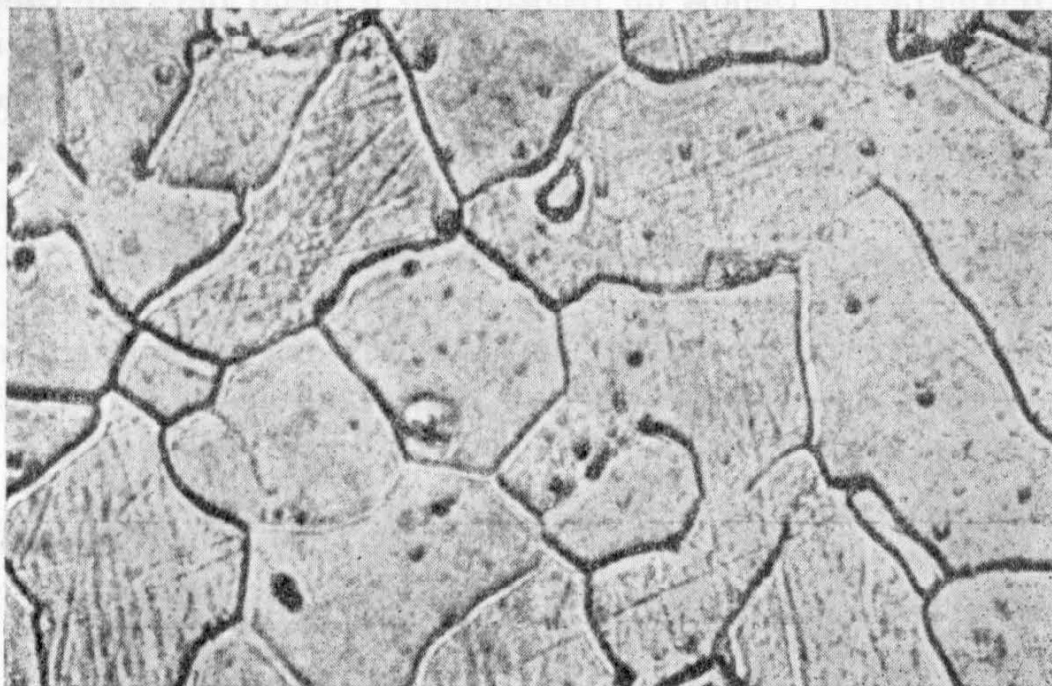


Fig. 40 — Maleável de núcleo branco

Em ambos os processos as peças são vazadas com ferro branco, rico em carbonetos e portanto frágil.

(1) e (2) — Engs. do Departamento de Metalurgia do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, S. Paulo.

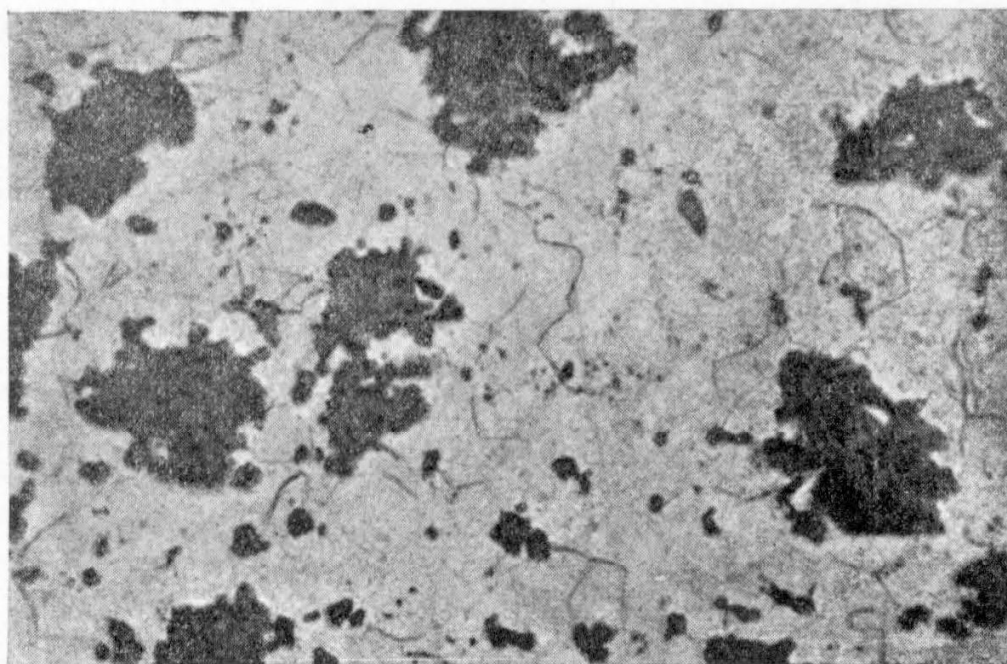


Fig. 41 — Maleável de nucleo preto

No processo americano, um tratamento térmico faz passar o ferro do estado de equilíbrio metaestável, ferro-cementita, ao estado de equilíbrio estável, ferro-grafita. Depois do recozimento o metal deve ser constituído unicamente de matriz de ferrita contendo grafita sob forma nodular.

No processo europeu o carbono é eliminado por um processo *oxidante*. Para peças finas ou para peças de espessura média depois de recozimento prolongado a estrutura obtida é inteiramente ferrítica.

Na prática porém, a diferença entre os dois processos não é tão grande. De um lado, o fenômeno de descarbonetação superficial exerce uma grande influência no recozimento do maleável a núcleo preto e influe grandemente nas suas propriedades; de outro lado na maleabilização pelo processo europeu intervém sempre uma grafitização pelo menos parcial do carbono.

É possível pois fabricar uma série completa de maleáveis de tipo intermediário em parte grafitizados e em parte descarbonetados.

Teoria da grafitização.

Para o estudo da grafitização, seja um maleável americano de composição química corrente: C = 2,5; Si = 1,0; manganês em pequeno excesso sobre a quantidade necessária à neutralização do enxôfre e fósforo inferior à 0,20%. O metal será seguido desde o estado líquido antes da moldagem até o resfriamento completo depois do recozimento.

Diagrama de Equilíbrio Fe-C

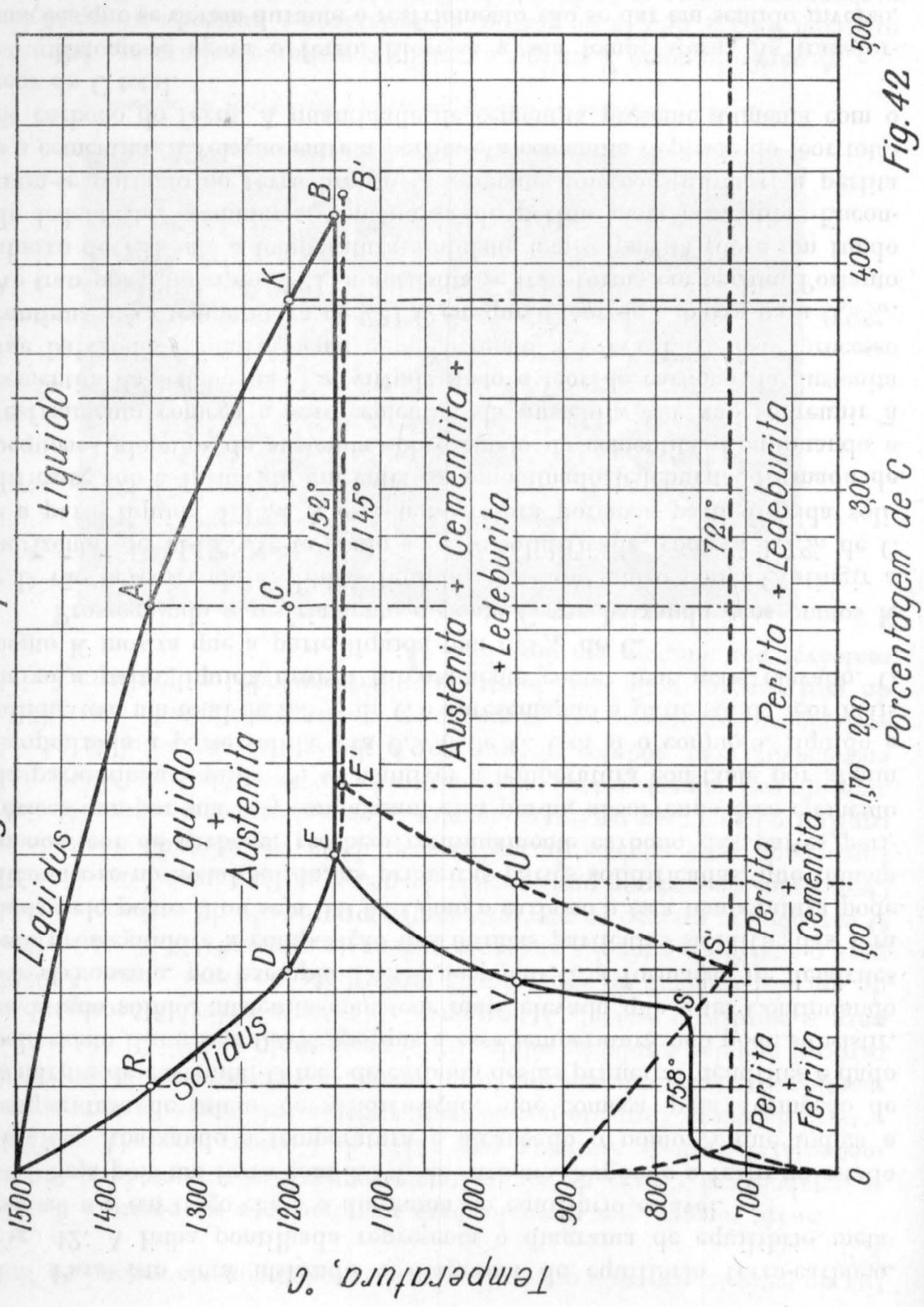


Fig. 42

Para isto será utilizado o diagrama de equilíbrio ferro-carbono. Fig. 42. A linha pontilhada representa o diagrama de equilíbrio metaestável e a em traço cheio o diagrama do equilíbrio estável.

Seja pois um ferro com 2,5% de carbono. Supõe-se o ferro no estado líquido. Abaixando a temperatura é alcançado o ponto A que indica a temperatura de início de solidificação, que começa pela formação de dendrites de austenita. O teor de carbono destas primeiras dendrites é dado pelo ponto R, ou seja 0,4%, porque a essa temperatura não pode subsistir, no estado sólido, austenita com teor mais elevado que este. Continuando o resfriamento, por exemplo 1200°, no ponto C, a formação de dendrites terá prosseguido e a composição das últimas partículas solidificadas será dada pelo ponto D ou seja 0,9%. Como o carbono a esta temperatura pode difundir-se no metal sólido, as primeiras partes solidificadas, que tinham menor teor de carbono, recebem continuamente carbono das partes periféricas que por sua vez, compensam essa perda, absorvendo esse elemento da parte ainda líquida. Si se mantiver a temperatura constante por algum tempo, toda a parte sólida terá 0,9% de C. Ora si o conjunto, líquido e sólido, tem um total de 2,5% de C e apresentando a parte sólida teor mais baixo a parte líquida deverá forçosamente conter teor mais elevado. O ponto K mostra que a parte líquida tem 3,8% de C.

Prosseguindo o resfriamento o ponto C vai baixando e os pontos K e D vão percorrendo as linhas liquidus e solidus até o ponto C atingir a horizontal de 1145°. Neste ponto a parte solidificada, conterá 1,7% de C e a parte líquida 4,3%. A essa temperatura porém a parte líquida solidifica-se sob a forma de um eutético denominado ledeburita, formado de pequenos glóbulos de austenita sobre fundo de cementita. Continuando o resfriamento começa a sair cementita da austenita que vai se reunir à cementita da ledeburita. Em virtude disto o teor de carbono da austenita vai baixando gradativamente e percorrendo a curva E'S'. Este processo continua até a temperatura de 721°C em que o teor de C baixa para 0,9%. Ao transpor a linha dos 721° a austenita se transforma em perlita. Portanto abaixo de 721° até a temperatura ambiente tem-se perlita sobre um fundo de ledeburita, secundária, constituída de perlita mais cementita. Encontram-se portanto no ferro branco unicamente dois constituintes: a perlita e a cementita. A relação entre a perlita e a cementita depende do teor total de carbono do ferro. A quantidade de cementita presente aumenta com o teor de C total.

Retome-se agora o ferro. Eleve-se a sua temperatura. As transformações que se deram durante o resfriamento vão se dar em sentido inverso.

Ao atravessar a horizontal de 721°C a perlita se transforma em austenita. Aumentando a temperatura a austenita vai absorver parte da cemen-

tita do eutético elevando o teor de carbono gradativamente segundo a linha E'S'.

Si fôr tomado, por exemplo, para recozimento a temperatura de 950° se estabelecerá depois de algum tempo o equilíbrio segundo o sistema metaestável tendo-se austenita com 1,3% de C como mostra o gráfico e o resto da massa formado por cementita. Sob a influência da temperatura mantida constante durante um longo tempo, a cementita se decompõe em carbono nodular e solução sólida, isto é passa-se do equilíbrio metaestável para o equilíbrio estável. A passagem ao sistema estável é acompanhada de um abaixamento de solubilidade do carbono no ferro gama. A 950°C para o equilíbrio estável a austenita poderá ter somente 0,85% de carbono. O carbono em excesso se precipita também no estado de carbono nodular. Os nódulos de carbono provenientes da decomposição inicial da cementita funcionam como núcleos de grafitização. Uma vez atingido o estado de equilíbrio não é mais necessário manter o ferro a esta temperatura. O metal antes do resfriamento estará pois constituído por austenita com 0,85% de C entremeada com nódulos de grafita. A diminuição da solubilidade do carbono no ferro gama e a migração do carbono precipitado aos nódulos de grafitização pode ser mostrada interrompendo a grafitização do maleável por têmpera em óleo Fig. 43.

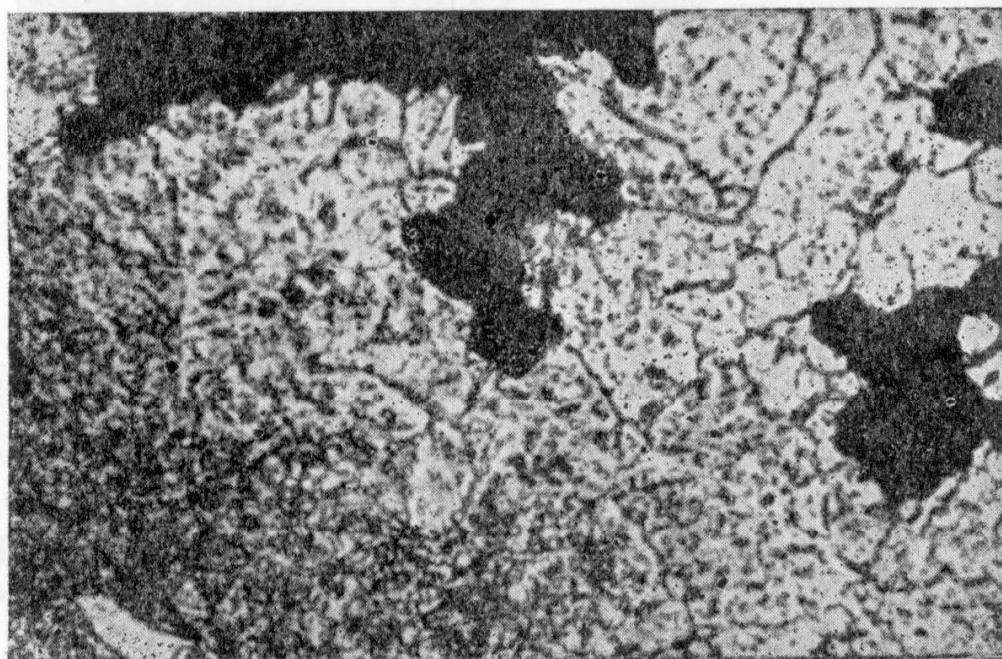


Fig. 43 — Migração do carbono precipitado aos nódulos de carbono

A partir do ponto V em que o metal é constituído unicamente de austenita com 0,85% de C e de grafita, ao resfriar-se a austenita precipita seu carbono em excesso segundo a linha E. S., até atingir no ponto S a concentração de 0,7% de carbono.

Uma vez atingido o ponto S pode-se agir de 2 modos:

- 1) Mantendo-se o metal algum tempo a uma temperatura pouco abaixo do ponto crítico, a cementita da perlita devido a sua tendência a se decompôr vae depositando a sua grafita nos nódulos originais de grafitização. A Fig. 44 mostra esta estrutura intermediária.

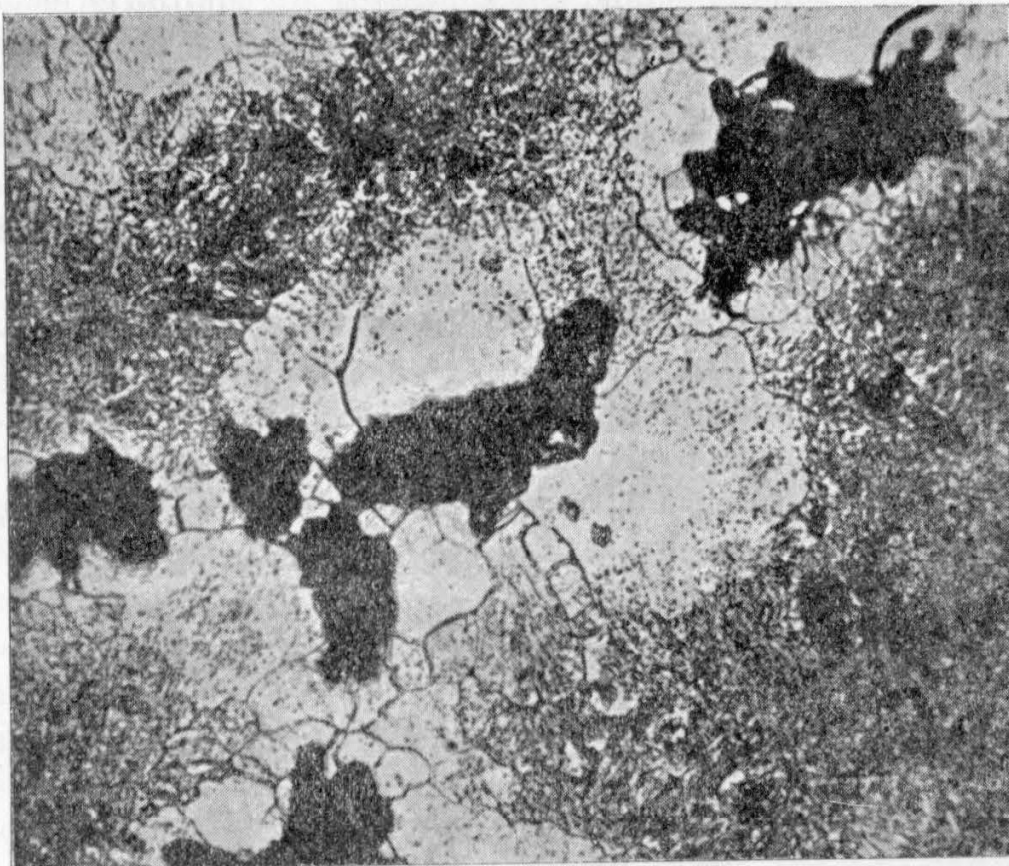


Fig. 44 — Estrutura intermediária na confecção de maleável de nucleo preto

- 2) Si o resfriamento fôr lento nas vizinhanças do ponto S há oportunidade para que o carbono que está dissolvido no ferro gama, formando uma solução sólida, se precipite dando ferro e grafita. A grafita se deposita novamente nos nódulos originais que então ficam envolvidos por um anel de ferrita formando o olho de boi (“bull’s eye”) como se vê na Fig. 45. O processo pode ser conduzido de modo suficientemente lento para que os olhos de boi formados sejam tão largos para permitir completa grafitização e impedir a formação de perlita lamelar.

O resultado final em ambos os casos é visto na Fig. 46.

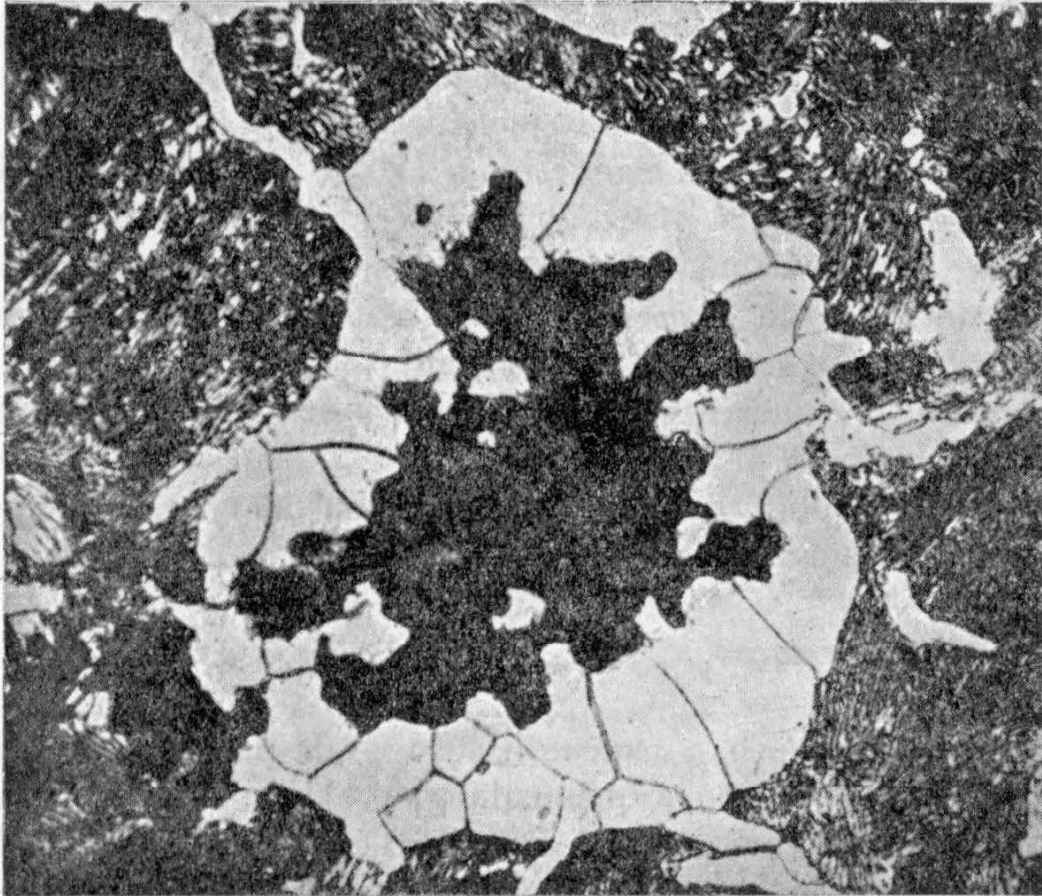


Fig. 45 — Olho de Boi

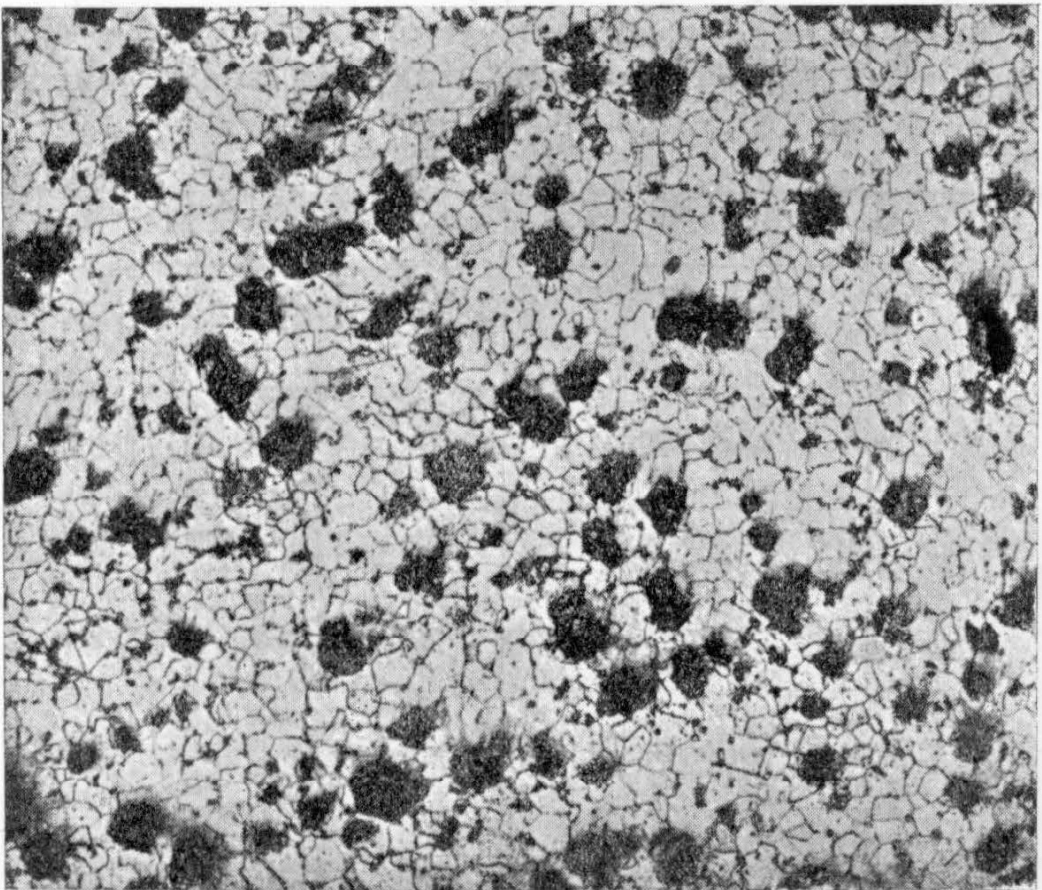


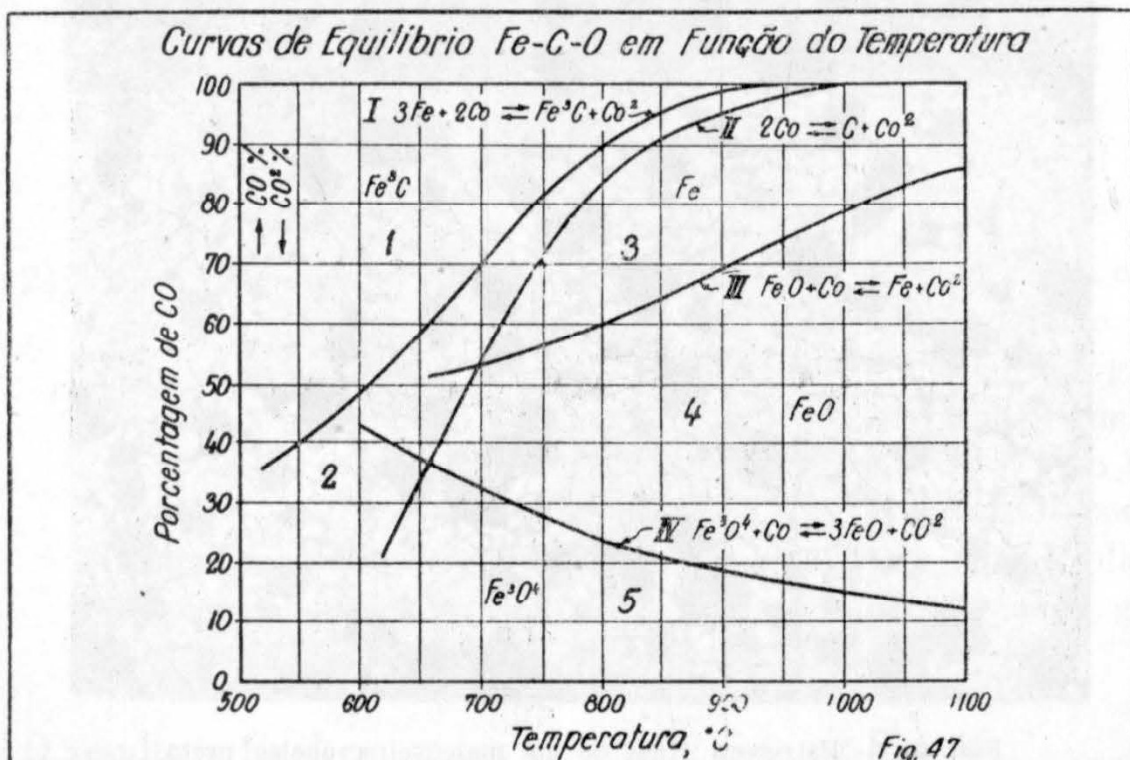
Fig. 46 — Estrutura final de um maleável a nucleo preto

Os núcleos de grafitação se formam sempre na superfície da cementita e a probabilidade de ter um grande número deles aumenta quando a cementita no ferro original é finamente dividida.

Quando um ferro branco é aquecido a 1700° ou 1800°F e rapidamente resfriado, observa-se que a distribuição da cementita não muda mas esta adquire uma granulação muito mais fina. Isto é, há um grande aumento no número de grãos de cementita. Como os núcleos de grafitação se formam nos contornos dos grãos de cementita o pré-aquecimento aumenta muito o número de núcleos que irão aparecer durante a maleabilização. Aumentando o número de núcleos diminui-se o tempo necessário para o recozimento. Isto explica porque o pré-aquecimento encurta o ciclo de maleabilização para um mesmo ferro.

Teoria da descarbonetação.

No processo europeu a maleabilização é obtida principalmente por descarbonetação. O carbono é queimado pelo oxigênio com formação de CO^2 que reage sobre o carbono para dar CO. O equilíbrio seria rapidamente atingido em vaso fechado se não fossem tomadas providências para restituir aos gases que envolvem os moldes o seu poder oxidante. Na prática essa regeneração é feita por meio da adição de um minério de ferro, geralmente a hematita Fe_2O_3 , que, em contato com o CO a alta temperatura perde seu oxigênio regenerando CO_2 . Êste processo de combustão do carbono do ferro pelo CO_2 com formação de CO, regeneração do CO_2 pelo

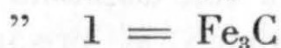
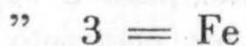
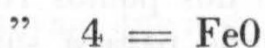
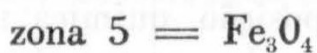


oxigênio do minério prossegue até o desaparecimento quase completo do carbono. Nas peças de pequena espessura a eliminação pode ser completa, mas nas peças de maior espessura isto só seria obtido após aquecimento por demais prolongado.

Para compreender melhor as reações e condições de equilíbrio é necessário estudar as curvas de equilíbrio do ferro, carbono e oxigênio em função da temperatura. Fig. 47.

As reações indicadas no diagrama para cada curva se darão da esquerda para a direita quando as condições de temperatura e de composição da mistura gasosa são representadas por um ponto acima da referida curva. Inversamente elas se darão da direita para a esquerda para pontos abaixo da curva.

Os produtos estáveis nas várias zonas são:



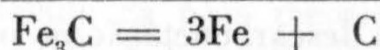
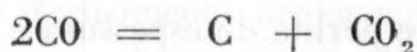
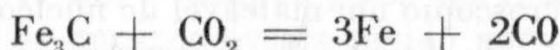
O recozimento do ferro póde ser feito em 3 zonas:

1) Acima da linha I.



Nesta zona um pedaço de ferro absorve carbono por cementação. O equilíbrio porém é rapidamente atingido.

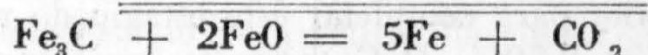
2) Entre as curvas I e II as reações que se produzem são:



Nesta região não se produz pois nem carbonetação nem descarbonetação, mas simplesmente decomposição da cementita em C e Fe.

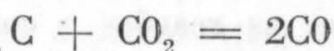
É a região do maleável a núcleo preto.

3) Abaixo da linha II na zona 3:



O OFe, que se origina da hematita a alta temperatura vae oxidar o C da cémentita dando ferrita e CO₂.

Tem-se ainda, mas em menor escala, a oxidação diréta da grafita secundária pelo CO₂.



É na zona 3 que se dá a descarbonetação.

Estas curvas de equilíbrio explicam: 1) o mecanismo da regeneração pelos óxidos de ferro dos gases carregados de CO pela combustão; 2) que o carbono sob forma combinada pode ser oxidado; 3) que sob esta forma êle é mais facilmente eliminado que sob a forma livre.

Admite-se que a ação oxidante dos gases é sobretudo superficial. Sob esta ação a superfície da peça se descarboneta. O núcleo do metal ficando mais rico em carbono, a composição química tende a se igualar por migração do carbono em solução dos pontos ricos para as partes pobres neste elemento. Êste carbono levado para a superfície se acha sujeito à ação dos gases e se oxida por sua vez, enquanto que no âmago a cémentita e depois eventualmente, o carbono já precipitado pelo aquecimento, continua a se dissolver.

Descarbonetação do maleável americano.

Verifica-se na prática que o maleável a núcleo preto sofre uma descarbonetação parcial e que o maleável a núcleo branco sofre uma grafitização parcial.

Observando ao microscópio um maleável de núcleo preto vê-se a partir da superfície uma zona de ferrita de largura variável seguida para o interior de uma zona de perlita de espessura e densidade também variáveis seguida pela estrutura ferro-carbono.

Deve-se considerar a descarbonetação no primeiro estágio (manutenção a alta temperatura) e no seundo estágio (resfriamento lento).

Durante o primeiro estágio a descarbonetação não tem nenhum efeito benéfico. Pelo contrário, ela prolonga o segundo estágio. Algumas considerações mostrarão como isto se dá.

Um ferro de alto teor em carbono é recozido muito mais rapidamente no primeiro estágio que um ferro de baixo teor de carbono. Isto é, um ferro contendo 2,70% de carbono é recozido completamente (primeiro estágio) num tempo curto. Mas se êle tiver 1,70% de carbono necessitará de um tempo muito maior para completar êste estágio do recozimento. Si o núcleo da peça contém 2,70% de C enquanto que a periferia contém

somente 1,70% de C, que é o resultado da descarbonetação durante os estágios iniciais do tratamento térmico, é claro que a periferia da peça não pode ser recozida com a mesma velocidade que o núcleo, e que esta condição se estenderá na direção do centro até um ponto onde o teor de C corresponde à temperatura do limite de crescimento. Se o metal fôr conservado à temperatura por um tempo suficientemente grande para recozer o mais baixo C produzido pela descarbonetação ocorrida então a tempo requerido para o segundo estágio não será afetado.

De um modo geral, na prática, o grau de descarbonetação excede o tempo limite dos ciclos usuais e portanto é levada para o segundo estágio uma película pouco grafitizada que vai requerer um tempo muito longo para recozimento completo. Uma vez que o segundo ciclo usual não é suficientemente longo para contrabalançar isto haverá uma camada de perlita na peça.

Estas considerações provam que a descarbonetação durante a primeira parte do ciclo de recozimento é coisa que deve ser evitada o mais possível uma vez que ela prolonga o tempo total de recozimento.

No fim do primeiro estágio o metal tem uma matriz que contém uma grande porção de C sendo a êste respeito equivalente à um aço de alto carbono.

Na prática comercial o ferro não tem teor de C uniforme desde o interior até a superfície. Usualmente acha-se que o carbono é mais baixo nas partes próximas da periferia.

O carbono poderá ser removido da matriz por grafitização ou por oxidação. É concebível que o carbono possa ser removido das partes periféricas da estrutura de um modo mais rápido por oxidação da superfície do que por grafitização por recozimento prolongado, como o requerido pelas áreas de baixo carbono como foi mostrado. Foram observados casos onde uma camada descarbonetada na peça recozida, consiste de um todo de ferrita envolvendo uma estrutura de perlita que desaparece no núcleo completamente recozido. A explicação disto parece ser que durante o primeiro estágio houve uma forte ação descarbonetante que produziu o que, por recozimento ordinário, seria uma borda de perlita, mas esta borda foi removida da periferia por oxidação durante o segundo estágio. Portanto a perlita restante está localizada profundamente e é inadmissível sob o ponto de vista da trabalhabilidade. Êstes fatos parecem sugerir que seja possível por meio de artifícios escolher uma atmosfera carbonetante durante o primeiro período e ao mesmo tempo bastante descarbonetante durante o segundo estágio para retirar da superfície do metal os efeitos indesejáveis do primeiro estágio incompleto.

No problema do maleável deve sempre ser levada em conta a trabalhabilidade da peça fundida o que é de capital importância. Uma camada profunda de perlita nas peças fundidas tende a embaraçar as ferramentas de corte causando a queima das mesmas e o rachamento do metal. Si a superfície da peça maleável pudesse ser tão facilmente trabalhada como a parte central, teríamos um ótimo resultado sempre desejável. Si na superfície houver também nódulos de grafita como no interior, êstes nódulos funcionarão como lubrificante permitindo uma boa usinagem da ferrita. Um produto dêstes seria certamente um ferro maleável de qualidades superiores. Para produzir metal com estas características é necessário evitar todos os traços de descarbonetação durante o primeiro estágio de recozimento. Isto é impossível empregando seja qual fôr o material de enchimento. Qualquer material, livre dos óxidos de ferro, absorverá oxigênio suficiente para retirar carbono da superfície das peças. O único meio conhecido para fazer isto é o emprêgo de atmosfera especialmente preparada para êste fim. Para evitar a descarbonetação do ferro deve-se usar atmosfera carbonetante. Há porém limitações práticas a êste emprêgo.

Depois do ferro ter atingido a mais alta temperatura, a grafitização do carbono combinado se dá rapidamente e, portanto, depois de pouco tempo o carbono da matriz é muito reduzido. Quando estas reações se dão em presença de uma atmosfera rica em hidrocarbonetos, virá um momento em que ela cessa de ser unicamente protetora, no sentido de não permitir a perda de carbono do metal, e começará a carbonetar o ferro particularmente quando a quantidade de carbono da matriz torna-se muito baixa de modo a permitir que a reação prossiga. Si essa atmosfera fôr mantida durante todo o primeiro estágio de recozimento, as superfícies da peça poderão ficar com uma capa de metal carbonetado de uma forma tal que impossibilite a grafitização. Êste fato deve ser reconhecido como uma limitação importante no emprêgo dos hidrocarbonetos ou gases similares como atmosferas protetoras. Na prática êste inconveniente é facilmente contornado. Se o fluxo dêstes gases fôr contínuo desde o momento em que o metal atingiu a temperatura máxima por um período de 2 horas mais ou menos, não haverá nenhum efeito nefasto e êste tempo é suficiente para proteger a peça contra qualquer descarbonetação. Isto reterá o carbono original na superfície do metal.

Quando isto fôr feito se terá como resultado um tempo necessário para o primeiro estágio muito reduzido e um metal que responderá mais rapidamente ao segundo período de recozimento, resultando um tempo total de recozimento muito inferior ao empregado normalmente.

4 — CICLOS DE RECOZIMENTO

Deve-se distinguir, segundo o tipo de ferro a maleabilizar, os recozimentos para maleável a núcleo branco e para maleável a núcleo preto.

Na Europa é o processo descarbonetante quase que o único empregado sendo por isto o maleável a núcleo branco chamado de maleável europeu.

Na América do Norte emprega-se o recozimento grafitizante, donde o nome de maleável americano dado ao de núcleo preto. Será visto primeiro o recozimento do maleável europeu.

Como durante o recozimento procura-se descarbonetar as peças, é evidente que as peças finas serão mais rapidamente descarbonetadas que as peças grossas e que a duração do recozimento deverá ser tanto mais longa quanto mais espessas forem as peças. Como a maior parte das fundições não fabrica unicamente peças da mesma espessuras, elas são obrigadas a fazer funcionar os seus fornos segundo ciclos diversos conforme a espessura das peças. É por isto que as peças fundidas são divididas em 3 grupos: finas, médias e espessas, tendo cada uma delas um ciclo de recozimento próprio.

Para a composição dada, para peças finas de espessura de 4 a 8mm são necessárias apenas 38 horas à temperatura de 950°C. Tem-se então o ciclo I, fig. 48.

Para peças médias de 8 a 10 mm de espessura a temperatura à atingir deve ser de cerca de 980°C e o aquecimento deve ser mantido durante 62 horas. Ciclo II, fig. 49.

Para peças espessas de 15 a 25 mm a temperatura seria de 1000°C durante 96 horas ou mais. Ciclo III, fig. 50.

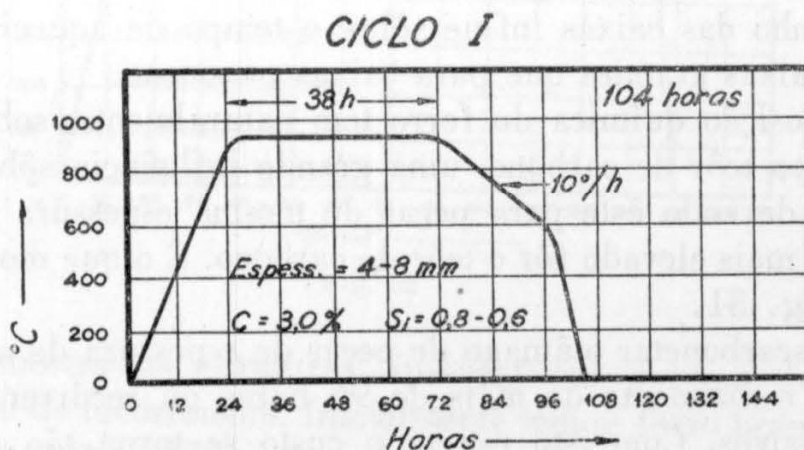


Fig. 48

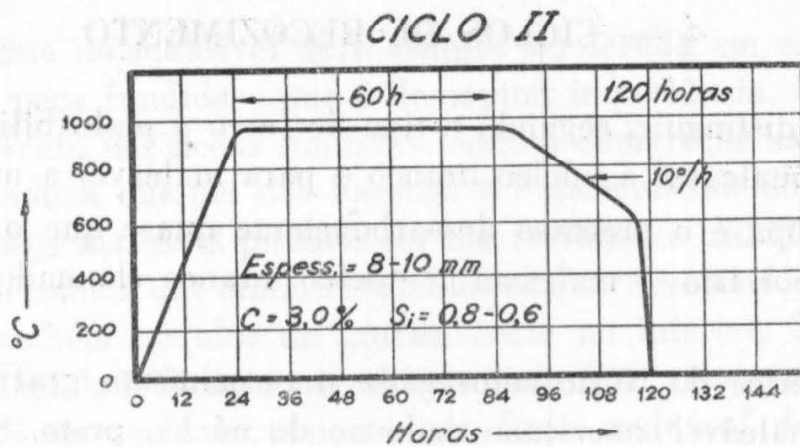


Fig. 49

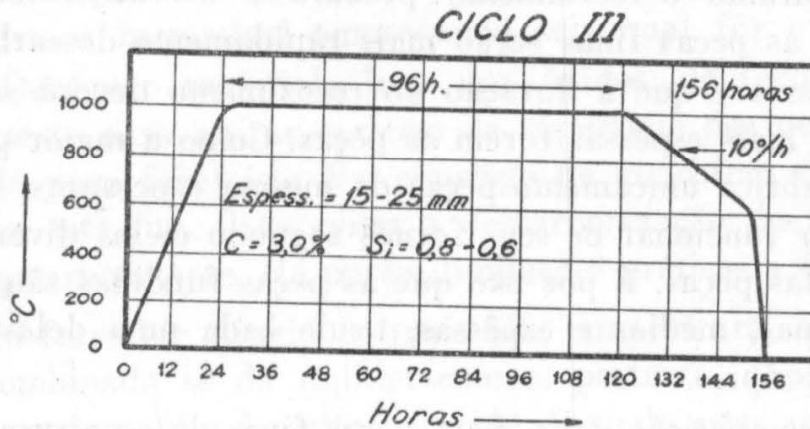


Fig. 50

A temperatura máxima de 1000° não deve ser ultrapassada pois com isto aumenta o perigo de incidentes de fabricação. O material de enchimento contém constituintes que fundem a 1000° aderindo à superfície das peças donde só poderá ser retirado com grande trabalho. Enfim o desgaste das caixas de recozimento aumenta rapidamente com a temperatura, de modo que o recozimento a alta temperatura é mais caro, mesmo não considerando o consumo de combustível.

O tamanho das caixas influe sobre o tempo de aquecimento. É mais longo para caixas grandes que para caixas pequenas.

A composição química do ferro tem naturalmente, sobretudo no que diz respeito ao teor de carbono, uma grande influência sobre o tempo de recozimento, devendo este para peças de mesma espessura ser tanto mais longo quanto mais elevado for o teor de carbono. É o que mostram os ciclos IV, V, VI, fig. 51.

Para descarbonetar o âmago de peças de espessura de mais de 20 mm é necessário recozimento de mais de 96 horas ou recorrer a dois recozimentos sucessivos. Com isto porém o custo se torna tão elevado que o processo oxidante não tem mais interesse.

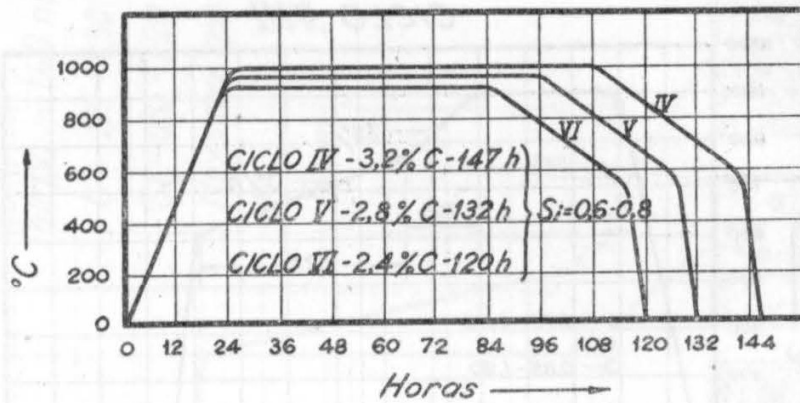


Fig. 51

Para o ferro maleável de núcleo preto o ciclo apresenta um aspecto bem diferente.

Inicialmente temia-se que um resfriamento rápido desde 950° até 750° pudesse dar martensita. Por isto os primeiros ciclos tinham o aspecto do ciclo VII, fig. 52. Consiste em: aquecimento até 900° ; manutenção a essa temperatura durante cêrca de 36 a 40 horas; resfriamento lento a razão de 6° a 3° por hora até 600 a $650^{\circ}C$.

Verificou-se depois que a martensita só se forma quando a velocidade de resfriamento fôr muito grande, além dos limites práticos. Pude-se então modificar o ciclo.

Atualmente nas indústrias americanas emprega-se o ciclo VIII fig. 53.

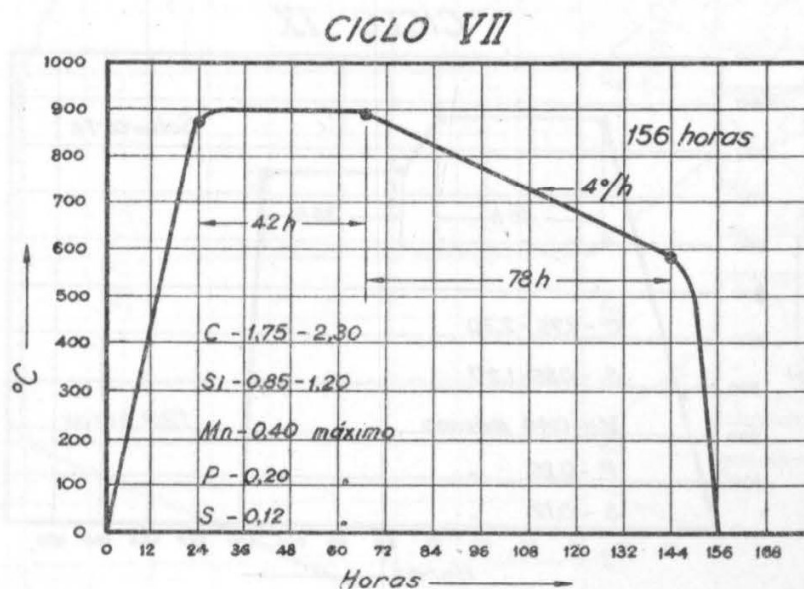


Fig. 52

A fig. 54 mostra as estruturas apresentadas por um ferro branco durante êste ciclo de recozimento. Inicialmente tem-se ferro branco formado de perlita e cementita. Elevando-se a temperatura logo acima de 721° começam a se formar áreas de austenita e a 950° tem-se cementita e grandes

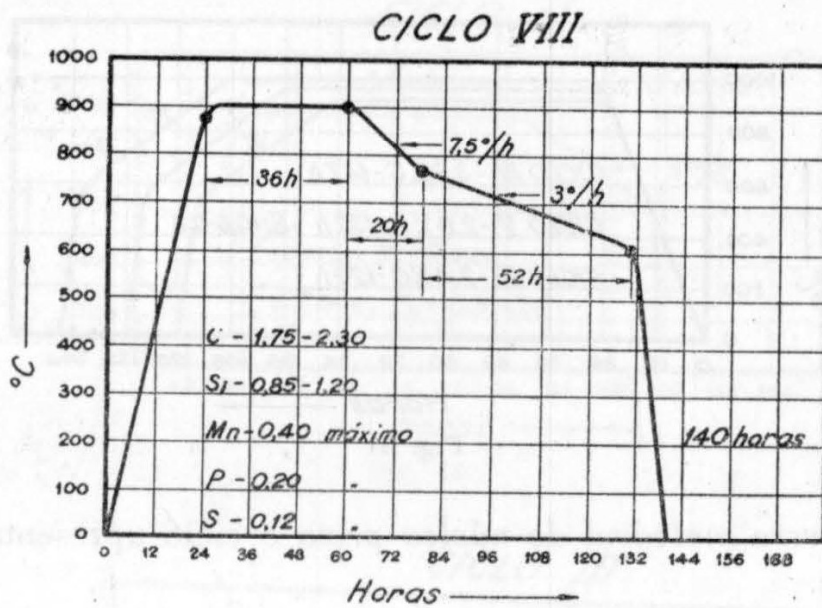


Fig. 53

áreas de austenita. Mantendo durante algum tempo a temperatura de 950° a cementita se decompõe. Tem-se então unicamente cristais de austenita com nódulos de grafita. Pelo resfriamento rápido a austenita liberta seu carbono e no fim deste período encontra-se austenita com 0,7 de C e nódulos de grafita. Pelo resfriamento lento através da zona crítica tem-se a princípio ferrita, perlita e grafita e finalmente somente ferrita e grafita. De 600° até a temperatura ambiente não há modificação de estrutura.

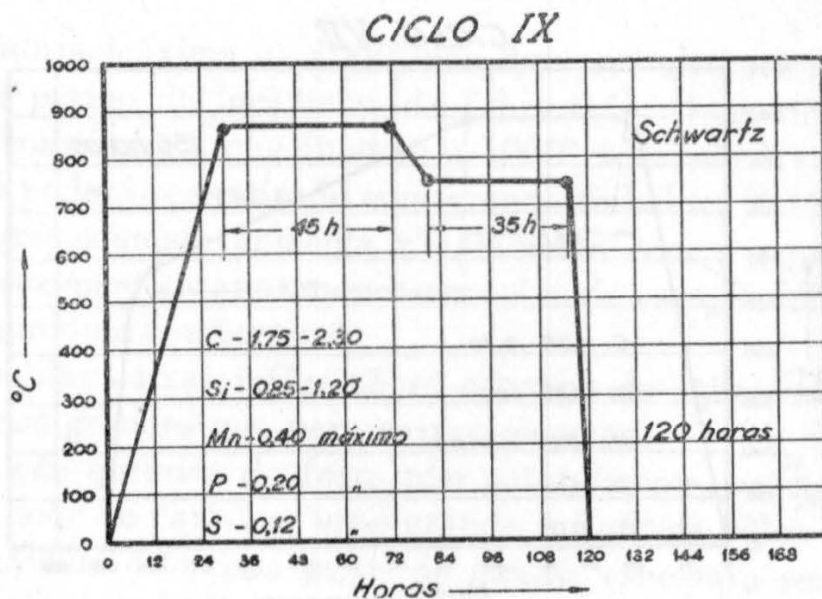


Fig. 54

O especialista americano Schwartz indica para recozimento o ciclo IX, fig. 55. Consiste: elevação da temperatura durante 30 horas até atingir 870° ; retenção a esta temperatura durante 45 horas; retirada do material do forno e colocação em outro a temperatura mais baixa, 750° ; retenção a

CICLO DE RECOZIMENTO PARA MALEÁVEL TIPO AMERICANO

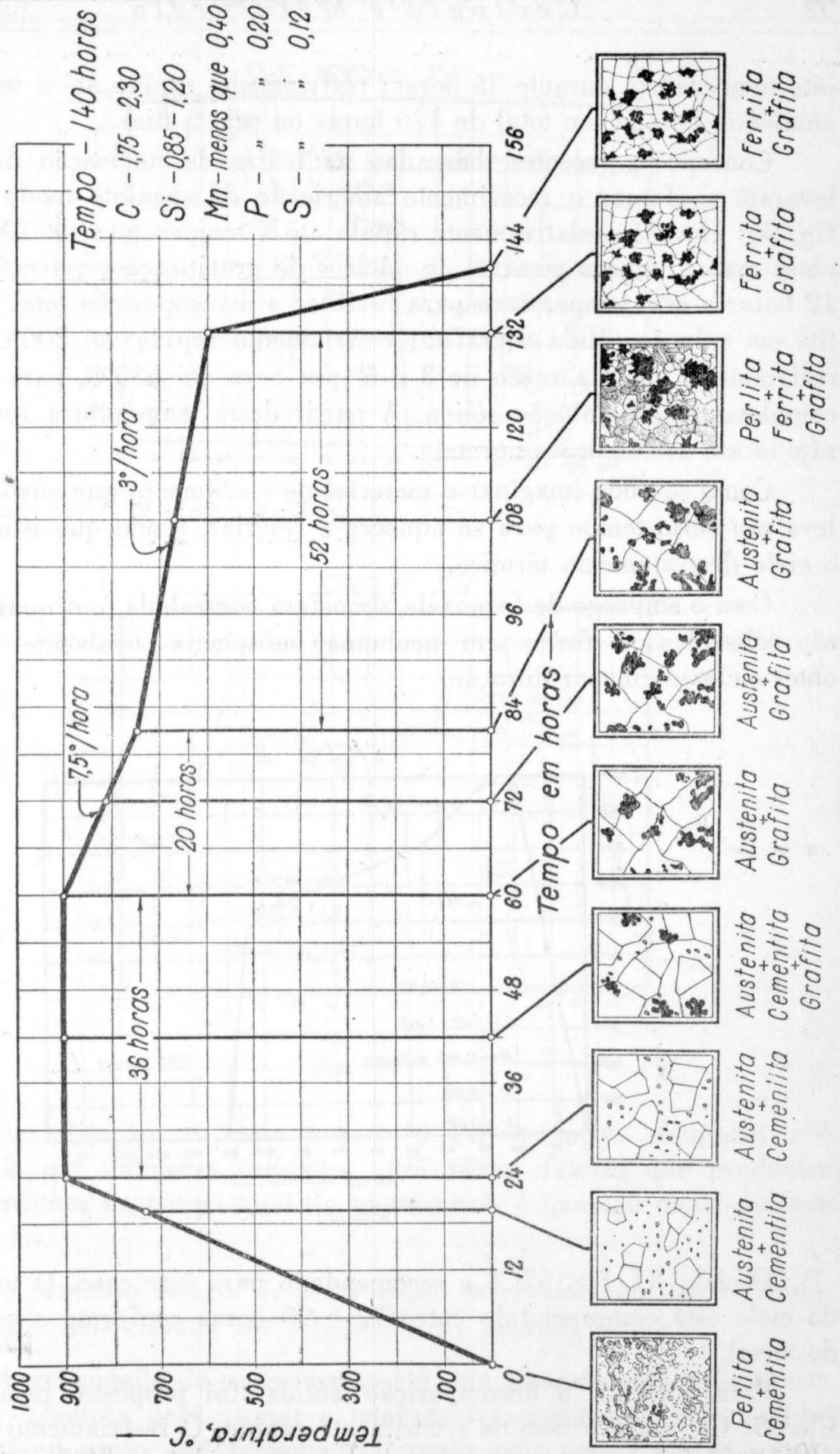


Fig. 55

esta temperatura durante 35 horas; resfriamento rápido até a temperatura ambiente. Isto dá um total de 120 horas ou seja 5 dias.

Concepções recentes, baseadas na teoria da nucleação de Tamann levaram a efetuar o recozimento americano do seguinte modo: ciclo X, fig. 56: elevação relativamente rápida até a temperatura de 1000°C para obter maior número possível de núcleos de grafitização; retenção durante 12 horas a esta temperatura para facilitar a decomposição total da cemen-tita em solução sólida e grafita; resfriamento rápido até 800°C e depois resfriamento lento a razão de 3 a 5° por hora até 650°C, para decompôr completamente a solução sólida. A partir desta temperatura resfriamento rápido até as condições normais.

Como se pode imaginar o material de enchimento que envolve a peça leva um certo tempo para se aquecer e resfriar, sendo que isto prolonga o ciclo de tratamento térmico.

Com o emprêgo de fornos de atmosfera controlada, nos quais as peças são colocadas no forno sem nenhuma substância envolvente é possível obter ciclos de menor duração.

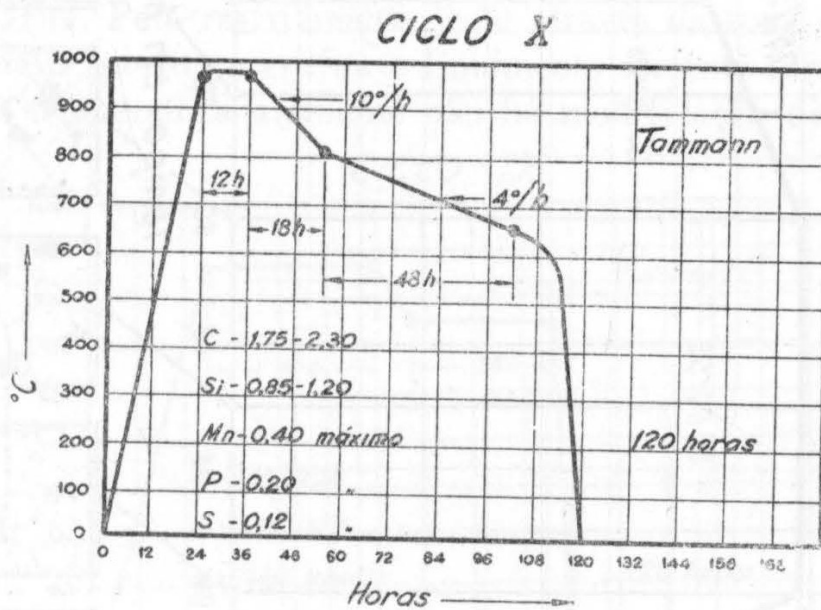


Fig. 56

O ciclo XI, fig. 57, é o recomendado para êste caso. O tempo total do ciclo está compreendido entre 72 e 90 horas conforme a composição do metal.

Para acelerar a decomposição sólida foi proposto pela General Electric Co. um processo de recozimento rápido. O resfriamento no campo perlítico é feito em 2 patamares. A duração total é de 30 horas. É o que nos mostra o ciclo XII, fig. 58.

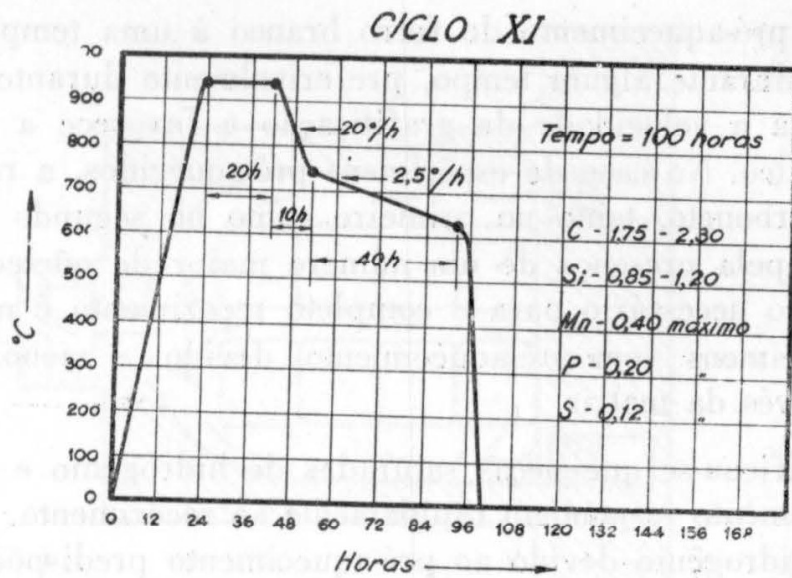


Fig. 57

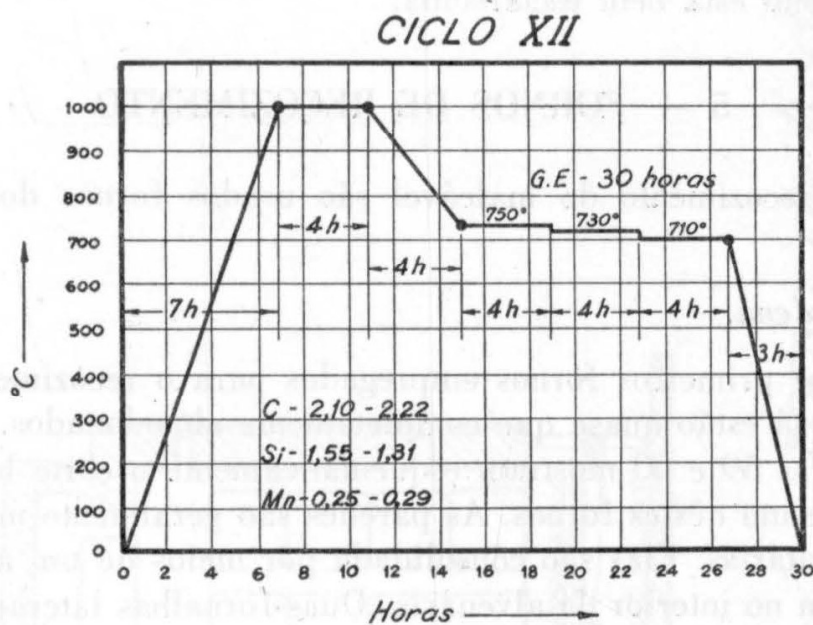


Fig. 58

A maleabilização do ferro branco é um fenômeno complexo e é influenciado por inúmeras variáveis. Há vários fatores que produzem efeitos marcantes no tempo total de recozimento e que são quase sempre desconhecidos.

a) O primeiro estágio de grafitização se efetua tanto mais rapidamente quanto mais elevada fôr a temperatura máxima do ciclo.

b) A velocidade de aquecimento até esta temperatura também tem influência. A estufa deve atingir a temperatura máxima o mais rapidamente possível, sendo esta velocidade limitada pela resistência às trincas da caixa e das peças.

c) Um pré-aquecimento do ferro branco à uma temperatura entre 600 e 750°F durante algum tempo, preferivelmente durante mais de 10 horas, aumenta a velocidade de grafitização e favorece a formação de carbono grafítico. No caso de espécimens pré-aquecidos, a rápida decomposição do carboneto, tanto no primeiro como no segundo estágio pode ser explicada pela presença de um número maior de núcleos de grafitização. O tempo necessário para o completo recozimento é menor que no caso de espécimens sem pré-aquecimento devido a menor distância a percorrer através da matriz.

d) Verificou-se que peças saturadas de hidrogênio e submetidas a um pré-aquecimento respondem rapidamente ao recozimento. Supõe-se que o escape de hidrogênio devido ao pré-aquecimento predispõe a formação de um número maior de núcleos de grafitização. Esta influência do hidrogênio ainda não está bem esclarecida.

5 — FORNOS DE RECOZIMENTO

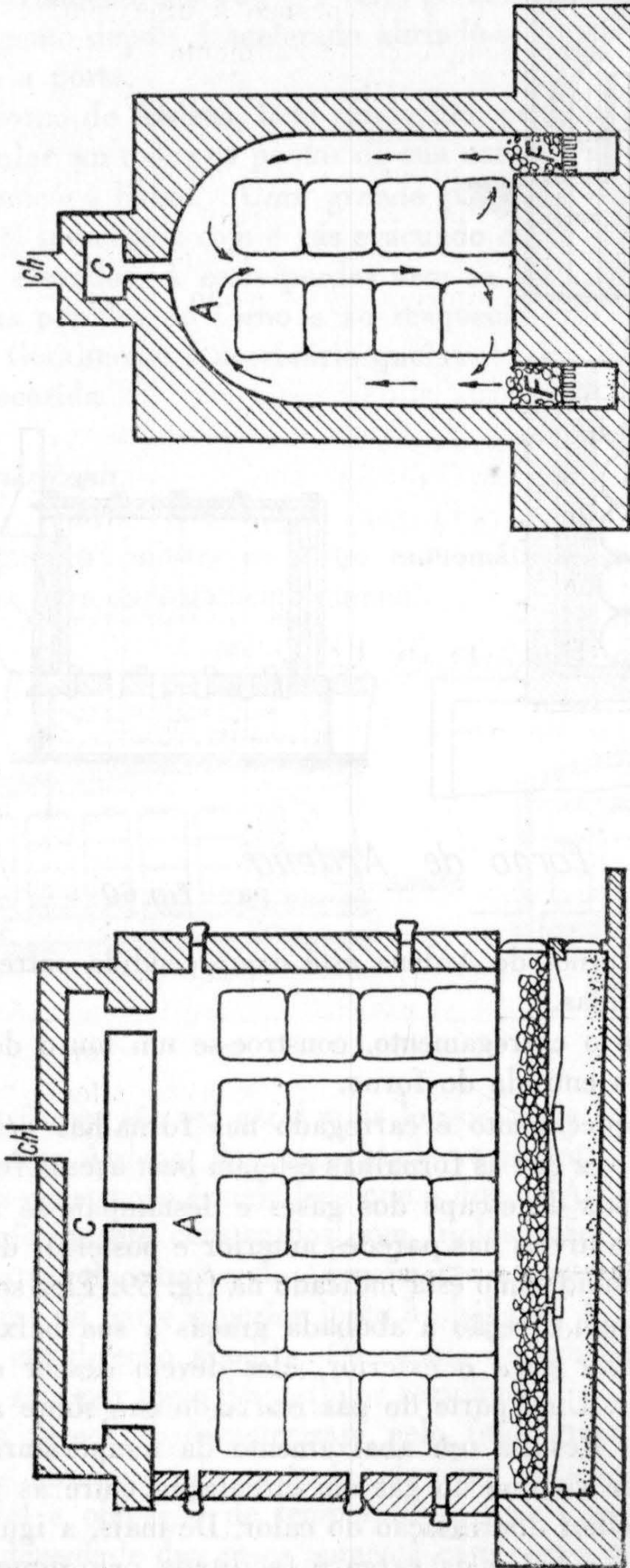
Para o recozimento do maleável são usados fornos dos tipos mais variados.

Forno de Ardena.

Foram os primeiros fornos empregados para o recozimento do ferro branco. Hoje já estão quase que completamente abandonados.

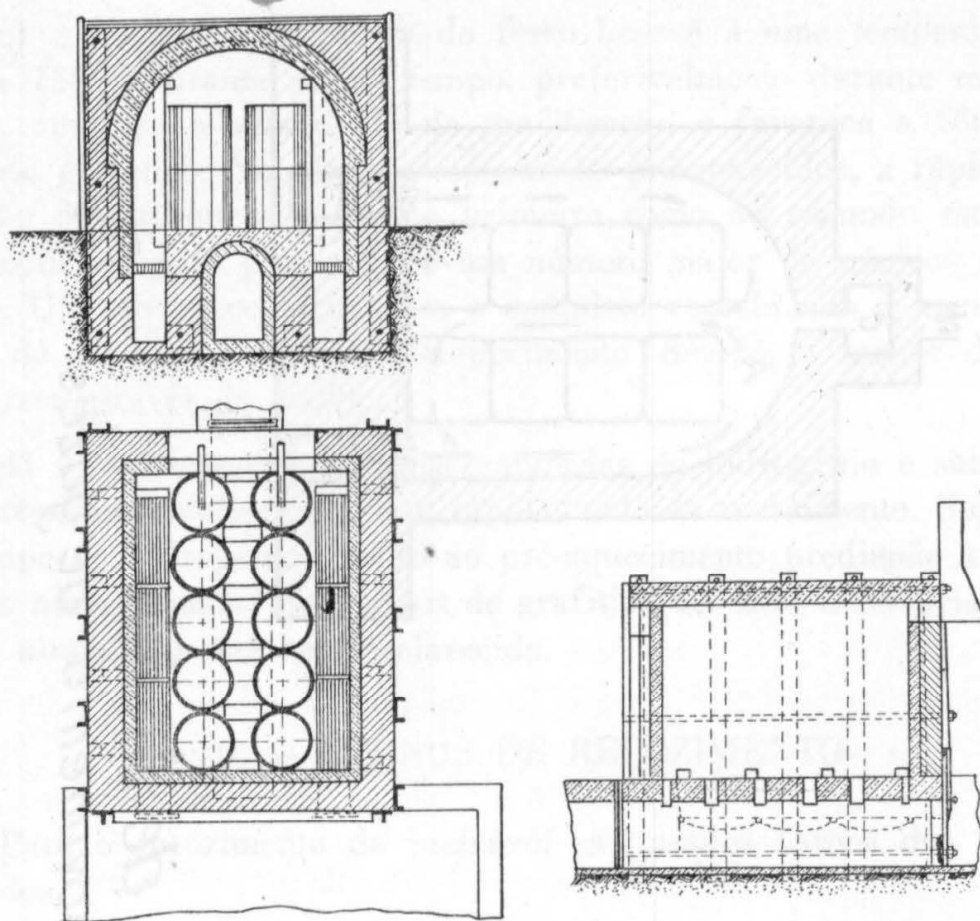
As figuras 59 e 60 mostram esquematicamente o corte longitudinal e transversal de um destes fornos. As paredes são geralmente muito espessas mas não refratárias. Elas são consolidada por meios de um a armação de ferro colocada no interior da alvenária. Duas fornalhas laterais com grelha atravessam a câmara de aquecimento A em toda sua extensão. Elas estão colocadas abaixo do nível da sola. Acima da abóbada uma câmara C serve para o escape dos gases queimados.

As peças são colocadas no interior do forno, com uma mistura em proporções convenientes de hematitas novas e usadas, em potes de ferro fundido que são em seguida cuidadosamente fechados com argila ou areia. As pilhas, de quatro ou cinco potes, têm raramente uma altura inferior a 2 metros. Os potes são redondos, quadrados ou retangulares. Os potes redondos se deformam menos facilmente a quente; os quadrados ou retangulares apresentam, para um volume dado, uma superfície de aquecimento maior. Como a transmissão de calor por condução através do material de enchimento é relativamente lenta, há interesse, quando se deseja diminuir o tempo de recozimento, em não empregar caixas de dimensões exageradas.



Forno de Ardena
Esquema do movimento de gases

Fig. 59



Forno de Ardena

Fig. 60

A capacidade dos fornos de Ardena está compreendida entre 5 e 12 toneladas de peças fundidas.

Uma vez terminado o carregamento, constroem-se um muro de tijolos refratários para fechar a entrada do forno.

O coque para o aquecimento é carregado nas fornalhas pela parte posterior do forno. Uma vez que as fornalhas estejam bem acesas fecham-se progressivamente os canais de escape dos gases e destampam-se as aberturas feitas em diferentes níveis nas paredes anterior e posterior do forno.

Os gases circulam então como está indicado na fig. 59. Êles se elevam a princípio diretamente em direção à abóbada graças a sua baixa densidade. Depois para escapar para o exterior, êles devem descer entre as pilhas cedendo seu calor. Uma parte do gás resfriado cae sobre a sola e se dilue por combustão. Resulta um abaixamento da temperatura sob a abóbada, um aumento de volume do gás em circulação entre as pilhas e por conseguinte, uma melhor distribuição do calor. De mais, a igualização das temperaturas de alto a baixo da carga é facilitada pelo aquecimento direto dos potes inferiores por radiação e condução do calor das fornalhas.

O resfriamento até 700°C é feito geralmente com as portas fechadas. O resfriamento depois é acelerado abrindo-se tôdas as aberturas e depois demolindo a porta.

Um forno de Ardena, bem conduzido, permite obter um aquecimento muito regular em todos os pontos de sua carga. Por outro lado, seu rendimento térmico é baixo. Uma grande parte das calorias disponíveis no combustível se perdem com o gás evacuado cujos calores sensível e latente são muito elevados. A estas perdas vem se juntar as devidas à condução através das paredes do forno e ao reaquecimento destas paredes a cada operação. Geralmente é necessário queimar 1 kg. de coque para cada kg. de peça recozida.

Forno Americano

A figura 61 mostra os cortes esquemáticos de um forno americano com grelha para carregamento manual.

Forno Americano (Carvão)

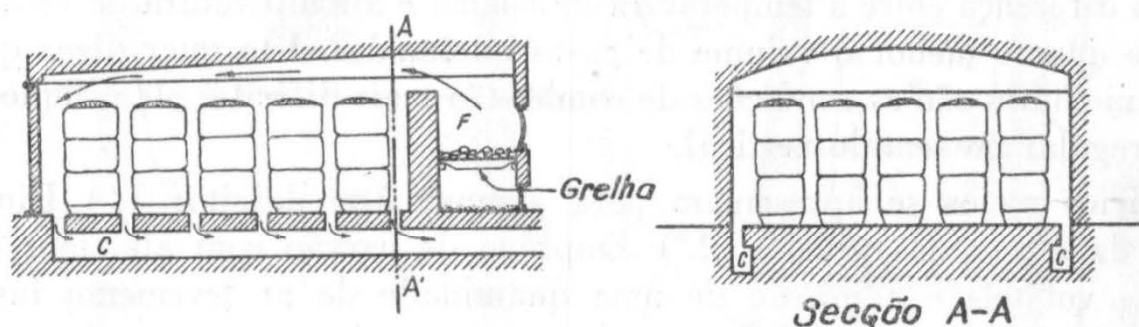


Fig. 61

Êstes fornos são em geral mais longos, mais largos e menos altos que os fornos tipo Ardena. Sua capacidade varia entre 20 e 40 toneladas de peças. Sua construção é mais leve que a dos de Ardena. Os mais modernos são cuidadosamente construídos com tijolos refratários. A fornalha está colocada atrás da câmara de aquecimento e comunica com esta por meio de aberturas na parte superior junto à abóbada. A abóbada é ligeiramente inclinada em direção a porta. Os canais de evacuação dos gases desembocam na sola por meio de orifícios reguláveis.

Êstes fornos se caracterizam pelo fato que a circulação dos gases queimados através da carga se faz de cima para baixo. Demonstra-se que é favorável a obtenção de temperaturas iguais no sentido horizontal do forno. A densidade dos gases aumenta com efeito quando sua temperatura abaixa.

Sejam A,B,C, três pilhas de potes vizinhos dentro de um forno; I e I' os intervalos entre estas pilhas. Si num momento dado, a temperatura média dos gases em I é inferior a do gás em I', êstes gases mais pesados, descirão mais rápidamente em direção a sola. Por unidade de tempo e de seção, a vazão dos gases quentes em I será maior que a vazão correspondente em I'; uma maior quantidade de calor será cedida por convenção às superfícies que envolvem I e se transmitirá por condução à carga dos potes. Esta ação continuará até a igualização das temperaturas I e I'.

Teòricamente, portanto, num forno aquecido por circulação de gás do alto para baixo as temperaturas tendem a se igualizar no sentido horizontal.

No sentido vertical é impossível realizar, nestes fornos, a igualização da temperatura. A parte superior das pilhas, em contato dirêto com a chama, tende a atingir a temperatura desta, muito superior à temperatura de recozimento desejada. Os potes inferiores, aquecidos pelos gases parcialmente resfriados e por condução lenta do calor dos potes superiores através da carga, não podem alcançar uma temperatura tão elevada como os potes superiores. Esta diferença de temperatura é tanto mais importante quanto maior a diferença entre a temperatura da chama e a temperatura de recozimento e quanto menor o volume de gases queimados. Isto quer dizer que quanto melhores são as condições de combustão mais difícil é obter aquecimento regular no sentido vertical.

Vários meios se apresentam para atenuar êste defeito: 1.º) Diminuição da altura das pilhas. 2.º) Emprêgo de carvão com alto teôr de matérias voláteis e admissão de uma quantidade de ar levemente insuficiente. A temperatura da chama abaixa e a combustão lenta prossegue no meio da carga. Teremos com isto um fraco rendimento térmico. 3.º) Admissão de um grande excesso de ar. A temperatura de combustão permanece muito elevada. O volume gasoso aumentando a transmissão de calor por convenção é facilitada. Com isto corre-se o risco de oxidar as caixas. 4.º) Aumento do volume gasoso e baixamento da temperatura da chama por mistura do ar de combustão com gases inertes. Êste processo deu notáveis resultados. 5.º) Por mistura dos produtos de combustão com uma parte dos gases frios no interior do próprio forno.

Os fornos americanos podem também ser aquecidos a óleo e a carvão pulverizado. Neste caso deve-se ter um injetor que estará colocado na parte posterior do forno e junto a abóbada.

A figura 62 mostra o esquema de um dêstes fornos.

Ultimamente vem tomando grande impulso os fornos de *sola móvel*.

A figura 63 mostra um esquema dêste tipo de forno.

Forno Americano (Oleo)

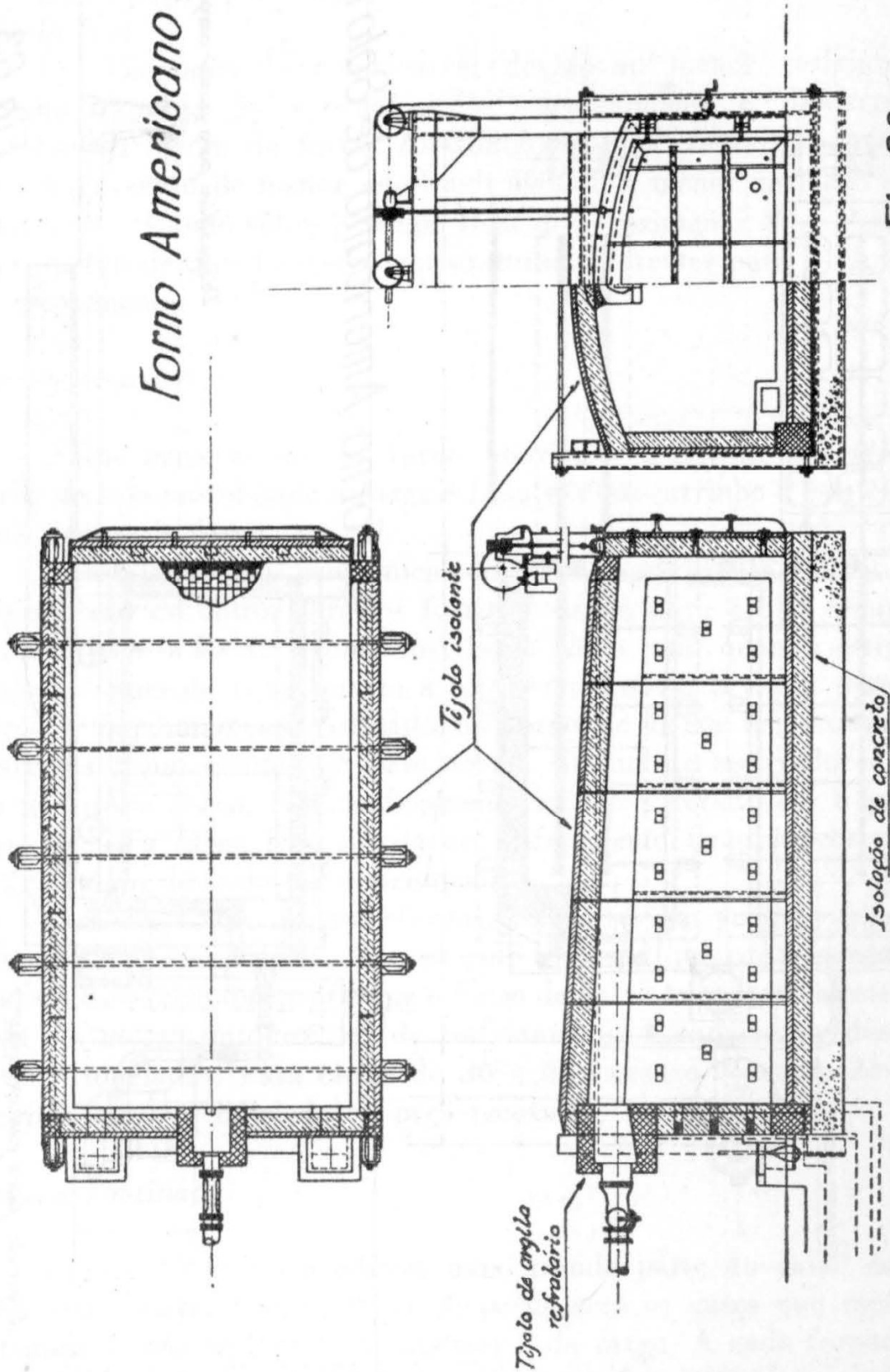
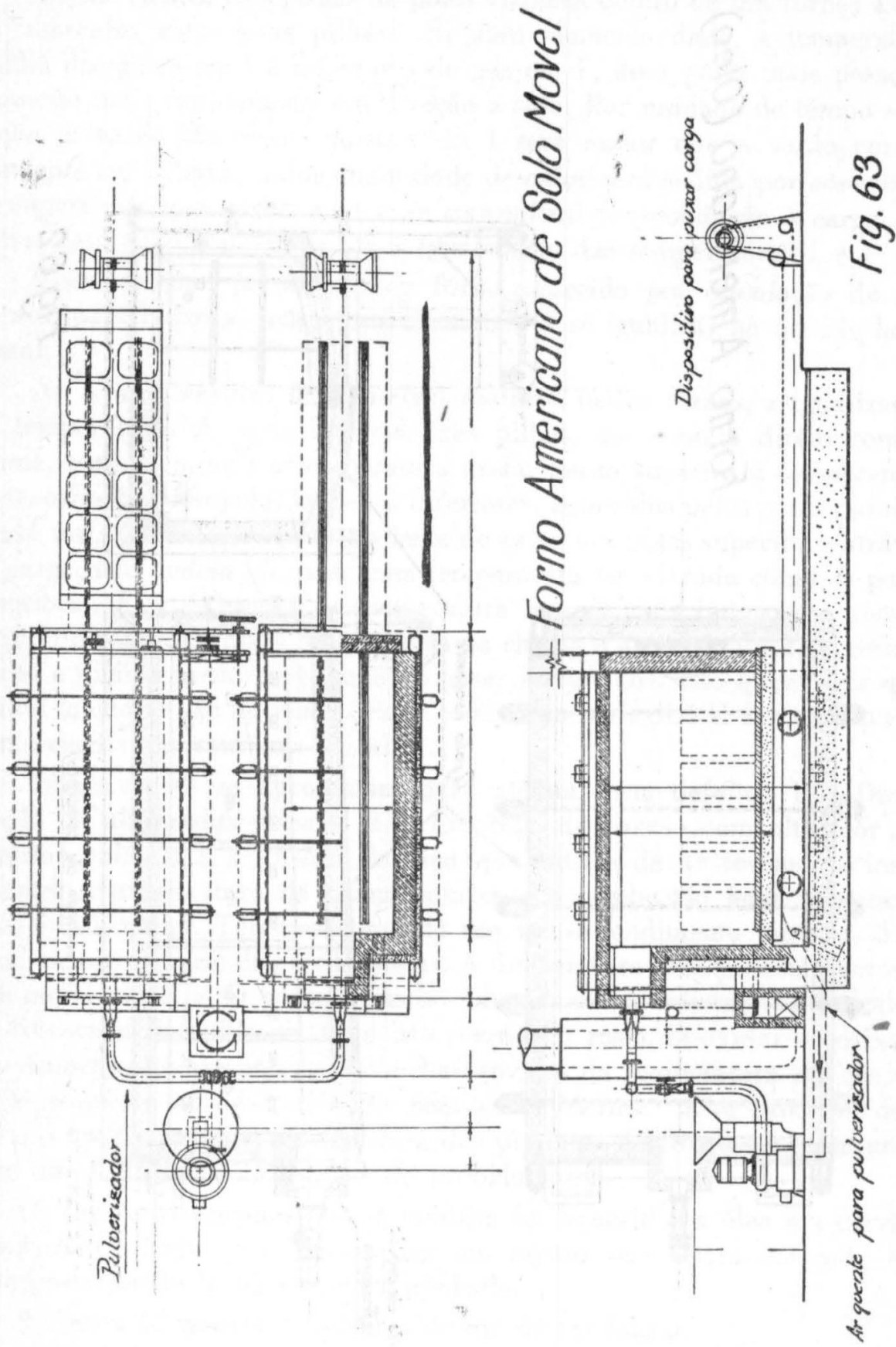


Fig. 62



Com êste sistema a retirada do forno pode ser efetuada logo que a grafitização esteja terminada a 650°C. Si se dispuser de várias plataformas, o forno pode imediatamente ser recarregado.

Êste tipo de forno apresenta as seguintes vantagens sôbre os fornos de *sola fixa*.

- 1) Economia de combustível devido ao menor resfriamento das paredes durante as operações de carregamento e descarregamento.
- 2) Fadiga menor do forno. As dilatações e as contrações sucessivas da construção serão de menor amplitude devido à menor variação de temperatura.
- 3) Ganho sôbre o tempo total de recozimento.
- 4) Possibilidade de emprêgo de dois fornos a temperaturas diferentes para os dois estágios de recozimento.

Fornos elétricos

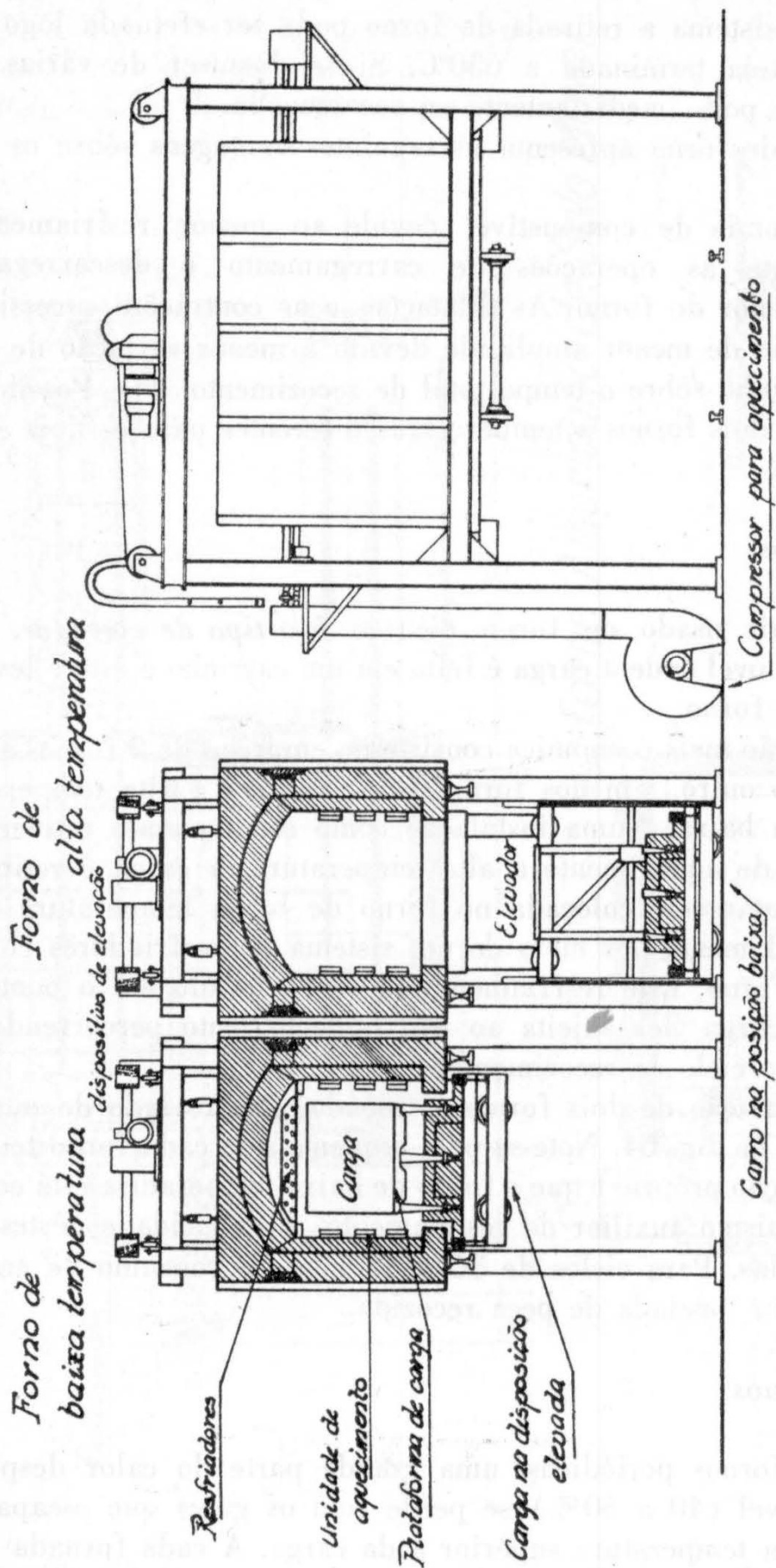
O tipo mais usado de forno elétrico é o *tipo de elevador*. É um forno de *sola* móvel onde a carga é feita em um carrinho e êste é levantado para dentro do forno.

A instalação mais econômica consiste no emprêgo de 2 fornos situados um ao lado do outro. Um dos fornos é usado para a alta temperatura e o outro para a baixa. Numa instalação como esta, quando estiver terminado o tempo de aquecimento a alta temperatura, a carga é retirada do forno e imediatamente colocada no forno de baixa temperatura onde é resfriada rapidamente por meio de um sistema de resfriadores colocados no teto dêste forno. Êste resfriamento rápido é levado até o ponto desejado e daí a carga fica sujeita ao resfriamento lento percorrendo então o 2.º estágio do ciclo de recozimento.

Uma instalação de dois fornos, colocados um ao lado do outro está esquematizada na fig. 64. Note-se pelo esquema que cada forno tem o seu motor de elevação próprio e que o forno de baixa temperatura está equipado com um mecanismo auxiliar de resfriamento. A capacidade dêstes fornos é de 3 toneladas. Para ciclos de 36 a 42 horas o consumo de energia é de 400 kwh por tonelada de peça recozida.

Fornos contínuos

Com os fornos periódicos, uma grande parte do calor despreendido pelo combustível (40 a 50%) se perde com os gases que escapam pela chaminé a uma temperatura superior a da carga. A cada fornada o aquecimento do revestimento absorve inutilmente 5 a 10% das calorias produzidas. As variações contínuas de temperatura provocam dilatações e



Fornos Elétricos Conjugados

Fig. 64

contrações alternadas de tôda a estrutura do forno o que provoca avarias que exigem constantes reparações. Com o forno em tunel de funcionamento contínuo pode-se evitar êstes inconvenientes, permitindo ainda manter o ciclo de um modo mais constante.

Um forno dêste tipo compreende geralmente:

1.º) Uma câmara de introdução, destinada a impedir a entrada de ar frio no forno. Ela tem duas portas, uma comunica com o exterior e a outra com o interior do forno. Em intervalos regulares, um dos vagonetes sôbre os quais estão empilhados os potes é colocado nesta anticâmara e depois empurrado para dentro do tunel por meio de um pistão movido hidraulicamente. 2.º) Uma zona de pré-aquecimento, na qual os gases queimados circulam em sentido inverso dos vagonetes, cedendo à carga uma grande parte do seu calor antes de sair pela chaminé. 3.º) Uma zona de aquecimento. 4.º) Uma zona de resfriamento. Nesta última zona consegue-se acelerar a queda de temperatura fazendo circular ar nas paredes do forno. Algumas vêzes empregam-se maçaricos auxiliares para interromper esta queda de temperatura si necessário.

Os fornos tunel mais conhecidos são os *fornos Dressler*.

Outro tipo de forno contínuo muito usado é o *elétrico*.

A carga é colocada em carrinhos. Êstes carrinhos entram na câmara de alta temperatura. Temos unidades de aquecimento no teto e no fundo desta zona. Vem em seguida a zona de resfriamento rápido com seus tubos de resfriamento. Tem a seguir a câmara de baixa temperatura, a câmara de resfriamento e a porta de descarga.

Há ainda tipos de fornos contínuos intermediários entre os dois vistos. São parcialmente elétricos e parcialmente a gás. Geralmente a câmara de pré-aquecimento é aquecida a gás, e o resto é aquecido eletricamente.

Além das vantagens já vistas, os fornos contínuos permitem diminuir a mão de obra e aumentar muito a vida dos potes.

BIBLIOGRAFIA

- 1) *Tratado de la fundicion del hierro y del acero.*
por Bernardo Osann
Editora Gustavo Gili — Barcelona — 1926
- 2) *La Malléable*
por Maurice Leroyer
- 3) *La Fonte Malléable*
por E. Schüz e R. Stotz
- 4) *Le recuit de la fonte Malléable a coeur noir*
por G. Mazzoni
Rev. Fond. Mod. 1931 — pg. 490

- 5) *The malleablization of white cast iron*
por R. Schneidewind e A. E. White
Publicado por: Department of engineering Research University of Michigan
Ann Arbor — Agosto de 1933
- 6) *A Contribution to the Study of Fluidity of Cast Iron*
Transactions of the American Foundrymen's
Association — Vol. XLII — 1934 — pg. 589
- 7) *The heat treatment of Malleable Iron*
por R. J. Cawan
Transactions A. F. A. — 1940 — pg. 283
- 8) *Atmospheric Pressure and the Steel Casting. A New Technique in Gating and Riserling.*
por Howard F. Taylor e Edward A. Rominsky
Transactions A. F. A. — Vol. 50 n.º 1 — pg. 215.
- 9) *Malleable Casting*
por Hyman Borsntein
- 10) *The Principles of graphitization*
por H. A. Schwartz
Transactions A. F. A. — Julho de 1942 — pg. 1
- 11) *Periodic Malleable Annealing Furnaces*
por W. R. Bean e W. R. Jaesehké
Transactions A. F. A. — Julho de 1942 — pg. 39.
- 12) *Some effects of hydrogen on the time of malleablization*
por C. H. Larig e M. Samuels
Transactions A. F. A. — Julho de 1942 — pg. 107.
- 13) *Modern Core Practice and Theories*
por H. W. Dietert
- 14) *Atmosphere and the annealing of malleable iron*
por R. J. Cawan
Transactions A. F. A. — Julho de 1942 — pg. 95
- 15) *Factors Influencing the Fluidity of Cast Iron*
por G. Burges
Foundry Trade Journal — 11 de Março de 1943
- 16) *Some Aspectos of the Production of Malleable Iron Castings*
Foundry Trade Journal — 26 de Agosto de 1943 — pg. 341
por J. Roxburgh.
- 17) *Melting Malleable Iron with Oil in the Air Furnace*
por A. Van Lantschoot
Transactions A. F. A. — Vol. 51 n.º 2
- 18) *Cupola-Electric Furnace Duplexing of Malleable Iron*
por Charles Morrison
Transactions A. F. A. — Vol. 51 n.º 2
- 19) *Melting Cupola Malleable Iron*
por H. W. Moack
Transactions A. F. A. 1943 — pg. 377
- 20) *Measuring and Controlling Pouring Temperatures and Fluidity*
por Carl F. Joseph
Transactions A. F. A. — Vol. 53

- 21) *The Cast Metals Handbook...*
Edição de 1944
Publicado por American Foundrymen's Association
- 22) *Gating Malleable Castings*
por D. E. Dobson
Transactions A. F. A. — Vol. 52 pg. 632 — 1944
- 23) *Gating and Feeding of Malleable Iron Castings*
por A. T. Jeffery
Transactions A. F. A. — Vol. 52 — pg. 623 — 1944
- 24) *Heading and Gating Malleable Castings*
por E. F. Waterbor
Transactions A. F. A. — Vol. 52 — pg. 643 — 1944
- 25) *Gates and Risers for Castings*
por Pat Dwyer
Cleveland — 1945
- 26) *The sand in your foundry*
por H. W. Dietert
Editado por: Dietert, Company, Michigan — 1945
- 27) *Ferrous Metallurgy. — Volume I*
por Ernest J. Teichert.

I L M E N I T A

José Epitácio Passos Guimarães (1)

MINERALOGIA:

A ilmenita ou menaccanita possui larga distribuição na natureza como constituinte acessório das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares. Seu nome origina das localidades de ocorrência típica, Monte Ilmen em Miask, nos Urais, e areias de Menaccan, Connwall. Suas propriedades mineralógicas podem ser resumidas nas seguintes:

Côr — Preta com brilho submetálico à metálico. É sempre opaca em lâminas delgadas. Magnética.

Côr do pó — preto à marron avermelhado;

Peso específico — 4,5 a 5

Dureza — 5 a 6

Fratura — conchoidal

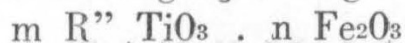
Cristalização — pertence ao sistema hexagonal, grupo da fenacita. Suas formas dominantes são as de habitus tabular, lamelar e granular.

Estrutura — é usualmente encontrada sob as formas maciça, compacta e granular, disseminadas no corpo da rocha. Aparece, frequentemente, associada a magnetita ou hematita, das quais é diferenciada pela sua tendência a produzir “leucoxenio”, como produto de alteração.

Composição Química — A composição química da ilmenita tem sido objeto de discussões; tendo sido, a princípio, representada pela fórmula molecular correspondente ao sesquióxido de titânio e ferro — $(\text{Fe}, \text{Ti})_2\text{O}_3$ — isomorfo da hematita. Segundo Dana pode ser considerada como titanato de ferro — FeO, TiO_2 — o magnésio podendo substituir o ferro

(1) Eng. de Minas e Metalurgista do Instituto Geográfico e Geológico de S. Paulo.

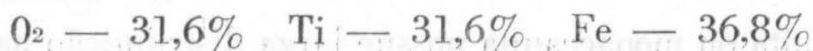
ferroso — $(\text{Fe, Mg})\text{O}, \text{TiO}_2$ —. Thornton, mas explicito, a considera, teoricamente, como um titanato ferroso — FeTiO_3 — isomorfo com a pirofanita — MnTiO_3 — e geikielita — Mg TiO_3 —. Como as análises, em sua maioria, não correspondem a esta designação surge uma formula mais geral:



onde $\text{R}'' = \text{Fe, Mg, Mn, Ca}$.

Algumas amostras revelam Al, Cr, Sn, Ni, Va e P, em pequenas porcentagens.

A composição teórica, para FeTiO_3 , nos dá os seguintes teores:



OCORRÊNCIAS TÍPICAS:

A ilmenita é encontrada comumente associada a magnetita e seus depósitos, de interesse econômico, podem ser grupados em duas classes:

- 1) — o minério ocorre “in situ”
- 2) — o minério ocorre como “areia”

1) *Ocorrência “in situ”*: A ilmenita é um dos primeiros produtos de consolidação dos magmas e está presente em quasi tôdas diabases, basaltos e gabros e nas demais rochas pobre em sílica. Também ocorre como mineral acessório das rochas ígneas e metamórficas, tais como granito, sienito, diorito, gnais e xistos. Os depósitos de ilmenita, nos quais se apresenta com uma micro estrutura correspondente a um intercrescimento complexo de ilmenita, magnetita, rutilo e hematita, são colocados em 3 feições estruturais:

a) *Disseminação* — O mineral ocorre distribuido na rocha, como elemento acessório. É o caso das rochas básicas e de determinados granitos, gnaisses e xistos. Não apresentam, estes depósitos, interesse prático, a não ser como possível origem de areias ricas em ilmenita.

b) *Corpos irregulares*: — O minério forma massas irregulares ou alinhamentos estreitos e longos na superfície da rocha. São depósitos típicos de diferenciação magmática. Nestes magmas diferenciados a ilmenita e magnetita se cristalizam, em regra geral, após dos silicatos, posto que pequenas porcentagens de titânio e ferro fiquem retidas no residuo magmático. A sequência de cristalização é: silicatos ferromagnesianos, espinelios, ilmenita e magnetita. Brun acredita que a temperatura de cristalização está próximo ao ponto de fusão da ilmenita (1.450°C). Vogt mostrou que no caso das rochas básicas a concentração de óxido de ferro

se dá juntamente com as de titânio, cromo e vanádio; os óxidos de cálcio e magnésio se reduzem. O baixo teor em sílica acarreta a cristalização da alumina e magnésia como corindom e espinélio. Pequenas porcentagens de enxofre e fósforo são presentes. São exemplos típicos as ocorrências:

I) Adirondacks, Elizabethtown, E. U. Relacionados a um gabro, o minério é constituído por uma mistura de magnetita e ilmenita com um máximo de 15% de TiO_2 . Depósito é avaliado em milhões de toneladas e o minério contém plagioclásio, piroxênio, olivina, hornblenda, granada, pirita, apatita, espinélio, quartzo e baixo teores de fósforo e enxofre. O minério apresenta teor elevado em vanádio.

II) Ekersund, Noruega. Ocorrência no norito e anortosito com possança de 30 a 70 metros e 3.000 de comprimento. O minério consta de 21% de plagioclásio, 41% de hiperistênio, e 38% de ilmenita.

III) Taberg, Suécia. Taberg é um monte com 120 metros de altura. Próximo ao centro a ilmenita e magnetita concentram-se e formam u'a massa de minério com a olivina, biotita, e plagioclásio, com cerca de 6% de TiO_2 .

IV) Roseland, Tye River, Estados Unidos. Relacionado ao sienito, sendo o minério constituído de porcentagens iguais de rutilo e ilmenita. Esta ocorrência pertence a American Rutile Company e está sendo operada desde 1.900.

c) *Diques*: — Separada durante uma diferenciação profunda e refundida, quasi pura ilmenita pode ser injetada na rocha regional, usualmente anortosito. Ilustram esta modalidade estrutural as seguintes ocorrências:

I) St. Urbain, Quebec, Canada — A ilmenita apresenta-se inter-crescida com a especularita e o minério contém rutilo, safirina, andesina, biotita e espinélio.

II) Wyoming, Iron Mountain, Estados Unidos. — O dique possui 90 metros de possança com 23,5% de TiO_2 . O minério contém piroxênios, olivina, espinélio e magnetita. Contém 0,48 — 0,71% de V_2O_5 .

III) Piney River, Virginia, Estados Unidos — O dique, constante de uma rocha, denominada nelsonita, é encaixado por xistos e nelsonita a hornblenda e possui a possança média de 80 metros numa extensão de 1 quilómetro. A rocha acusa 18,5% de TiO_2 .

2) *Ocorrência como areia*: — O material clástico resultante da decomposição e desagregação de rochas com alto teor em TiO_2 , carregado pelas águas drenadas e pluviais, ao chegar ao mar, recipiente final, é aí depositado, triturado e movimentado pela ação de fluxo e refluxo das águas.

do mar. Resulta, pela moagem natural, uma areia de grã fina, a qual sofre uma concentração, sendo libertada dos constituintes de menor peso específico pelos movimentos contínuos da água. O material de maior peso específico, constituído de ilmenita, magnetita, monazita, granada, etc, dão origem aos depósitos conhecidos vulgarmente por "areias preta". Das ocorrências típicas destacam-se aquelas situadas na região de Travancore, India. Os Estados Unidos é o maior comprador, como líder da produção de óxido branco de titânio, da ilmenita indiana. As importações elevaram-se de 30.000 toneladas em 1930 para 152.000 em 1937. As porcentagens de zirconita, monazita e ilmenita variam consideravelmente ao longo da costa de Travancore. Dois grandes depósitos eram explorados em 1938, o mais importante deles próximo a Quilon sendo trabalhado por 2 concessionários, F. X. Pereira & Co. e Travancore Minerals Co. A segunda fonte são os depósitos de Colachel, ao sul de Quilon, porém o minério é de mais baixo teor que o primeiro e é de concessão da firma Inglesa Hopkins and Willians. A ilmenita da área de Quilon é a mais rica em TiO_2 dos depósitos comerciais do mundo. A composição média de 8 embarques para a Foote Mineral Co., é a seguinte:

TiO_2	.....	60,35%
Fe	.....	22,60%
SiO_2	.....	0,41%
S	.....	0,01%
P	.....	0,03%

Os depósitos constituem praias e dunas ao longo do cordão litorâneo no sudoeste da Índia. Ocorrências semelhantes, porém de menor importância, são aquelas de St. Laurence River (Canada), Columbia River (Oregon — Estados Unidos), Piper River (Australia).

As mais importantes reservas do Japão são as situadas em Kyu-Shu e Hokkaido, avaliadas em 10 bilhões com os seguintes teores:

Fe	.....	20 - 30%
TiO_2	.....	8 - 12%
V_2O_5	.....	0,6%

As ocorrências da praia de Necochea, na Argentina, são mencionadas como constantes de 24,76% de ilmenita e 29,22% de magnetita.

Os depósitos de Pablo Beach, Flórida, Estados Unidos, contem zirconio, rutilo, ilmenita, monazita. As maiores concentrações atingem as seguintes dimensões: comprimento — 3.000 m; largura — 21 m; espessura — 70 cm. Cerca de 16% da areia é constituída de minerais pesados,

com predominância, em ordem decrescente, ilmenita, zirconio, epidoto, rutilo, staurolita, monazita, cianita, espinelio, granada, corindon, etc. Seu rendimento foi avaliado em:

8,6% de ilmenita
1,2% de zirconita
0,6% de rutilo
0,2% de monazita

PRODUÇÃO MUNDIAL DE ILMENITA (toneladas)

	1933	1934	1935	1937	1938	1939	1940
Índia	50.830	76.858	129.090	182.142	256.268	—	—
Noruega	23.213	23.306	37.984	84.209	62.724	55.027	—
Malaia	204	51	2.540	6.290	6.462	11.098	2.596
Canadá	—	1.835	2.076	3.836	188	3.351	—
Austrália.....	559	—	—	678	462	—	—
Senegal	370	490	1.250	3.075	8.436	—	—
Portugal	645	434	264	1.456	568	409	399
Brasil	96	116	—	234	317	10	12

No ano de 1941 o Brasil entrou no mercado com 1% da importação americana (2.621 toneladas).

ILMENITA NO BRASIL:

Os depósitos brasileiros que se encaixam no primeiro tipo de ocorrência não apresentam interêsse econômico no campo da técnica atual. A título de ilustração cita-se os minérios de Limoeiro (Pernambuco) com 15,8% e até 22% de TiO_2 , Cangati (Ceará) com 16 a 25% de TiO_2 , Palmeira dos Índios (Alagôas), constituído por magnetita altamente titanífera. No Estado de São Paulo nas conhecidas jazidas de magnetita de Ipanema e Jacupiranga o óxido de titânio presente acha-se ligado ao óxido de ferro, formando, ou uma mistura íntima com a magnetita, ou laminais paralelas às faces do octaedro de magnetita. Algumas amostras do minério de Jacupiranga revelam teores da ordem de 16,6% em TiO_2 e as de Ipanema contem cerca de 3 a 4% de TiO_2 . Estas ocorrências constituem massas lenticulares na rocha piroxênica e apatítica. Em Jacupiranga a diferen-

ciação magmática é claramente revelada pela sua relação com os ijolitos e jacupiranguitos. Possui uma reserva à vista de mais de 2 milhões de toneladas segundo dados constantes em obras citadas.

A ilmenita, posto que escassa, está presente no minério de Antonina (Paraná). As lamelas de ilmenita acham-se incluídas nos planos de clivagem da magnetita e somente são perceptíveis após ataque com ácido clorídrico. As jazidas de minério de ferro em Anitapolis, no paralelo de Florianópolis, são constituídas de magnetita tendo, em média, alta percentagem de anidrido titanico e sílica.

As ocorrências brasileiras que constituem fonte de ilmenita para o mercado interno e externo são depósitos, formados por processos mecânicos de transporte e concentração, resultantes da desagregação e decomposição de corpos de rocha que continham ilmenita, magnetita, monazita, granada, zirconita e quartzo entre os constituintes. Estão locados quasi sempre dentro da feição geológica e geográfica da faixa litoreana. De menor importância são aquelas relacionadas aos nossos cursos de água doce, como os aluviões do Rio das Mortes, afluente do Rio Parapanema. Os cascalhos auríferos de Ouro Fino, Apiaí, Estado de São Paulo, contêm um teor de 30% em ilmenita, resultante da decomposição de um amfibólito. Ocorrências idênticas são conhecidas no Espírito Santo nos municípios de Alfredo Chaves, Benevente e Guarapari, porém carecem de interesse econômico.

São os depósitos do litoral dos Estados do Espírito Santo, Baía e São Paulo que merecem ser considerados como fonte de ilmenita no Brasil. No futuro, quando maior for a procura de ilmenita em nosso mercado, é possível que novas áreas interessantes sejam reveladas no Brasil.

a) *Depósitos na Costa Sul da Baía.*

Thornton cita que a costa baiana constitui um grande potencial de suprimento de ilmenita, obtida como sub produto na concentração da monazita. Ao professor Henrique Gorceix devemos a revelação da importância econômica das praias da Baía. As primeiras pesquisas, visando a monazita, datam de 1895. Inicialmente só os concentrados de monazita eram exportados numa base de £ 30 a tonelada. Posteriormente, até 1933, foram feitas exportações de ilmenita e zirconita que constituíam cerca de 40% dos concentrados obtidos em "dalas". A ilmenita ocorre, aí, associada à monazita, granada, zirconita, quartzo e magnetita, concentrados pela ação das vagas nas praias, nos estuários de alguns rios e nas margens de algumas lagoas costeiras. As demais ocorrências, que não ligadas à feição litoreana, não possuem interesse econômico.

Sua genese está relacionada aos granitos laurencianos, gnaisses arqueanos e reconcentrações dos minerais das "barreiras". Estes sedimentos são formados principalmente de argilas e estão assentados diretamente sôbre rochas granito-gnaissicas e outras primitivas, e ainda mais, são formados a custa de seus elementos. Os principais jazigos do litoral, relativamente à ilmenita, são os de Porto Seguro e do Prado. No quadro abaixo estão análises, citadas por O. Leonardos, realizadas no Laboratório Central da Produção Mineral.

COMPOSIÇÃO, EM EM PORCENTOS, DE AREIAS DO LITORAL DA BAÍA

	PORTO SEGURO		PRADO	
	Toque-Toque	Porto Seguro	Ponta da Paixão	Ponta da Barreira
Ilmenita	20.7	11.1	42.66	10.66
Monazita	55.0	76.1	50.39	80.59
Zirconita e Quartzo	24.3	12.8	26.26	8.42

Outras ocorrências em Alcobaça, Caravelas, etc. possuem baixo teor em óxido de titânio.

b) Depósitos na Costa do Espírito Santo

A faixa litorânea que vai do sul do Estado da Baía ao sul do Estado de Espírito Santo constitue, sem dúvida alguma, a principal fonte de areias ilmeníticas e monazíticas do Brasil. Esta faixa é constituída por formação terciária, denominada Série das Barreiras, e gnaiss arqueano. A gênese dos depósitos, segundo E. F. Rocha, está ligada a decomposição e concentração das "barreiras", com contribuição dos granitos e gnaiss da região. Derby, também, responsabilisa certos granitos e gnaiss como responsáveis pela presença de monazita e ilmenita em determinadas camadas das "barreiras". São portanto estas camadas matrizes secundárias dos depósitos de monazita, ilmenita, zirconita e granada. Uma amostra de cor vermelha, colhida pelo autor citado em Guarapari, revelou a seguinte composição mineralógica:

Minerais pesados	0,4%
Quartzo e feldspato	53,0%
Argila	46,6%

As areias ilmeníticas do Espírito Santo foram, no período da Guerra Mundial, intensamente exploradas para atender os pedidos do mercado norte americano. A ordem de grandeza das ocorrências mais importantes é sintetizada no quadro abaixo (dados extraídos do artigo "Areias Ilmeníticas no Brasil" do Eng. José Miranda).

MUNICÍPIO	LOCAL	RESERVA (tonelada)	COMPOSIÇÃO
GUARAPARÍ	PRAIA DO DIOGO	23.353	Sílica 4,9% Magnetita .. 0,3% Zirconita ... 11,7 Monazita ... 4,35% Ilmenita com granada (43,59%TiO ₃) 78,81%
ANCHIETA	PRAIA MÃE BÃ	150.000	Monazita ... 60,0% Ilmenita 40,0%
ANCHIETA	PRAIA OURIÇOS	95.000 m ³	Ilmenita 65,0% Monazita ... 15,0% Zirconita e impurezas .. 20,0%
ICONHA	PONTA DO CAJÚ	240.000 m ³	Ilmenita 60 a 70% Monazita ... 10 a 12% Zirconita e impurezas .. 20,0%
ICONHA	PIUMA	55.000	Monazita ... 5,0% Ilmenita 83,0% Zirconita e impurezas .. 12,0%
VITÓRIA	CARAPEBUS	48.480	Ilmenita 11,0% Monazita ... 0,5% Quartzo 82,5%

O minério, em regra geral, é beneficiado por meio de lavagem em dalas. Instalações mais completas, incluindo separador eletro magnético, foram montadas por diversas firmas concessionárias. Nestes engenhos consegue-se ter concentrados de ilmenita com a seguinte composição:

TiO ₂	72,7%
FeO	23,6%
SiO ₂ (livre)	0,3%
SiO ₂ (combinada)	3,4%

c) *Depósitos no Estado do Rio de Janeiro*

Em Sapucaia, no vale do rio Paraíba, já houve uma tentativa de exploração de areias contendo ilmenita e monazita. Uma das causas do fracasso da iniciativa é atribuída ao baixo teor do minério. O concentrado somente titulava 44% ou menos de TiO_2 . Noticia-se um depósito de mais de 11.000 toneladas com ilmenita e certa porcentagem de monazita nas proximidades de Cabo Frio, praia de Massanduba. Ocorrências importantes se localizam no Município de São João da Barra, distrito da Ponta da Barrinha. Segundo dados divulgados a reserva é da ordem de 229.000 toneladas, tendo uma amostra do local acusado os seguintes teores:

TiO_2	.....	50,8%
FeO	.....	31,5%
SiO_2	.....	1,12%

d) *Depósitos do litoral de São Paulo*

As principais ocorrências do litoral paulista estão localizadas na faixa norte do Estado e, ao meu vêr, constituem junto com os depósitos do Espírito Santo as mais promissoras reservas de ilmenita no Brasil.

Pela sua possança distinguimos as seguintes:

a) Praia Preta, Mocóca, Cocanha. (Município de Caraguatatuba).

Os estudos do autor permitiram concluir que a rocha matriz dos depósitos citados, é o gnais arqueano que constitui a rocha predominante na região.

Um concentrado, mediamente magnético, obtido por separação eletromagnética do gnais britado e moído, acusou um teor de 4% em TiO_2 .

O minério da praia Mocóca é mais pobre que o da Praia Preta e Cocanha, tendo as composições seguintes:

	PRAIA COCANHA	PRAIA MOCOCA	PRAIA PRETA
Ilmenita	82,0%	65,2%	75,0%
Magnetita	1,7%	0,7%	1,2%
Granada, Zircônia, biotita e quartzo	17,3%	34,1%	23,8%
Cubagem	27.000 t	12.000 t	400 t

Constituem os maiores depósitos de areia ilmenítica do Estado de São Paulo, particularmente pela sua pureza.



Fig. 1 — Praia Preta

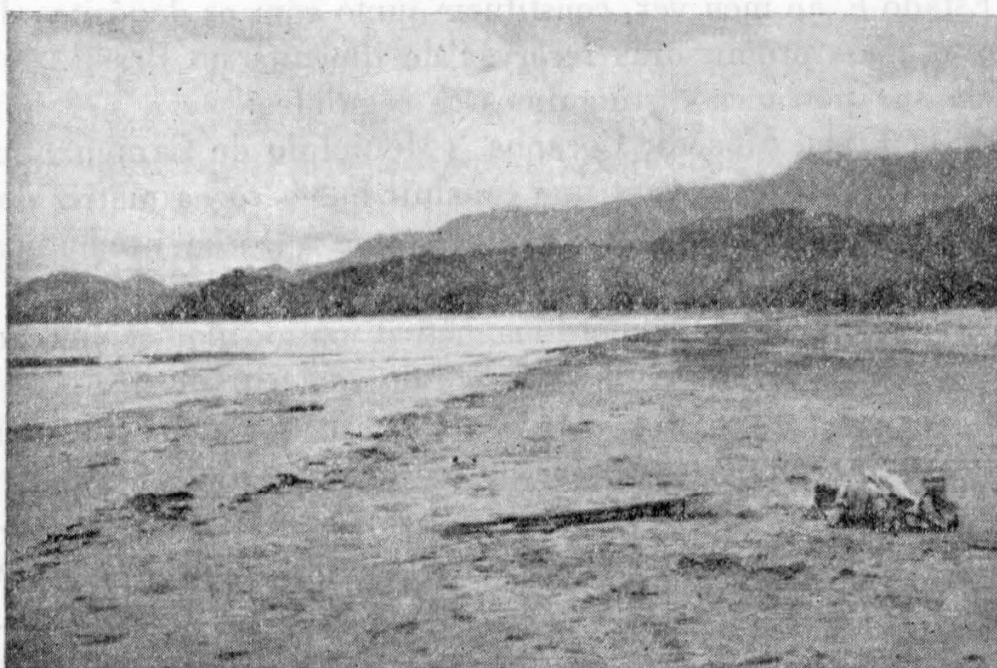


Fig. 2 — Praia Mocóca

b) *Ocorrências na Ilha de São Sebastião*

Estes depósitos estão todos relacionados ao maciço de rochas alcalinas da Ilha, um dos mais importantes em área no Brasil. As principais ocorrências encontram-se na praia das Enxovas, praia Cabaraú, Castelhana



Fig. 3 -- Praia Cocanha

e praia do Veloso. Pequenas manchas de ilmenita são encontradas na Ponta das Canas, ao norte da Ilha. As areias ilmeníticas distinguem-se nas diversas praias, por um pequeno teor em zircônio, granada, turmalina, monazita e é característica a alta porcentagem de magnetita.

	Ilmenita	Magnetita	Tailing
PRAIA DA ENXOVAS	23,9%	38,8%	37,3%
PRAIA DO CASTELHANO	24,0%	42,0%	34,0%
PRAIA CABARAÚ	42,2%	56,88%	0,93%
PRAIA VELOSO	58,3%	28,80%	12,90%

Os maiores depósitos da Ilha, como o das Enxovas, são calculados em cifras que não atingem 10.000 toneladas, cada, e a sua origem implica um grande teor de magnetita que torna obrigatório o uso de eletro-ímãs para obtenção de concentrados.



FIG. 4. — Praia das Enxovas.

c) Praia da Juréa

Situada no litoral sul do Estado, a praia da Juréa estende-se desde a fóz do Rio Ribeira até a Serra da Juréa. A região é constituída de sedimentos quaternários e suas pontas são de gnais, orientado 65°NE . A zona de maior enriquecimento acha-se situada entre a ponta da Juréa e as proximidades do Porto Prelado. A possança das camadas é da ordem de 15 cm, com largura variável de 20 a 30 metros. Não existe dados a respeito da quantidade de minério deste depósito que se estende por 4 kms. O minério é composto de:

Ilmenita	58,0%
Magnetita	2,5%
Quartzo, zirconita, monazita, granada e cassiterita	39,5%

d) Ocorrências diversas

Depósitos de menor vulto se localizam ao longo do litoral de São Paulo, nos seguintes pontos:

- I) Picingaba, ao norte de Ubatuba, com 42,2% de TiO_2 .
- II) Porto Novo, ao sul de Ubatuba, com 25,7% de TiO_2 .
- III) São Francisco, ao norte de São Sebastião.
- IV) Enseada da Bertioga, ao norte de Santos.
- V) Praias de Guarujá, na estância do mesmo nome.
- VI) Ponta do Itacurussá, Ilha do Cardoso.

Na face este desta ilha encontra-se uma camada de areia negra orlando a praia numa extensão de 200 metros. Contêm magnetita, ilmenita, zircônia e escassa monazita. Segundo O. Leonardos este depósito, com 15 cms. de possança, tem como rocha matriz os filitos, da Série da Ribeira, que constituem a ponta Itacurussá.

BENEFICIAMENTO DE AREIAS ILMENITICAS:

Um tratamento prévio, baseado na grande diferença de densidade existente entre o grupo de minerais pesados e o quartzo, permite a obtenção de um concentrado. Esta operação prévia é simples e tanto das mesas oscilantes se prestam para a separação. Em muitos casos, como o minério da Praia da Juréa e Mocóca, um simples peneiramento permite uma grande concentração de minerais pesados. Em regra geral os minerais pesados presentes na areia são:

Ilmenita com densidade	.....	4,5 a 5
Monazita " "	.....	4,9 a 5,3
Magnetita " "	.....	5,1
Zircônia " "	.....	4,7
Granada " "	.....	4

O pequeno intervalo de variação de densidade não permite, na maioria dos casos, que o concentrado obtido na operação anterior seja o final. Necessário se torna, baseado na diferença de atratibilidade magnética destes minerais a utilização de separadores eletro magnéticos. O quadro abaixo elucida bem o comportamento dos diferentes minerais presentes em areias ilmeníticas.

MINERAL	ATRATIBILIDADE RELATIVA
Ferro (padrão)	100
Magnetita	40,18
Ilmenita	24,70
Zirconita	1,01
Granada	0,40
Quartzo	0,37

Após de seco submetido a um separador Wetherill tipo alta intensidade, os produtos são:

Magneto baixa intensidade — magnetita.

Magneto alta intensidade:

- 1.º Polo — ilmenita, hematita;
- 2.º Polo — granada, apatita, turmalina, olivina, epidoto.
- 3.º Polo — monazita com pequenas porcentagens de zirconio, rutilo, epidoto;
- 4.º — pequenos cristais de monazita não magnético — zirconita, rutilo, ouro, quartzo, feldspato, etc.

O ouro, zirconio e rutilo pode ser separado do tailing em mesas oscilantes.

Esta operação permite a separação perfeita dos minerais, tendo-se concentrados com teores médios de 50% de TiO_2 e recuperações da ordem de 96 a 98%. Os modernos separadores Exolon, Stearns comportam tratamento de grande tonelagem, com recuperação superior aos primitivos aparelhos.

Modernamente consegue-se, por métodos de flutuação, resultados comparáveis com os obtidos por concentração em "mesa" e electro-imã. O circuito sendo acido há o aumento da ação seletiva do coletor para a ilmenita. A diferença de flotabilidade entre a ilmenita e a granada, e diversas outras gangas minerais, é muito pequena.

Damos abaixo uma série de análises de areias ilmeníticas algumas delas representando concentrados:

	TRAVANCORE		MALAIA	SENEGAL	SÃO SEBASTIÃO	NORUEGA	PINEY RIVER	ROSELAND	ESPÍRITO SANTO	CARAGUATA-TUBA	BAIA
	QUILON	M. K.									
TiO ₂	60,3	53.56	51.7	54.7	31.2	36.98	44.3	51.4	51.34	38.9	21.8
FeO	9.7	26.71	38.5	7.1	31.3	32.82	35.9	37.8	44.01	—	20.0
Fe ₂ O ₃	24.8	14.17	3.8	30.1	29.7	22.99	13.8	1.54	0,30	44.2	1.3
SiO ₂	1.4	1.53	1.0	1.31	4.0	0,62	2.0	4,6	1.55	4.0	16.0
Al ₂ O ₃	—	1.11	—	0.5	traços	0.59	1.2	0.55	—	traços	1.5
P ₂ O ₃	0.17	0.20	0.09	0.14	ausente	0.06	1.01	0.17	—	ausente	13.5
ZrO ₂	—	—	—	2.37	ausente	—	—	—	—	traços	10.2
MgO	—	1.01	0.21	0.89	2.5	3.04	0.07	2.35	—	traços	—
MnO	—	0.38	3.15	1.32	1.0	0.25	0.52	0.70	—	traços	—
CaO	—	—	—	0.1	traços	0.10	0.15	0.59	—	traços	—
V ₂ O ⁵	0.26	0.03	0.04	0.27	ausente	0.476	0.16	0.07	—	ausente	—
Cr ₂ O ⁵	0.14	0.09	0.02	0.23	ausente	0.065	0.07	—	—	ausente	—
SO ₃	—	—	0.05	—	—	0.40	—	—	—	ausente	—

Os concentrados com 45-55% de TiO₂ cotados a U. S \$10,00 — \$ 12,00 a “long ton” em 1939 passaram a U. S \$ 18,00 — \$ 20,00 em 1940, com a dificuldade de transporte. Mais tarde atingiram o alto preço de U. S \$ 28,00 — \$ 30,00 f. o. b. porto do Atlantico.

APLICAÇÕES DA ILMENITA

O principal uso para ilmenita, grandemente desenvolvido nos últimos anos, é a fabricação do pigmento do óxido de titânio. O óxido de titânio tem um alto índice de refração, da ordem de 2,5 a 2,9, quando puro e pulverizado produz um pó branco de grande opacidade. Esta é 3 vezes maior que a do óxido branco de chumbo e 2 vezes que o óxido de zinco. A mistura do óxido de titânio e outras bases opacas são feitas. Assim o “Titanox” que contém 25% de TiO₂ e 75% de BaSO₄, o “Titanium-calcium” com 30% de TiO₂ e 70% de CaSO₄. Misturas de litopona e óxido

titanio, assim como o óxido puro, são empregados em obras de luxo e em superfícies que exijam uma certa elasticidade. No comércio encontra-se, além do óxido puro, diversos tipos de pigmentos baseados no óxido de titânio.

A Du Pont Company, além do "Ti-Pure", tem no mercado os seguintes produtos: "Ti-Bar", "Ti-Cal" e "Ti-Sil", combinações do óxido com sulfato de bário, sulfato de cálcio e silicato de magnésio.

Além de sua grande opacidade, apresenta o óxido de titânio inúmeras outras vantagens, tais como: 1) ser inerte, 2) não é manchado por fumos que contenham enxofre, 3) não é venenoso, 4) pequeno peso específico — 3,9. Presentemente é cotado a U. S \$ 0,15 a libra.

Encontra o pigmento branco de titânio e seus sais, emprego nas indústrias de tintas, cremes para face, papel, tecidos, linóleo, seda artificial, borracha, tintas para escrever e pintura, lacas, etc. O "Industrial Minerals and Rocks" cita os seguintes centros de produção, no mundo: Estados Unidos, Inglaterra (Imperial Chemical Industries), França, Itália (Montecatini), Tchecoslováquia, Noruega, Alemanha (I. G. Farben), Rússia, Austrália e Japão (Titan Kogyo Kabushiki Kaisha). O ferro cianeto de titânio é empregado como pigmento verde em substituição aos venenosos sais de arsênico.

A ilmenita, principalmente, tem sido usada no fabrico de ligas, como o "ferro-titânio" e "ferro carbono titânio", a primeira obtida em fornos elétricos ou por processo de aluminotermia e a segunda em forno elétrico Rossi.

As composições típicas destas ligas é abaixo apresentada:

	Fe-C-Ti	Fe-Ti
Ti	15,79%	25,0%
Fe	74,30%	68,0%
C	7,46%	—
Si	1,41%	1 a 1,5%
Al	0,08%	5 a 6%
Mn	0,11%	—
S	0,08%	0,01%
P	0,05%	0,05%

São usadas, baseado nas suas grandes afinidades para o O_2 e N_2 , como desoxidante e desazotante na metalurgia do aço.

O óxido de titânio e a ilmenita têm sido usados no revestimento de fornos de puddlage. Outras aplicações são encontradas na indústria de abrasivos, pedras preciosas sintéticas, cimento, filamentos para lâmpadas elétricas e tetra cloreto de titânio para cortinas de fumaça.

CONCLUSÕES:

Evidencia-se que, com a exportação de areias ilmeníticas, lesamos o patrimônio mineral do Brasil. Necessário se torna que os capitais nacionais voltem suas atenções para este ramo, bastante recompensador, da indústria mineira. Temos notícias da instalação em São Paulo da primeira indústria sul americana de óxido branco de titânio, que pelo seu significado deve merecer as simpatias do povo e governo do Brasil. Que outras iniciativas, neste gênero, se instalem, pois as nossas reservas permitem.

LITERATURA CONSULTADA

- Industrial Minerals and Rocks — A. I. M. E. — 1937
Non-Metallic Minerals — Ladoo
Hand book of Ore Dressing — Taggart
Titanium — Thornton
Mineral Deposits — Lindgren
Introductory Economic Geology — Tarr
Text book of Mineralogy — Dana
Ilmenite — The Du Pont Magazine — Vol. 33.
Titanium — A growing Industry — Otto Herres — Mining and Metallurgy — vol. 27 n.º 427.
Zircon, Ilmenite and Monazite — Gordon Chambers — Chemical Industries — vol. 45 n.º 1
Monazita no Estado da Baía — Othon H. Leonardos — Avulso n.º 23 — D.N.P.M.
O Titânio na Costa do Espírito Santo — S. Fróes de Abreu — Ministério da Agricultura.
Os minérios não metálicos do E. S. P. — Theodoro Knecht — Boletim 27 — I.G.G.
As minas do Brasil e sua Legislação — J. P. Calogeras — Imprensa Nacional vol. 1
Areias monaziticas e ilmeníticas — Edgard Frias Rocha Mineração e Metalurgia — Vol. IV n.º 19
Areias Ilmeníticas no Brasil — José Miranda — Mineração e Metalurgia — Vol. VII n.º 40
Areias Ilmeníticas — Theodoro Knecht — O I.G.G. — Vol. II. n.º 4.
Relatório sobre Ilmenita na Ilha São Sebastião — Do autor.
Relatório sobre Ilmenita em Caraguatatuba — Do autor.

CARVÃO NO NORTE DO ESTADO DO PARANÁ

Notas de uma viagem

Prospero Cesarino Paoliello e Paulo Abib Andery (1)

Sumario: I) Introdução: a) Objetivo; b) Comunicações, itinerário e horários de viagem; c) Localizações das minas d) Agradecimentos.

II) Geologia: a) Aspectos gerais; b) Geologia do carvão no Paraná; c) Pesquisa.

III) Companhias carboníferas visitadas: 1.º) Companhia Carbonífera Brasileira; a) Generalidades: 1.º) Organização e administração; 2.º) Concessões; 3.º) Produção; b) Mineração: 1.º) Lavra; a) Métodos e sistemas gerais; traçagem; b) Extração atual e programa futuro; c) Transporte subterrâneo; d) Ventilação e esgotamento 2) Tratamento do carvão c) Transporte e embarque d) Serviços gerais.

2.º) Companhia Carbonífera do Cambuí.

3.º) Companhia Carbonífera do Rio do Peixe.

IV) Conclusão

I) INTRODUÇÃO

a) *Objetivo*

Estas notas foram tomadas no decorrer da visita as minas de carvão, da região de Cambuí, Rio do Peixe, no norte do Paraná; a execução dessa viagem de estudos decorreu da necessidade de dar uma complementação objetiva e prática aos cursos das cadeiras de Jazidas Mineraias e de Lavra de Minas (I.^{as} partes), dados no decorrer de 1945.

Acompanharam a visita, orientando-a, os engenheiros Alceu Fabio Barbosa, professor da cadeira de Jazidas Mineraias, Paulo Bohomoletz, seu assistente, e o Snr. Armando Wohlers; seu programa era o seguinte: observação e discussão dos aspectos mais característicos da geologia do carvão, da pesquisa de suas possibilidades econômicas, dos métodos de lavra, e, ao mesmo tempo, execução de operações elementares de geologia de campo, como reconhecimento de afloramentos, tomada de atitude de camadas, execução de perfis esquemáticos, observação de falhas, dobras, sondagens, etc.

(1) — Alunos do 6.º ano do curso de Minas e Metalurgia da E. Politécnica

Julgamos tal objetivo alcançado, si não com o excepcional valor que se poderia esperar, tendo em vista a boa vontade e os auxílios que, constantemente, todos nos proporcionaram, pelo menos com um aproveitamento médio, que justifica a viagem.

b) *Comunicações, itinerários, e horários da viagem*

1) — *Ligações* — A zona carbonífera é servida pela Viação Férrea Paraná-Santa Catarina (V. F. P. S. C.), rede ferroviária de propriedade da União. Tal rede, que percorre os estados do Paraná e Sta. Catarina, tem bitola de um metro, apresentando duas ligações com o sistema ferroviário paulista (em Itararé, com o ramal de Itararé, da Estrada de Ferro Sorocabana, e em Ourinhos, com a linha tronco dessa mesma estrada), e uma com o sistema riograndense (em Marcelino Ramos, com a Viação Férrea Rio Grande do Sul).

Da linha tronco da V. F. P. S. C., na estação de Jaguariaiva, parte o Ramal de Ourinhos ou Linha do Paranapanema (antiga V. F. Norte do Paraná, emcampada pelo governo federal); da estação de Wenceslau Braz, situada neste ramal, parte o Sub-ramal de Cambuí, que vai ter à região carbonífera visitada. O mapa esquemático da fig. 1, mostra essas ligações

No sub-ramal referido, ainda se encontra em construção o trecho final, de 14 km, entre a estação de Eusébio de Oliveira, atual ponta de trilhos, e a futura estação terminal de Cambuí (o nome provavelmente será êsse), no centro da zona carbonífera; entretanto, nesse trecho, o leito já está pronto, com todas as obras de terraplanagem concluídas, esperando-se, para o assentamento da via permanente, apenas a conclusão da ponte de concreto armado, sôbre o rio do Peixe.

A ligação rodoviária se faz por estradas, de modo geral, bem conservadas; são varias as ligações à estrada de rodagem S. Paulo-Ponta Grossa.

A importancia do transporte rodoviário, para o carvão propriamente, parece-nos pequena, dados o baixo custo e grande capacidade, que se exige; porém, para os materiais essenciais à lavra, e à vida das populações mineiras, é de grande importancia.

2) — *Distancias* — Para S. Paulo, temos:

Por Itararé: Cambuí-Ibaití:	44 km
Ibaití-Itararé	258 "
Itararé-S. Paulo	309 "
	<hr/>
Total	611 "

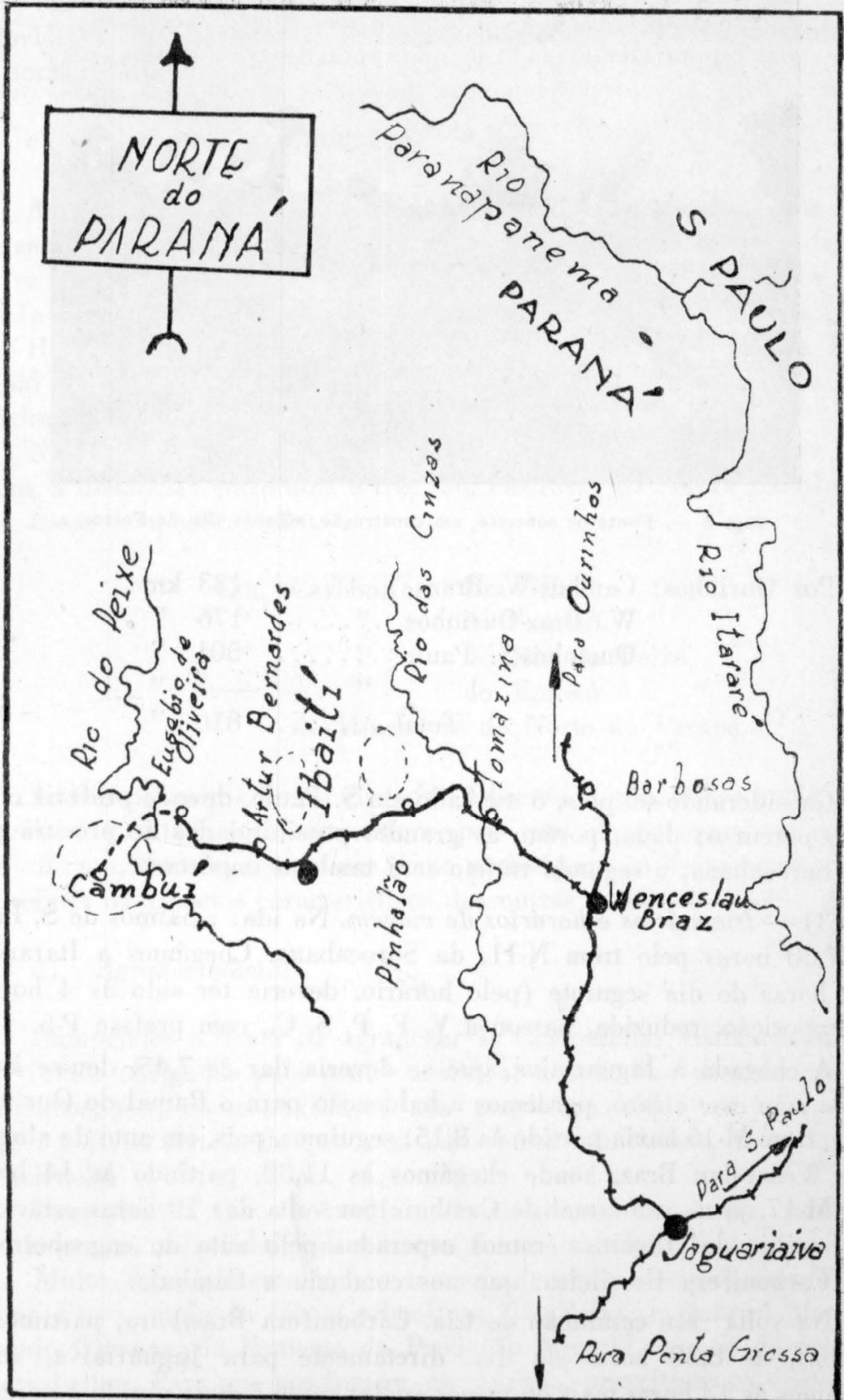


Fig. 1 — Mapa esquemático da região.



Fig. 2 — Ponte de concreto, em construção, sôbre o Rio do Peixe.

Por Ourinhos: Cambuí-W. Braz	133 km
W. Braz-Ourinhos	176 "
Ourinhos-S. Paulo	501 "
	— "
Total	810 "

Considerando-se, pois, o mercado em S. Paulo, deve-se preferir o primeiro percurso; dada, porém, as grandes possibilidades de procura pela Alta Sorocabana, o segundo trajeto será também importante.

3) — *Itinenários e horários de viagem.* Na ida: : Saimos de S. Paulo às 17,30 horas pelo trem N-11, da Sorocabana. Chegámos a Itararé às 6,30 horas do dia seguinte (pelo horário, deveria ter sido às 4 horas). A composição, reduzida, passou à V. F. P. S. C., com prefixo P-5.

A chegada à Jaguariaiva, que se deveria dar às 7,45, deu-se às 10 horas: com esse atrazo, perdemos a baldeação para o Ramal de Ourinhos, pois o trem M-16 havia partido às 8,15; seguimos, pois, em auto de aluguel, para Wenceslau Braz, aonde chegámos às 11,30, partindo às 14 horas, pelo M-17, já no sub-ramal de Cambuí; por volta das 19 horas estávamos em Eusébio de Oliveira; éramos esperados pelo auto do engenheiro da Cia. Carbonifera Brasileira, que nos conduziu a Cambuí.

Na volta: Em caminhão da Cia. Carbonifera Brasileira, partimos de Cambuí, às 8,30 horas do dia, diretamente para Jaguariaiva, aonde chegámos às 13 horas mais ou menos (notar como é mais rápido o percurso

rodoviário); embarcámos às 18 horas, chegando a S. Paulo por volta das 13 horas do dia seguinte.

c) *Localização das minas*

As camadas carboníferas das minas visitadas, pertencem a uma bacia, que será chamada de bacia carbonífera do Cambuí (ver o mapa da fig. 1); ela se dispõe segundo o rio do Peixe (ou rio Laranjinha) e é a única que se mostra de importância econômica, pelo menos até agora, na região.

Há, entretanto, pelo menos mais duas bacias: a de Barra Bonita (atual Ibaítí), já estudada no boletim 42 do D. N. P. M., e uma outra, próxima à estação de Pinhalão.

Na bacia do Cambuí operam cinco companhias, cuja minas se distribuem, a distâncias entre dois e três km, em redor da futura estação.

Essas companhias são:

Cia.	Carbonífera	Brasileira
"	"	do Cambuí
"	"	do Rio do Peixe
"	"	do Embaú
"	de Mineração do Norte do Paraná	

As três primeiras foram visitadas. Observe-se que, nestas notas, a Cia. Brasileira é tratada com certo relevo, pois com ela estivemos em contacto mais íntimo, e assim a tomamos como protótipo; não deixaremos, porém, de referir os aspectos característicos das outras duas.

d) *Agradecimentos*

Cumprimos o dever de agradecer às Companhias visitantes, dever a que fomos obrigados pela gentil acolhida, e pela boa vontade com que dirigentes, técnicos e auxiliares, nos prestaram tôdas as informações: fique, pois, a certeza de que, si estas notas são falhas, foi por nossa deficiência.

Hospedes da Cia. Carbonífera Brasileira, somos, à ela, particularmente gratos, pela fidalguia com que fomos tratados.

Muito especialmente, queremos agradecer aos engenheiros Estevão Alves Pinto, chefe da Cia. Carbonífera Brasileira, e Gabriel Mauro de Araujo Oliveira, do Fomento da Produção Mineral, que se desdobraram em trabalhos. Para que nos fossem, ao máximo, proveitosas as visitas, bem como aos professores Paulo de Menezes da Rocha, diretor da Escola, Alceu

Fabio Barbosa, Paulo Bohomoletz e Armando Wohlers, aos quais devemos a oportunidade magnífica, bem como constante assistência.

II) *GEOLOGIA*

a) *Aspectos gerais*

No sul do país, estende-se grande massa de sedimentos, depositada sobre as formações cristalinas, ou, em discordância sobre o devoneano, cuja idade vai de carbonífera à triássica: eles constituem o Sistema de Santa Catarina. A literatura geológica, sobre tal região, é extensa; citam-se, entre muitos outros trabalhos: Eusébio de Oliveira, "Geologia e Recursos Minerais do Estado do Paraná" (Monografia n.º VI do antigo Serv. Geol. e Miner. do Brasil); Morais Rego, "Geologia do Estado de S. Paulo" (Separata do D. E. R.) I. C. White, "Relatório da Comissão de Estudo das Minas de Carvão de Pedra"; "Carvão Mineral de Barra Bonita e Carvãozinho" (Boletim 42 do D. N. P. M.); "Iniciação ao estudo das formações carboníferas do Brasil" (Avulso 25 do D. N. P. M.); "Carvão Mineral no Norte do Paraná" (Boletim 4 do D.N.P.M.); "Estudo sobre a glaciação permo-carbonífera no sul do Brasil" (Boletim 21 do D. N. P. M.) e muitos outros que não tivemos ocasião de ver.

Difícil e controversa tem sido a resolução do Sistema em séries bem delimitadas: a sedimentação tendo sido perfeitamente concordante, do carbonífero ao triássico, justifica-se essa dificuldade, só resolvida por meio de mui detalhados estudos estratigráficos e paleontológicos; hoje, a mais aceita, é a divisão em três séries: Itararé-Tubarão, Passa Dois e S. Bento.

Interessa-nos grandemente a primeira, a basal, ou série Itararé-Tubarão.

O duplo nome foi proposto por Morais Rego, que reuniu assim as antigas duas séries distintas, demonstrado a sua unicidade, e, ao mesmo tempo atendendo às diferenças de ambiente de sedimentação da formação mais importante, que é principalmente glacial, em S. Paulo, com subordinação dos sedimentos fluvio-glaciais, e, inversamente, fluvio-glacial no R. G. do Sul, com subordinação do facies glacial.

Não existe a menor dúvida sobre a existência desse ambiente glacial, no sul do Brasil, contemporâneo do da África do Sul e da Índia. Admite-se que a frente das geleiras, chegou a atingir a altura da cidade de S. Paulo, e os sedimentos glaciais e fluvio-glaciais estendem-se desde S. Sebastião do Paraíso até o centro do Uruguai. Salvo em pequena área, entre as alturas de Itapeva e Curitiba, em que a série Itararé-Tubarão assenta discordante-

mente sobre o devoneano, na grande extensão dos sedimentos, ela repousa diretamente sobre o cristalino, parte sobre a série S. Roque, e parte sobre o arqueano. Quanto à idade desses sedimentos, ela tem sido matéria de grande discussão: parece-nos que, hoje, a maioria das opiniões se inclina pela idade é o — permiana; porém, alguns geólogos insistem em considerá-la, pelo menos em parte, do néo-carbonífero. Tem servido de motivo para as dúvidas, a idade dos fósseis aí encontrados, principalmente das flores *Glossopteris* e *Gangamopteris*, cujas espécies tem sido descritas, por uns e outros dos contendores, como muito evoluida para ser do carbonífero, ou pouco evoluida para ser do permiano. Obviando essas controvérsias, costuma-se dizer que a série é permo-carbonífera. Quanto à coluna completa dessa série, podemos admitir como padrão:

- 3) Grupo Palermo
- 2) Grupo Bonito
- 1) Tilito e conglomerato

O tilito, de facies glacial, e o conglomerato, fluvio-glacial, são rochas clásticas, sem classificação; o tilito apresenta seixos variados, muitos dos quais caracteristicamente glaciais pela sua angulosidade, faces lisas e estrias, no seio de uma matriz muito fina (till). Os seixos, na maior parte, procedem do granito, e, é comum encontrar-se feldspato não alterado, o que se explica pelas condições climáticas e sedimentação.

O grupo Bonito inclui arenitos espessos e, às vezes, calcareos, de cores claras, intercalados de folhelhos delgados, geralmente claros; é este grupo que contém os leitos de carvão, geralmente intercalados em folhelhos carbonosos ou calcareos escuros: são sempre leitos muito delgados, e, quando se apresentam um ou dois mais desenvolvidos, não chegam a atingir mais de um metro sem intercalação.

Por fim, capeia o grupo Palermo, que pode atingir 80 metros de espessura, apresentando folhelhos de cores variegadas, vivas quase sempre, alternados com arenitos de cores vivas e escuras.

b) *Geologia do carvão, no Paraná*

1) — *Coluna geológica e gênese* — As camadas de carvão da bacia do rio do Peixe, estão colocadas na base do grupo Bonito, assentadas muito próximo do tilito (foto da fig. 3).

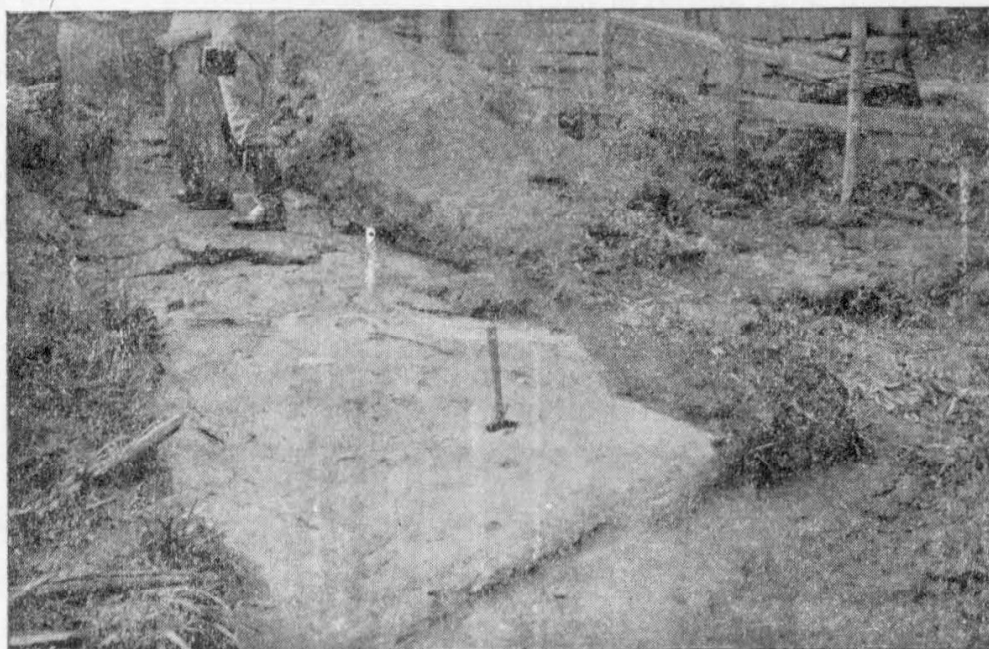


Fig. 3 — Afloramento de tilito, na concessão da Cia Brasileira.

O grupo Bonito é separado, superiormente, do Palermo, por um leito com nodulos de silex; pode-se observar, com nitidez, tal leito, num corte de estrada de ferro, no trecho em construção: esse aspecto, está apresentado esquematicamente na fig. 4.

O eng. Nero Passos determinou, em Barra Bonita (atualmente Ibaítí), distante, de Cambuí, cerca de 45 km, as seguintes espessuras:

Grupo Palermo	-	espessura	minima	de	68	metros
”	Bonito	-	”	”	87	”
Tilito e conglomerato		mais de			250	”

Para se fazer melhor idéia da coluna geológica, segue-se o perfil resumido de uma sondagem realizada pelo D. N. P. M.

Sondagem n.º 1

Região do Rio do Peixe. Município de Araíporanga. Área do decreto n.º 9874, de 7/7/42. Sond. — Armando Simões.

Sonda “Sullivan”- n.º 22. Iniciada em 18/8/45. Diam. inicial 2 1/16”.

Terminadas em 12/9/45. Diam. final 1 13/16”.

PROFUNDIDADE DAS BASES DAS CAMADAS	EXPESSURA DAS CAMADAS	R O C H A S
0,50	0,50	Solo.
3,00	2,50	Areia.
3,50	0,50	Folhelho amarelo decomposto.
6,41	2,91	Arenito argiloso claro, com fragmentos de silex.
10,84	4,43	Folhelho esverdeado e arenito argiloso com concreções silicosas.
16,18	5,34	Arenito de grã fina, bem estratificado.
16,28	0,10	Folhelho argiloso creme.
17,02	0,74	Calcareo.
35,01	17,99	Calcareos e arenitos esverdeados, alternados ; ambos são argilosos.
42,97	7,96	Arenitos argilosos, alguns calcíferos.
43,07	0,10	Brescia de silex, com cimento calcareo.
61,24	18,17	Arenitos argilosos, claros ou cinza, alguns micaceos, outros com inclusões de manganéz, quartzo ou pirita.
61,44	0,20	Folhelho chocolate.
65,70	2,74	Arenitos cinza ou chocolate, um deles micaceo.
68,61	2,91	Arenito branco, de grã fina, friavel.
69,03	0,42	Folhelho argiloso cinza escuro.
69,94	0,91	Arenito esverdeado e chocolate, grã fina.
70,09	0,15	Brescia de silex, com cimento calcareo.
70,61	0,52	Calcareo.
71,44	0,83	Arenito cinza, bastante compacto.
71,81	0,37	Calcareo argiloso.
73,27	1,46	Arenito argiloso, cinza, de grã fina.
73,42	0,15	Folhelho roxo.
79,04	6,62	Arenitos escuros e calcareos, alternados.
82,27	3,23	Arenitos cinza e claro, alguns bem estratificados.
82,41	0,14	Folhelhos roxo, cinza e verde.
83,42	1,01	Arenito chocolate, com leitos calcareos.

PROFUNDIDADE DAS BASES DAS CAMADAS	EXPESSURA DAS CAMADAS	R O C H A S
84,71	1,29	Folhelho cinza e roxo, com um centimetro de calcareo.
84,98	0,27	Arenito claro, grã fina.
86,18	2,00	Folhelhos roxos e calcareos, alternados.
87,00	0,82	Arenito cinza calcifero, com nodulos de calcareo.
89,13	2,13	Folhelhos roxos e arenitos cinza, alternados.
89,58	0,45	Calcareo com cristais de pirita marcial.
90,98	1,40	Arenito claro, de grã fina.
92,76	1,78	Folhelho cinza escuro.
92,82	0,06	Folhelho carbonoso.
	0,10	Carvão baço.
	0,03	Folhelho cinza escuro.
	0,05	Carvão pouco brilhante.
	0,04	Folhelho cinza escuro.
	0,01	Carvão folhetado.
	0,02	Folhelho cinza.
	0,09	Carvão alternado com xisto. Laminas de carvão até 3 milímetros.
93,50	0,34	Carvão brilhante, com dois leitos de pirita, um de 5 milímetros e outro de 15.
93,84	0,34	Arenito branco, grã média, com pirita e plantas fosseis.
94,60	0,76	Arenito branco, grã fina, com feldspato.
98,40	3,80	Tilito glacial.

Muitas outras sondagens, bem como afloramentos, poços, etc., indicam a seguinte situação para o carvão do rio do Peixe:

Arenito branco ou carbonoso, encaixando vários leitos finos de carvão e folhelho; às vezes, há bancos de calcareo argiloso.

Conglomerato (ocorre na parte mais funda da bacia).

Tilito.

O tilito é, assim, a “néga” do carvão, isto é, significa a inexistência de novos leitos, e, representa a última fase da glaciação regional permio-

carbonífera. Ele pôde ser tido como “néga”, mesmo considerando-se a existência, já verificada, de casos esporádicos de carvão inter-glacial. Glicon de Paiva verificou um caso desses, em Ribeirão Novo, onde o carvão está intercalado entre tilitos. Viktor Leinz, referindo-se a esta anomalia, diz: “Será simples acaso, a gênese de carvão desta natureza, na vertical de um ponto, em que, na época glacial anterior, já se havia formado carvão”. Este mesmo autor, estudando as bacias carboníferas do norte do Paraná, chegou a conclusões interessantes, principalmente sôbre a sua gênese, esquematizando a seguinte evolução:

1.º) Formação de uma depressão morfológica, por ação de grandes massas de água de degelo, sôbre o till.

2.º) Formação de um lago, com tributários de pequena capacidade de transporte (areia e material argiloso).

3.º) Formação de pantano, causado pela invasão de vegetação, até o acervamento final da depressão, pela turfa.

4.º) Soterramento, com ajustagem dos sedimentos anteriores à forma da bacia, e formação do carvão, por diagenese.

2) — *Distribuição das bacias, reservas, etc* — As ocorrências de carvão, no Paraná, começam em Barbosas, no divisor dos rios Itararé e das Cinzas; à margem direita deste rio, em Tomazina, ha dois pequenos afloramentos. Depois, em Japira, há folhelho carbonoso. Em Barra Bonita, atualmente Ibaítí, ha uma reserva de umas 150 000 toneladas de carvão antracitoso, encaixando em arenito muito resistente, de difícil lavra. Uma pequena bacia aparece próximo de Artur Bernardes, à altura do km 90. No divisor de águas dos rios do Peixe e das Cinzas, acha-se a bacia do Carvãozinho, com mais ou menos 400 000 tons. de carvão, em varias camadas delgadas.

A bacia do Cambuí (ou do rio do Peixe), tem uma área da ordem de 100 000 000 m², havendo as seguintes concessões:

Cia. Carbonífera Brasileira	—	5 áreas,	num total de	4 463,60	Ha.
Carbonífera do Embaú S/A	...	2	”	”	”
Cia. Carbonífera do Cambuí	...	4 áreas,	num total de	3 928,88	Ha.
”	”	Rio do Peixe	.	2	”
Cia. Miner. Norte do Paraná	...	1 area,	”	”	”
Heitor Fajardo	.....	1	”	”	”

Não há elementos suficientes para se precisar a reserva. Estima-se em volta de 50 milhões de toneladas, adotando-se uma media de 500 kg por m².

Tal calculo é feito considerando-se a espessura média das camadas já lavradas, e umas poucas sondagens feitas na região. Não se levou em conta,

nessa estimativa, as possíveis descontinuidades da bacia, a destruição, em certos pontos, da camada, pela erosão, bem como não houve observação acurada das intercalações, nem da contaminação do carvão por alteração da pirita, etc. Dever-se-ia ainda, considerar a variação do fundo da bacia, efeitos de compressão, zonas de enriquecimento e de pobreza de vegetação, zonas de afluxo de areia e argila, etc.

3) — *Notas Gerais* — No Paraná, até agora, observou-se um único horizonte estratigráfico, de carvão, explorável economicamente e ele corresponde ao horizonte Barro Branco de White.

White e Fiuza da Rocha, dão, para esse horizonte, em Sta. Catarina, uma espessura total média de 55 a 60 cm, só de carvão, sendo a espessura máxima do "meio" de 9,50 m. As camadas exploradas pela Cia. Carbonífera Brasileira, apresentam espessuras entre 80 e 120 cm, sendo que os folhelhos intercalados vão de 20 a 80 cm. A cobertura é muito variável: no perfil de sondagem apresentado, é de 92,82 m e na média das cinco sondagens, cuja parte terminal está apresentada na fig. 5, tem-se 28,50 m. Têm-se notado que, quando o capeamento é inferior a 10 m., a oxidação atinge as camadas, havendo então fenômenos de alteração, produzindo-se carbonatos sulfatos, etc.

Considera-se a existência do folhelho cinza, como um bom indicio de carvão.

Quanto aos fósseis, podem ser observados com frequência, principalmente nos folhelhos da capa, representantes das flores *Clossopteris* e *Gangamopteris*.

c) *Pesquisa*

Uma empresa de mineração de carvão, pelo vulto dos capitais empregados e pelo tempo que deve durar, exige, sem dúvida, a execução de um plano cuidadoso de pesquisas, sempre concluído por uma rede de sondagens, cobrindo toda a área a lavrar. Somente assim se pode ajuizar das conveniências do aproveitamento, e dos métodos a serem seguidos, de modo a se adotar um planejamento de lavra, racional e econômico.

Infelizmente, na região, nenhum plano se orientou assim, pela prospecção sistemática, resultando em conjuntos pouco racionais, na lavra das minas já em trabalho.

É, pois, altamente satisfatório o fato da Cia. Carbonífera Brasileira estar executando um plano sistemático de pesquisas, abrangendo quase a metade de uma de suas concessões, visando abrir, aí, uma nova mina cujo aproveitamento será rigorosamente planejado.

Esse plano consiste, primeiramente, na execução de sondagens, em reticulado, com malha de 450 m, cobrindo toda a área, ainda não em lavra, de sua concessão de 595 Ha; depois, nas áreas úteis, far-se-á novo reticulado, de malha menor; aí existe, provavelmente, uma reserva de 200 000 tons, e a cobertura média anda na ordem de 100 m.

A companhia já efetuou, nessa área, cinco furos perfís terminais estão apresentados na fig. 4, e, o D. N. P. M., auxiliando as pesquisas, já executou o furo n.º 1, cujo perfil foi dado.

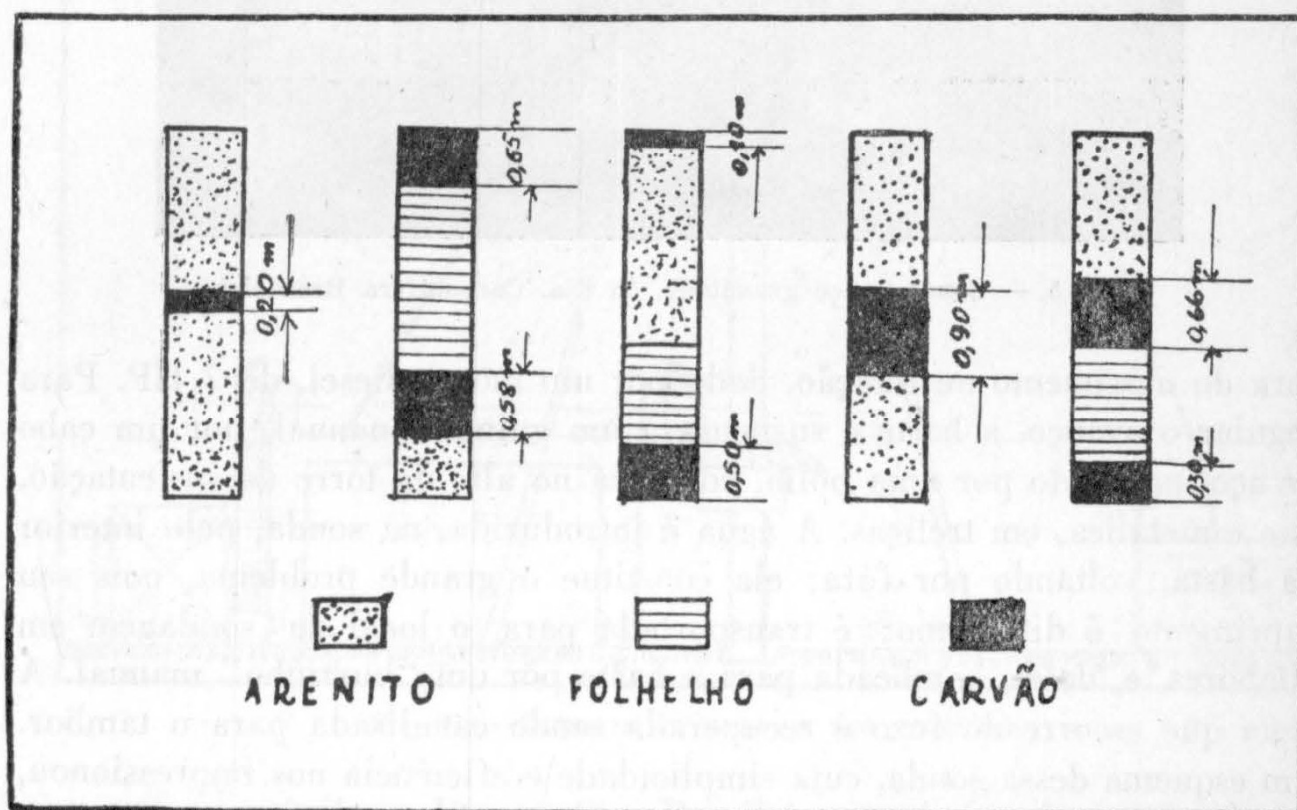


Fig. 4 — Perfís de sondagens (parte terminal) executadas pela Cia Brasileira

A média desses furos, indica uma camada de uns 80 cm. de espessura total, com 60 cm. úteis de carvão.

Nas outras companhias as sondagens têm sido esporádicas.

A Cia. Brasileira possui uma sonda, que na ocasião da visita estava trabalhando no local chamado Embaúsinho; já havia executado 30 m. de furo, à uma velocidade média de 3 m. por dia. É de tipo antigo (foto da figura 5) com ferramenta de aço granulado; este é fabricado em S. Paulo, e não é mais que arame de aço picado e temperado. Póde fazer até 200 m de furo.

A ferramenta é acionada por hastes de tubo de aço, de 1 1/4", ligadas a uma haste quadrangular, que deslisa por uma abertura, também quadrangular, de uma coroa; esta faz parte de uma engrenagem cônica, transmis-

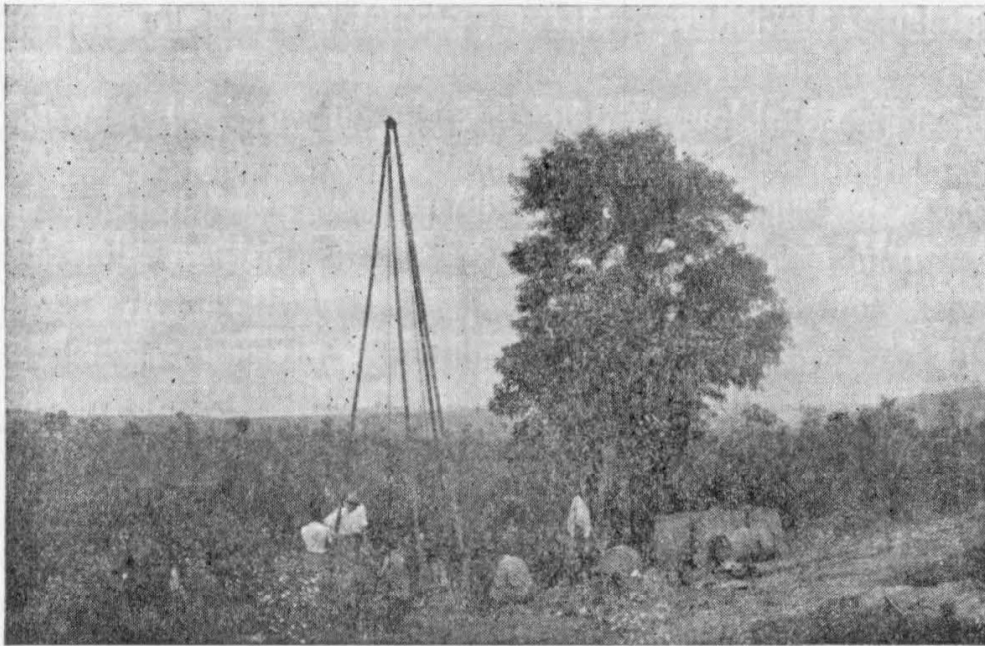


Fig. 5 — Sonda a aço granulado, da Cia. Carbonifera Brasileira.

sora do movimento de rotação, dado por um motor diesel, de 7 HP. Para regular o avanço, a haste é suspensa a um guincho manual, por um cabo de aço, passando por uma polia, colocada no alto da torre de sustentação, que é metálica, em treliças. A água é introduzida, na sonda, pelo interior da haste, voltando por fóra; ela constitue o grande problema, pois seu suprimento é difficilimo; é transportada para o local da sondagem em tambores, e, deles, bombeada para a haste por um “burrinho” manual. A água que escorre do furo é recuperada sendo canalizada para o tambor. Um esquema dessa sonda, cuja simplicidade e eficiência nos impressionou, está na figura 6.

A sonda do D. N. P. M. é moderna, a diamante; é a “Sullivan” n.º 22.

Seus furos geralmente se iniciam com diametro de 2 1/16” e podem ir até diametro de 1 1/2”. Tem motor a óleo diesel. Estava na ocasião sendo montada numa região de acesso muito difficil, para onde teve de ser arrastada por juntas de bois. A água teria de ser recalçada de um correço pequeno, devendo ser vencida uma diferença de nivel de aproximadamente 20 m.

III) *COMPANHIAS VISITADAS*

Procurar-se-á, aqui, descrever resumidamente as companhias visitadas, expondo-se sua organização e seus métodos de trabalho.

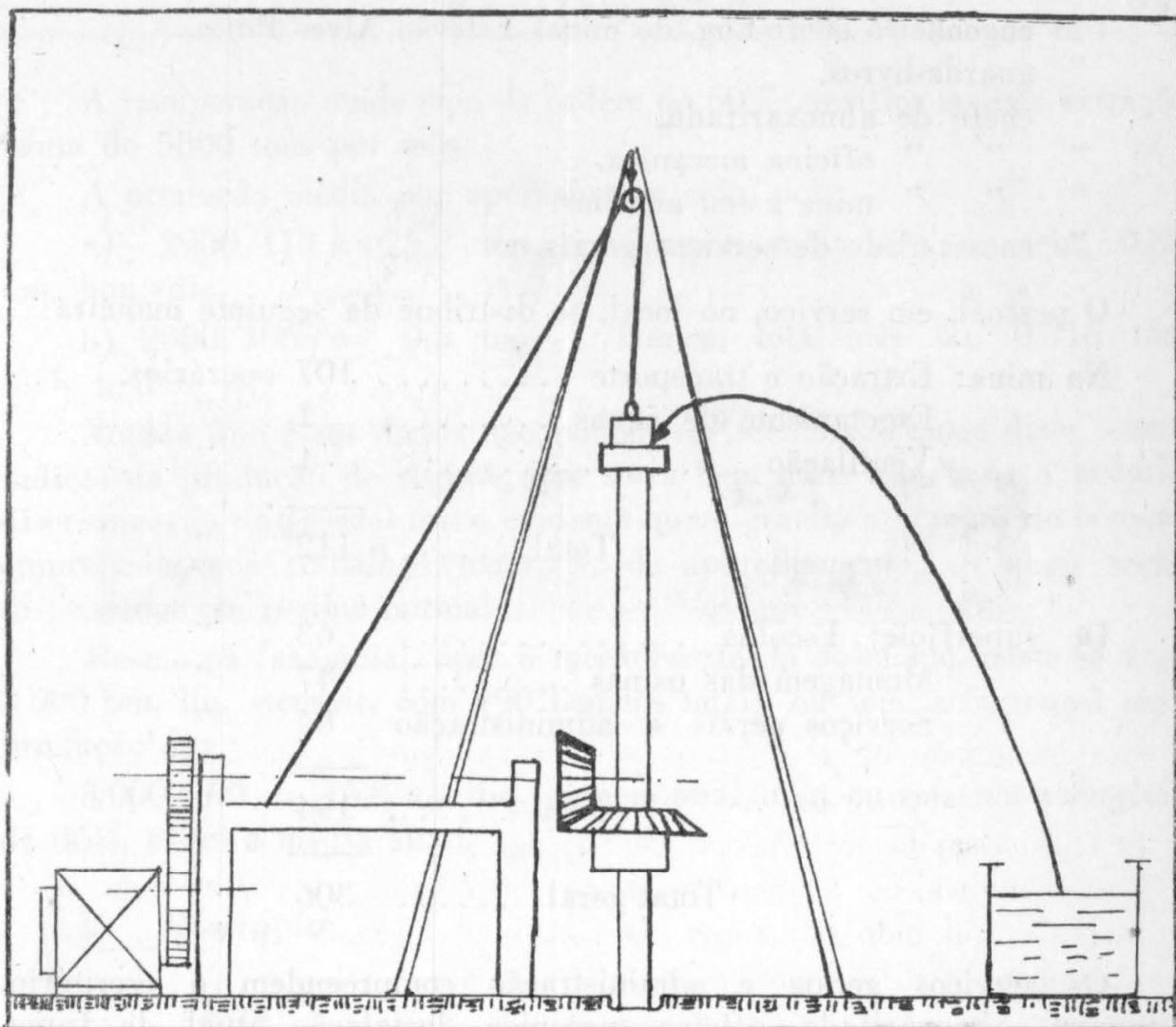


Fig. 6 — Esquema da sonda a aço granulado.

Como já ficou dito, a Cia. Brasileira será tratada com um certo desenvolvimento, pois, sôbre ela, foi possível uma maior colêta de dados, e, mesmo porque simplifica a descrição o tomar-se uma companhia como tipo. As outras serão citadas, naquilo que se afastaram dela.

1.º) *Cia. Carbonifera Brasileira*

a) *Generalidades*

1.º) — *Organização* — É uma sociedade anonima, que se dedica à exploração de suas concessões carboníferas, na bacia do rio do Peixe. Sua séde está em S. Paulo, e, crêmos, também a administração comercial se localisa aqui. A administração técnica se exerce no local de lavra, em Cambuí. Ela se compõe de:

- Um engenheiro chefe-Eng. de minas Estevão Alves Pinto.
 ” guarda-livros.
 ” chefe de almoxarifado.
 ” ” ” oficina mecanica.
 ” ” ” mina e seu auxiliar.
 ” encarregado de serviços gerais.

O pessoal, em serviço, no local, se distribue da seguinte maneira:

Na mina: Extração e transporte	107	operários.
Esgotamento de águas	1	”
Ventilação	4	”
	<hr/>	
Total	112	”
De superfície: Escolha	63	”
Montagem das usinas	47	”
Serviços gerais e administração	84	”
	<hr/>	
Total	194	”
	<hr/>	
Total geral	306	”

Os serviços gerais e administração compreendem o escritório, armazem, almoxarifado, oficina mecanica, instalação atual de força, serraria, carpintaria, construção e manutenção de estradas, etc.

2.º) — *Concessões* — As concessões para lavra, da Cia. Carbonifera Brasileira, no local, abranjem 5 áreas, num total de 4 463,6 hectares, assim distribuidos: duas áreas de 982,8 Ha., uma de 958,5, outra de 944,5, e, finalmente, outra de 595 Ha.

Nesta última, é que se desenvolvem os trabalhos atuais de lavra, abranjendo, aproximadamente, a sua metade leste. Na outra metade está em andamento o já referido plano de pesquisas.

A companhia, na área em lavra, construiu a sua vila: são, na quase totalidade, casas de madeira, que ela cede a seus operários.

3.º) — *Produção* — A produção tem baixado nos últimos meses, o que póde ser atribuido ao desvio, de parte dos operários, para trabalhos externos, como conservação e reparação de estradas, construção e montagem das usinas termo-elétrica e de beneficiamento, bem como à intensificação dos trabalhos de traçagem, que virão corrigir falhas e defeitos dos anteriores, além de possibilitar a próxima entrada da mecanisação do desmonte.

Os últimos meses dão uma média geral de 2900 tons. líquidas mensais.

A recuperação tendo sido da ordem de 50%, verifica-se uma extração bruta de 5800 tons por mês.

A produção média por operário tem sido, pois:

a) $2900/112 = 25,8$ ton. liq./homem mina/mês ou seja, 0,86 ton./h.m./dia.

b) $2900/306 = 9,5$ ton. l./homem total/mês ou, 0,316 ton. l./h. t./dia.

Note-se que êsses dados não podem ser tomados, vamos dizer, como índices da produção de regime, que seria bem mais alta, pois a própria discriminação do pessoal torna evidente que é grande o número de homens empregados nos trabalhos externos, de aparelhamento, os quais serão dispensados em regime normal.

Mesmo na fase atual, após a mecanização do desmonte, conta-se tirar 3 000 ton. liq. mensais, com 190 homens totais, ou seja, atingir-se-á uma produção de:

$3\ 000/190 = 15,8$ ton. liq./homem total/mês, ou seja um acréscimo de 66% sôbre a média atual.

b) *Mineração*

1.º) *Lavra*

a) — *Métodos e sistemas gerais. Traçagem.* — O método geral de lavra, tem sido o de salões e pilares. Tal como é, lá, usado, consta da abertura de uma galeria principal, de escoamento da produção do campo, a partir da qual, perpendicular ou oblicuamente, se abrem galerias transversais, que darão entrada ao salão. As transversais são traçadas de 20 em 20 metros; o espaço intermediário constitui-se de “salão” e “pilar”, cada qual com 9 m. de largura, sendo, os outros 2 m, a largura de transversal.

O comprimento dos salões varia de 50 a 80 m. O “salão” é o espaço de onde se retirou o carvão, o “pilar” ficando para garantir a estabilidade do tecto. Os salões vão se repetindo até a extremidade do campo; volta-se, então, desmontando os pilares (“roubando” os pilares, na gíria mineira), e preenchendo os vãos com esteril.

Note-se que, ao lado da galeria principal, bem como entre os salões de uma mesma transversal, abandona-se um muro de uns 8 a 10 m. de largura, para proteger essas vias, evitando-se que o tecto desmorone.

Tal método, bastante simples, exige, porém, uma traçagem uniforme e regular. Entretanto, a falta de uma direção técnica segura, vinha fazendo

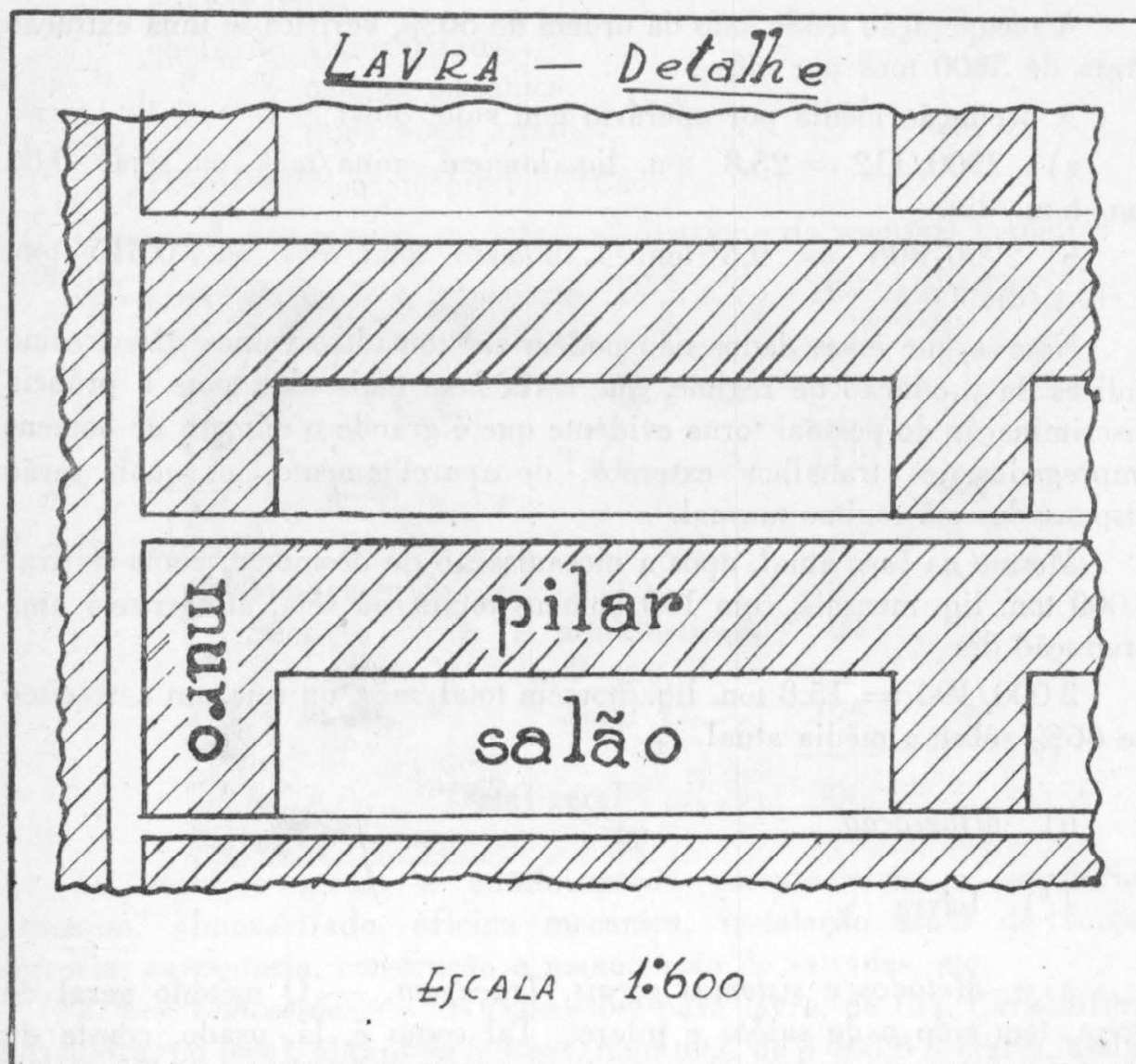


Fig. 7 — Detalhe da lavra, por salões e pilares.

uma traçagem hesitante e confusa, sem plano definido; olhando-se uma planta dos trabalhos de lavra, nota-se uma rede confusa de galerias, que sem razão aparente mudam de direção, com espaçamento desigual entre transversais, etc.

Deve-se atribuir tal fato ao estágio inicial, em que houve falta de técnicos; hoje, o eng. Estevão Alves Pinto procura corrigir os erros já efetuados, e está fazendo executar uma nova traçagem regular, adaptada ao método adotado.

Resumidamente, os trabalhos atuais incluem 3 galerias principais (as "mestras"), G1, G2 e G3 (esta é a da foto da fig. 8), sendo a primeira iniciada com uma gmea G'1, que se desviou depois, até se tornar paralela à divisa com a Cia. Rio do Peixe, donde o nome de paralela que tomou.

Delas, saem as transversais T, de onde se abrem os salões. As galerias têm, em geral, 2,5 m. de largura total, dando uns 2 m. de largura útil. A altura é pequena, da ordem de 1,20 m., e as vezes menos. Apesar do teto ser resistente, elas são escoradas por quadros simples, com dois montantes e um chapéu, de madeira desaparelhada, geralmente peroba, que é muito abundante na região.

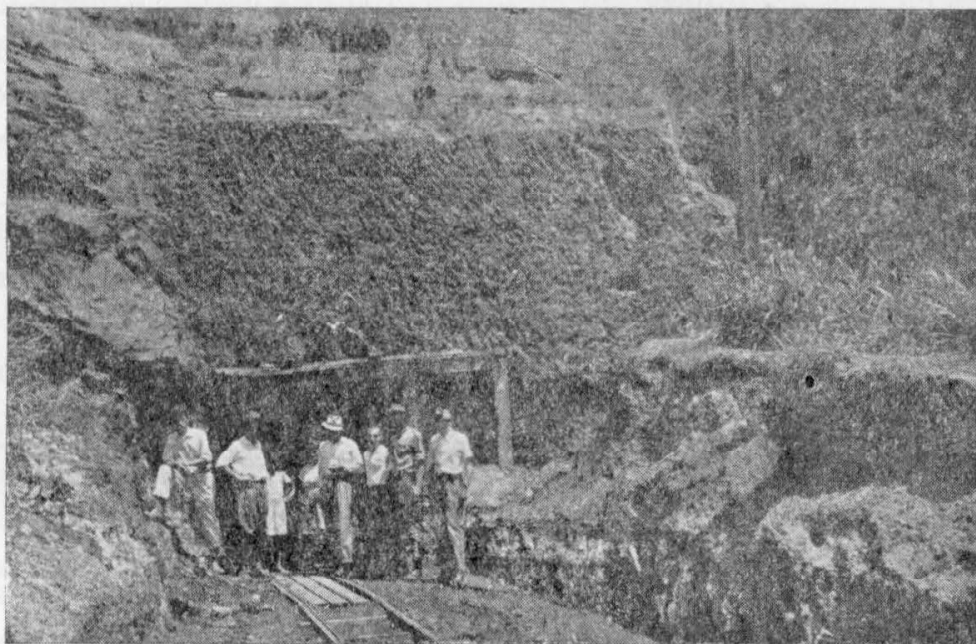


Fig. 8 — Entrada da galeria G 3.

b) — *Extração atual e programa futuro* — Na Cia. Carbonifera Brasileira, a extração ainda é exclusivamente manual. Sempre existem dois leitos úteis de carvão (“banco” e “forro”), separados por um pacote de arenitos ou folhelhos, onde, às vezes, ocorre um terceiro leito, delgado, de carvão (“o coringa”). Assim sendo, o mineiro faz a “rafa”, isto é, com a picareta, desmonta o pacote intermediário de estéril. Removido este do piso, para não sujar o carvão, desmontam-se os leitos úteis, a ponteiro, o forro sendo forçado para baixo, e o banco para cima.

A extração, assim, é cara e demorada. O mineiro ganha por empreitada, isto é, por carro posto na escolha, de Cr. \$ 18,88 a 22,00. A companhia já possui todo o aparelhamento para a mecanização do desmonte, e espera tão somente instalar a usina de força, e os compressores, para fazê-lo entrar em ação. O equipamento possui duas cortadeiras universais, de fabricação americana, que podem efetuar um corte de 10 cm de largura, em 2 m. de frente, atingindo até a profundidade de 2 m. Essas cortadeiras constam de uma coluna que se adapta ao piso e ao tecto, sobre a qual pôde correr uma junta; por esta passa um braço, que pôde girar ao redor da coluna,

tanto no plano vertical, como no horizontal, e, neste, à qualquer altura que se queira, entre o piso e o tétó.

O braço possui um distribuidor duplo de ar comprimido, que aciona a ferramenta, terminada por uma corôa, que dispõe de cinco pontas cortantes (bits).

A ferramenta trabalha com um movimento alternativo, de avanço e recuo, de pequena amplitude; ao mesmo tempo que vai avançando ao longo do braço, aprofundando assim o córte, aquele vai girando, descrevendo o corte horizontal ou vertical. Também fazem parte do equipamento, perfuratrizes a ar comprimido (espingardas) e marteletes de percussão (picadores).

O plano mais provável para a extração, é o seguinte: a cortadeira fará um córte vertical, no meio da frente a desmontar; com as perfuratrizes, far-se-ão furos no estéril, de modo a, dando-se os tiros, jogá-lo para o centro. Removido este, com os picadores, demontar-se-ão os quatro blocos de carvão, cada um dos quais terá três faces livres.

c) — *Transporte subterraneo* — É, também, inteiramente manual. As galerias principais e transversais são percorridas por trilhos, sôbre os quais correm os carros. Da frente de trabalho até a linha, o transporte é feito por padejamentos sucessivos.

É de se notar que todos trilhos são de maneira (peróba rosa), o que se explica pela dificuldade de aquisição de trilhos metálicos durante a guerra; eles não são mais que caibros, de secção retangular, aproximadamente de 3" por 5"; nas vias de tráfego mais intenso, eles são protegidos na parte superior, por um ferro chato, sôbre o qual correm as rodas

Os carros (ver a foto da fig. 9) são caixas de secção retangular, de madeira, com capacidade de perto de 700 kg de minério, pesando, carregados, aproximadamente uma tonelada. Como o mergulho regional da camada é da ordem de 2%, ascendendo pra dentro da encosta, o escoamento dos carros carregados é facilitado pela gravidade, sendo, quase sempre, suficiente um só homem para controlá-los.

d) — *Ventilação e esgotamento* — A ventilação da mina não tem sido problema sério. O eng. Estevão Alves Pinto resolveu-o simplesmente, adotando dois ventiladores, um próximo à entrada da galeria G 1, e o outro próximo do extremo de G'1. Por meio de portas de vento adequadamente colocadas, faz-se assim circulação em tôda a mina.

Os ventiladores são identicos e têm por características: consumo de 3 HP, a 220 volt e 60 ciclos, com 1740 rpm.

O esgotamento das águas também é fácil; como já foi visto, o mergulho sendo para a saída, escoam-se, as águas, naturalmente; existe um

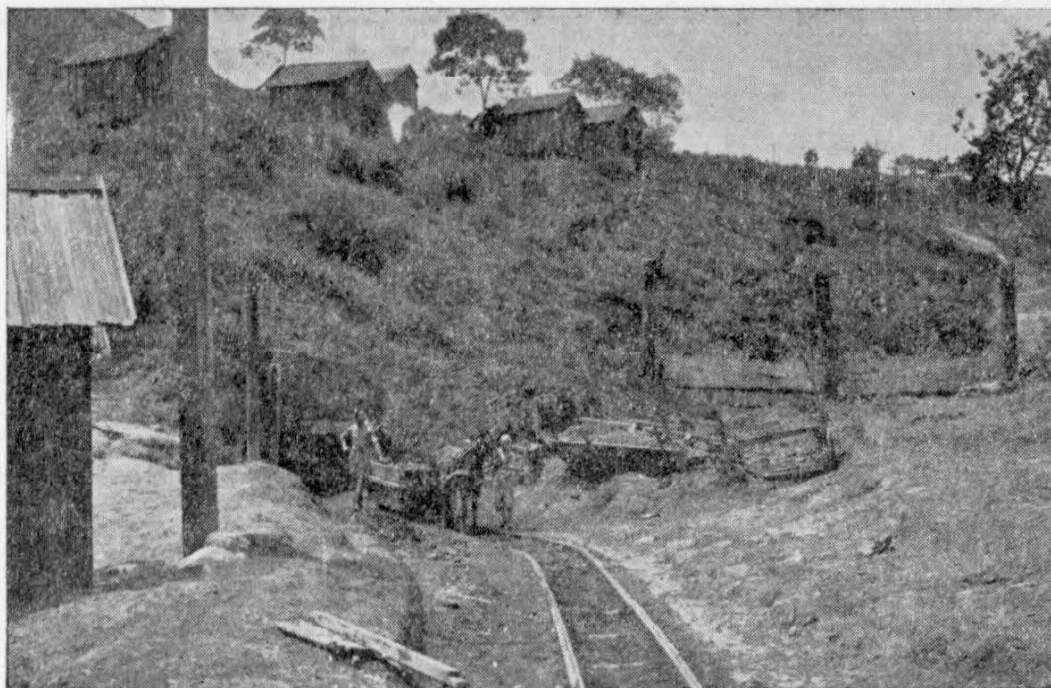


Fig. 9 — Carro ao sair da mina; é atrelado, para ir à escolha.

operário encarregado desse serviço, e tôda vez que um mergulho local leva à formação de uma bacia, instala-se uma bomba manual.

2.) *Tratamento do carvão* — Como todos os carvões nacionais, os do norte do Paraná, ressentem-se da alta percentagem de cinzas, e do alto teor de enxofre, aliás são os melhores favorecidos do Brasil, nesse ponto de vista.

Isto, porém, não exclue a necessidade de um adequado tratamento, visando diminuir esses defeitos.

Na ocasião de nossa visita, a Cia. Carbonifera Brasileira estava executando apenas a escolha manual do carvão graúdo. A recuperação média era, apenas, 49,7%, pois a moinha (isto é, o carvão mais fino de 1") era desprezado. Entretanto as instalações para a usina de tratamento da moinha, estavam, já, adiantadas, o que iria elevar a recuperação total a 77%, com um carvão adicional de melhor qualidade.

A escolha manual consiste no seguinte: o carro carregado, ao sair da mina, é atrelado a um cavalo (foto da fig. 9), que o conduz pelo pateo de escolha (fig. 10), distribuindo pelas 22 mesas de escolha existentes (ver a foto da fig. 11). Em cada mesa trabalham duas ou três moças. A mesa consiste numa construção retangular, com três caixões (foto da fig. 12 e esquema da fig. 13)). O carro descarrega o carvão bruto, sôbre o sólo, em frente às mesas, e as moças o transferem para cima do taboleiro. Este consiste numa peneira com uma polegada de malha, sob a qual está o caixão de finos, que atualmente são rejeitados. A escolhedora, ao mesmo

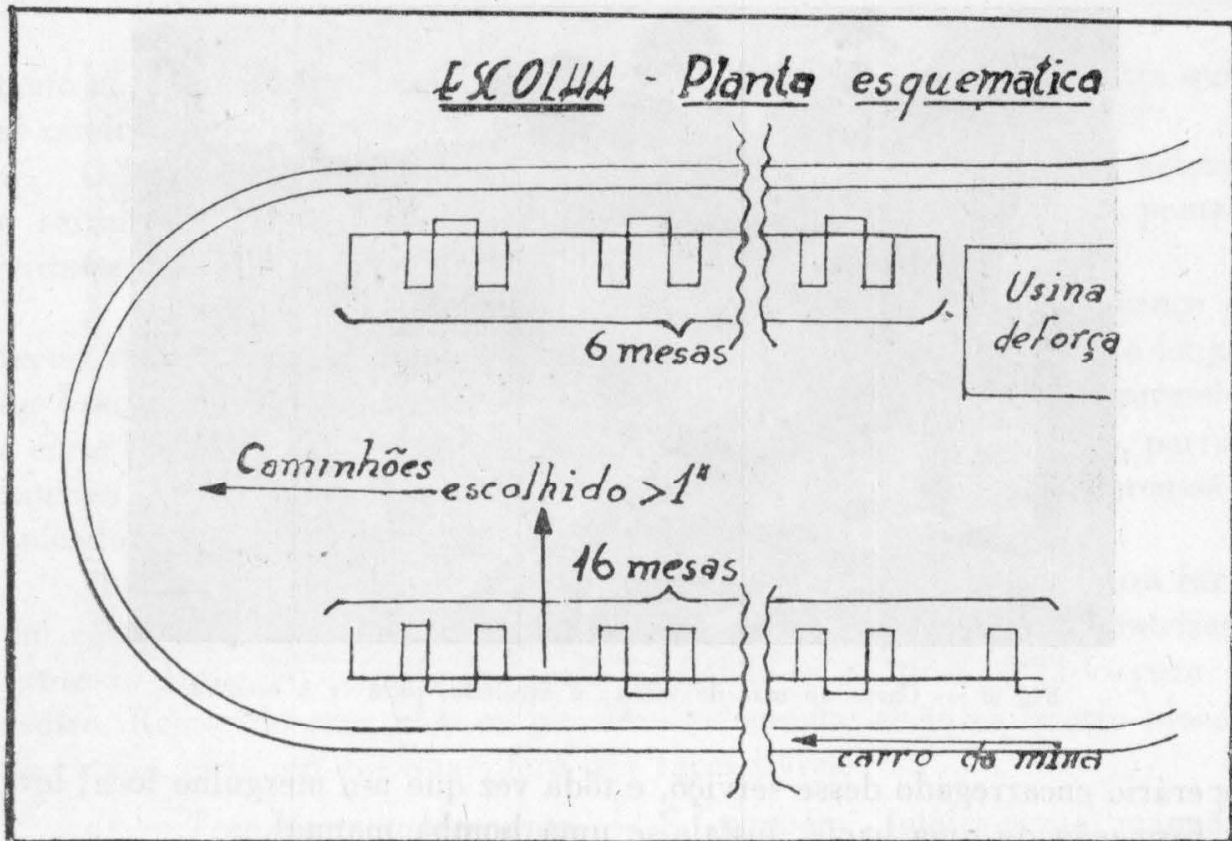


Fig. 10 — Planta esquemática do pátio de escolha.

tempo que passa o carvão sobre a peneira, separa, do gráudo, os pedaços de xisto e os critais grandes de pirita, que vão para o caixão de rejeito.

O resto, que é o carvão escolhido, maior de 1", vai para o grande caixão lateral, donde é o carregado nos caminhões.



Fig. 11 — Pátio de escolha



Fig. 12 — Transferido o carvão para cima da mesa.

Os finos, que agora são rejeitados, mediante um adequado tratamento, podem dar um carvão de melhor qualidade. A companhia manteve uma pequena instalação experimental (esquema da fig. 14), com a qual chegou aos seguintes resultados, para os dois tipos comerciais, que ela oferecerá à venda:

	H %	V %	Z %	S %	PODER CALORÍ- FICO	% RECUPER.
B R U T O	2,6	26,7	29,3	9,92	5160	—
Tipo Estrada de Ferro (graúdo escolhido)	2,6	29,0	22,1	7,93	5918	49,7
Tipo Indústria (moinha, lavada)	Base seca		19,8	6,18	6930	27,8

A instalação definitiva de tratamento, esquematizada na fig. 15, acha-se em montagem; nela, aproveitando-se as diferenças de nível do terreno, todo o transporte de material, no tratamento, será gravimétrico.

Resumidamente, a instalação constará do seguinte: Em cota 591,10 (cota dos trilhos de descarga) vem o carro carregado, da mina, descarregando o carvão sôbre uma tremonha; esta despeja-o sôbre um primeiro conjunto vibrante, de 0,80 m. de largura e comprimento total de 2,95 m., do qual 1,60 m. é de peneira, com abertura de 3" e o resto é chapa; esse conjunto tem inclinação de 15.º, e é submetido a vibrações por um motor de 100 rpm, consumindo 5 HP; o material mais fino que 1" cai, através

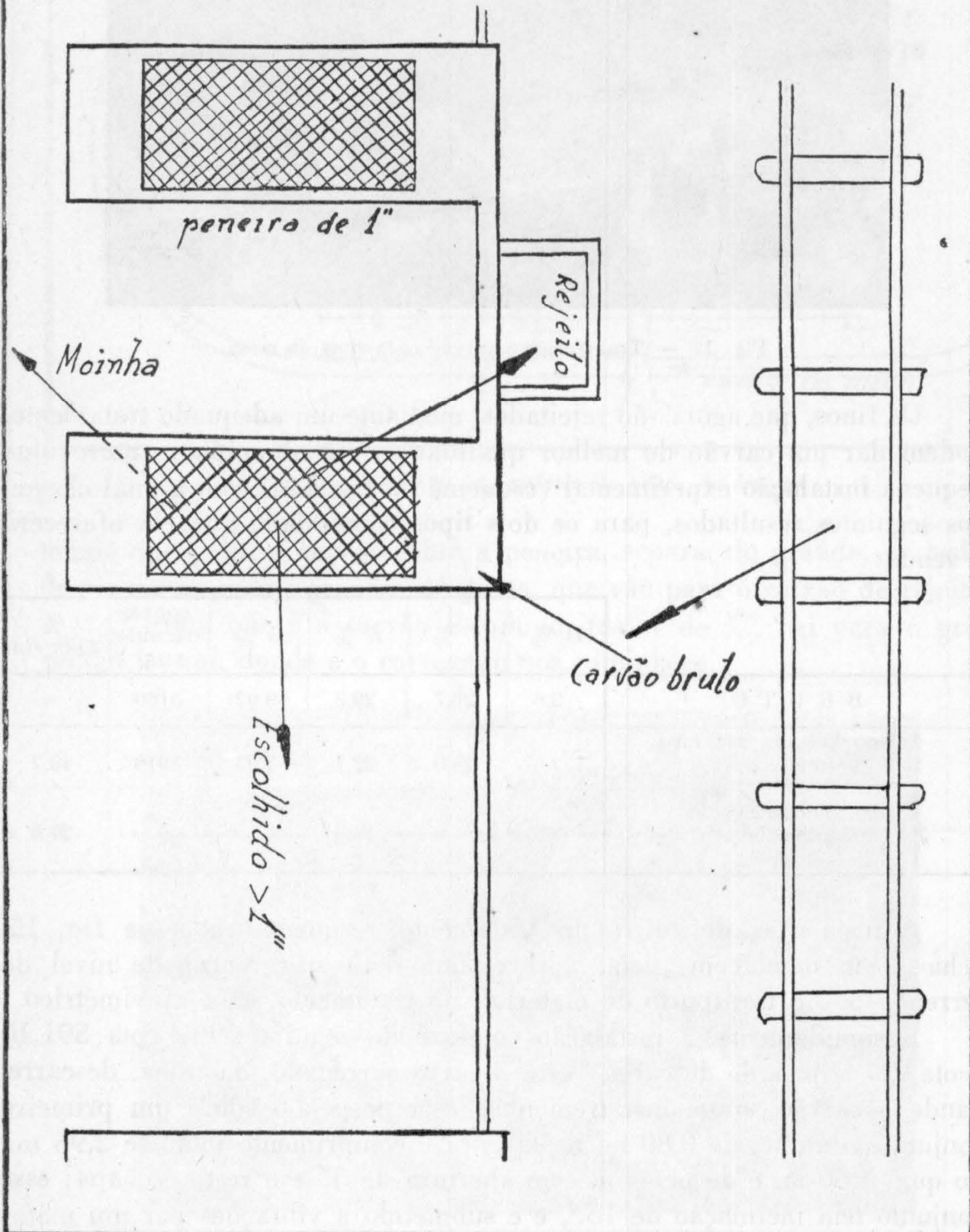
MESA de ESCOLHA

Fig. 13 — Planta esquemática de uma mesa de escolha.

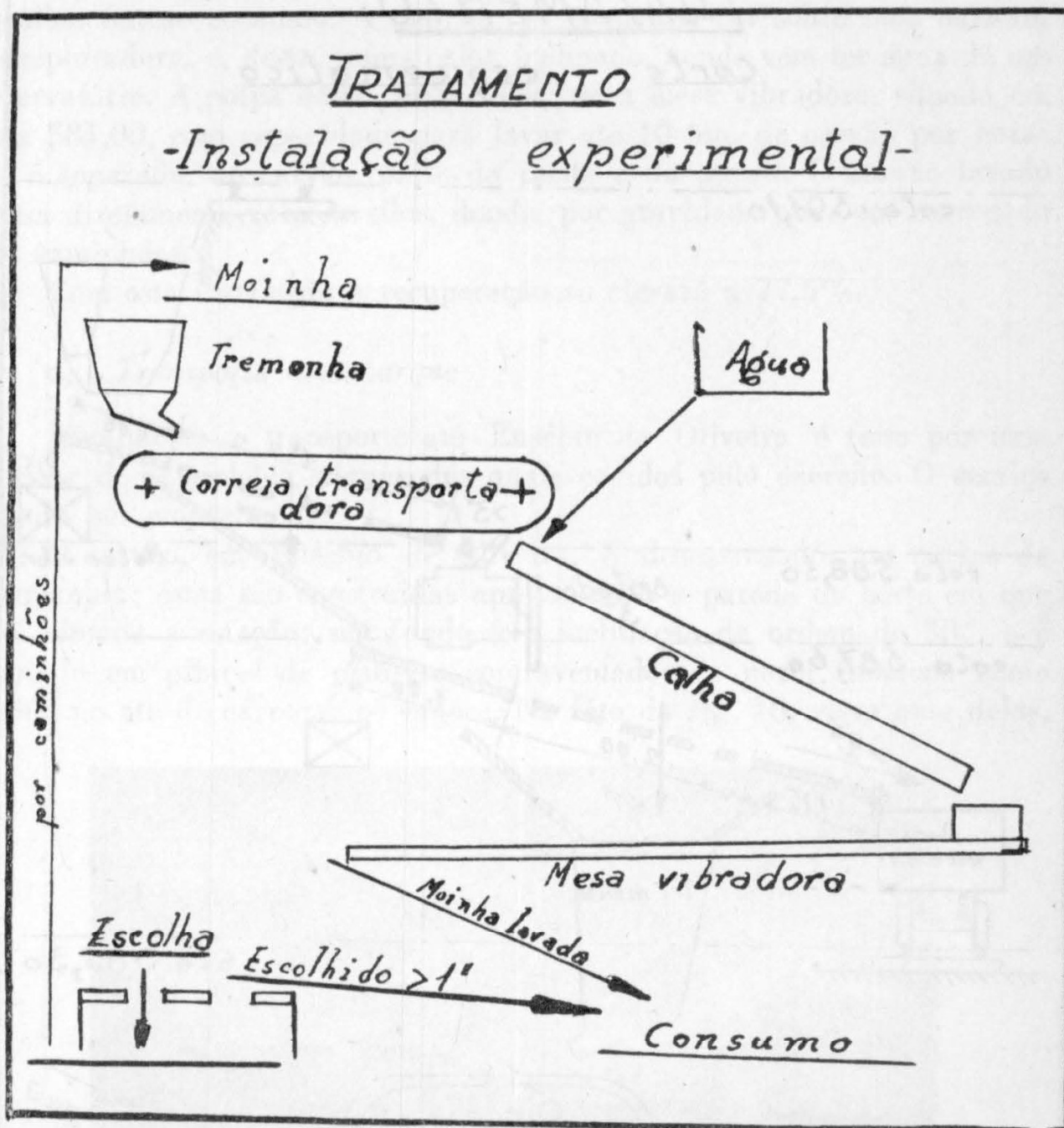


Fig. 14 — Esquema da instalação experimental de tratamento da moinha

da peneira, num painel de madeira ou de chapa, inclinado de 45° , que o conduz a um segundo conjunto vibrante. O material grosso desliza para um britador de 3", situado em cota 588,30: o material moído sai para o segundo conjunto vibrante, que possui 1,00 m. de largura, e comprimento de 3,85 m., dos quais 2,00 m. são de peneira, com abertura de 1", e o resto de chapa de $1/4$ ", de espessura; como o primeiro, este conjunto é inclinado de 15° e sujeito a vibrações por um motor de 100 rpm, e 5 HP.

A moinha passa através da peneira, caindo sobre uma segunda tremonha; o grosso, maior que 1", escorrega sobre a chapa, caindo diretamente nos carros, cujos trilhos correm em cota 585,20, que o levará à

TRATAMENTO

Corte esquemático

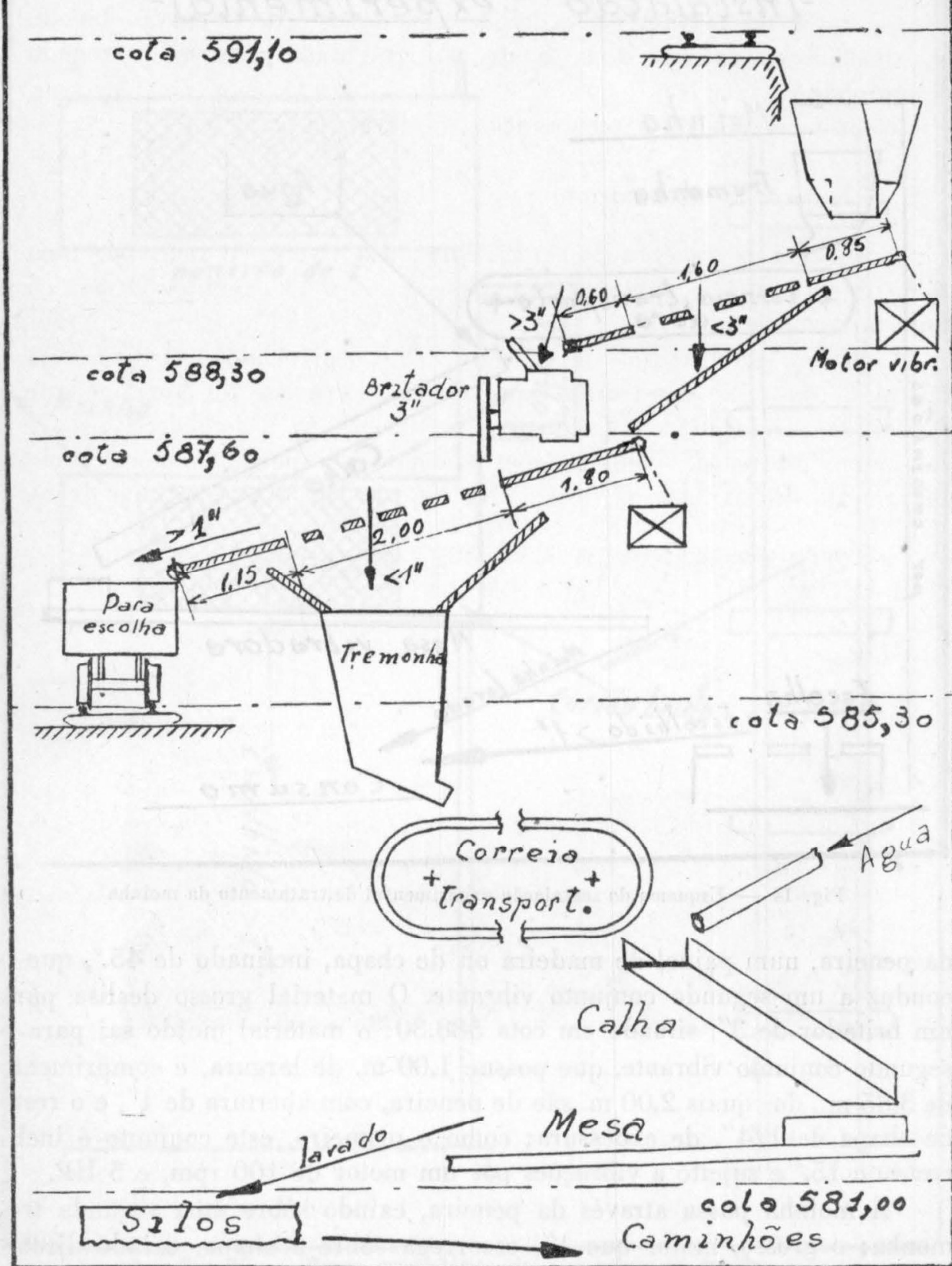


Fig. 15 — Côte esquemático da instalação definitiva de tratamento da moinha

escolha, ou, ao consumo. A moinha, da tremonha cai sôbre uma carreira transportadora, e, desta, numa calha inclinada, aonde vem ter água de um reservatório. A polpa desce, pela calha, até a mesa vibradora, situada em cota 581,00, com capacidade para lavar até 10 ton. de carvão por hora; aí, é separada, do carvão, parte da pirita e do esteril. O carvão lavado passa diretamente para os silos, donde, por gravidade pôde ser carregado nos caminhões.

Com esta instalação a recuperação se elevará a 77,5%.

c) *Transporte e embarque*

Atualmente o transporte até Eusébio de Oliveira é feito por uma flotilha de caminhões, alguns dos quais cedidos pelo exercito. O serviço é feito por empreitada.

O carvão, em Eusébio de Oliveira, é descarregado nas caixas da companhia; estas são construídas aproveitando a parede do córte em que está situada a estação: seu fundo tem inclinação da ordem de 30.º, e é apoiado em pilares de madeira contraventados; a porta funciona como calha, no ato de carregar os vagões. Na fôto da fig. 16, vê-se uma delas,

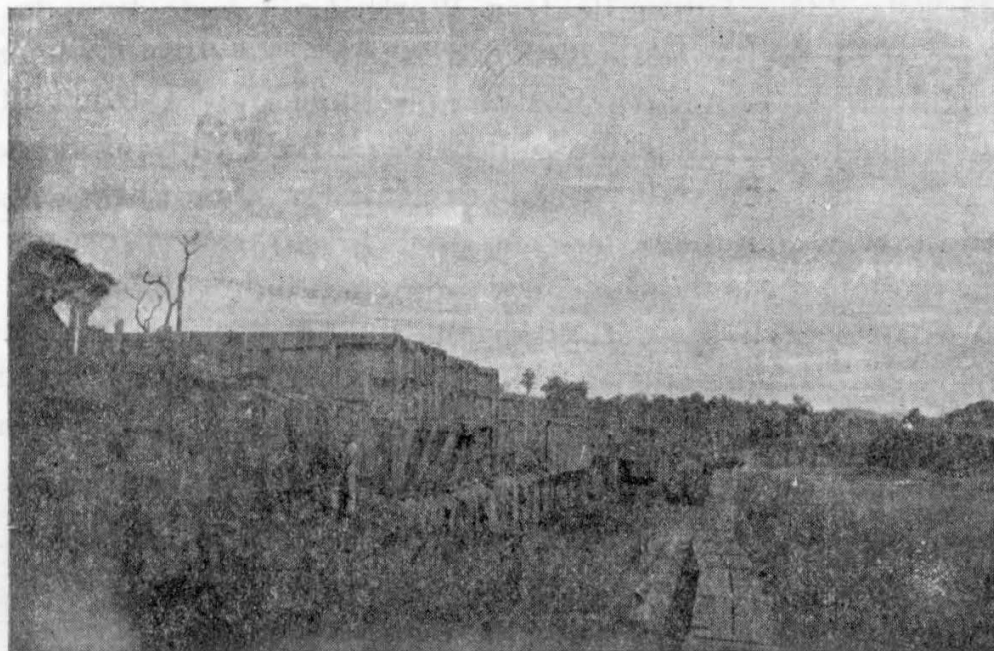


Fig. 16 — Caixas de embarque, em Eusébio de Oliveira.

junto da que está carregando o vagão. Dos diversos tipos existentes, êsse pareceu-nos o melhor; o embarque em vagões, constitue a sexta operação de carga e descarga, que sofre o carvão, fóra da mina; são evidentes, os prejuizos, em tempo perdido, em homens empregados e em “quebra” por aumento de finos, de tantas operações; felizmente, na Cia. Carbonifera

Brasileira, isso vai ser melhorado, tão logo comece a funcionar a usina de beneficiamento.

d) *Serviços gerais*

1) *Suprimento d'água* — A companhia luta com dificuldades, quanto a essa questão. A maior parte da água consumida é bombeada do rio Figueira, que corta as concessões da companhia. Para êsse fim, há duas bombas centrifugas, de três estágios, com capacidade para 30 000 l/hora, por recalque de 90 metros.

Afóra essa água, para suprir as casas e os locomóveis, aproveita-se uma pequena nascente que existe na vila, de onde a água é recalçada por uma bomba a gasolina. A água da mina não é aproveitada, devido à presença de carbonatos e sulfatos, que a tornam dura.

2) *Energia* — Atualmente a companhia mantém dois locomóveis, sendo um com potência de 10 HP, que aciona a serraria, e, outro, com 8 HP, que fornece energia para as outras necessidades. Já está concluída a montagem de uma caldeira de 200 HP, dos quais 100 destinados aos compressores e os outros 100 a um grupo moto-gerador. A caldeira, construída pela "The Tittusville Iron Works Co", é do tipo de grandes corpos, com tubos ebulidores, havendo três percursos de aquecimento para os gases queimados. Tem superfície de aquecimento de 150 m², utilizando hulha pulverizada, com alimentação mecânica do combustível. Seu consumo será de 2 kg. de hulha/HP, e seu alimentador póde fornecer até 500 kg/hora de carvão com diam. máximo de 1". A tiragem é forçada; possui reguladores automáticos da alimentação de água e de combustível. Interessante é o tipo de porta (Bronfield), que, quando se abre, gira em torno de um eixo vertical, voltando aparte interna, quente, para a parede.

3) *Outros serviços* — Possui, ainda, a companhia, uma bem montada serraria, oficina mecânica, ambulatório, etc.

Na oficina, além das reparações, improvisam-se peças como por exemplo, uma peça de amobra de sonda, obtida com um diferencial cortado.

No almoxarifado vimos grande parte do material destinado à mecanização do desmonte, e à usina de beneficiamento.

A companhia não possui assistência médica e hospitalar, havendo, exclusivamente, um ambulatório. Aliás são raros os casos de acidentes graves nas minas.

As casas da vila são tôdas de madeira, com rudimentares instalações sanitárias. Há ainda duas residências dos engenheiros, e a casa de hospedes.

A companhia mantém um armazem, que fornece aos seus empregados.

2.º) Companhia Carbonífera do Cambuí

A vila desta companhia, situa-se a NE da estação de Cambuí, a margem da estrada de rodagem que vai ter a Eusébio de Oliveira. Dista cerca de um km. de Cambuí.

A lavra é feita utilizando-se pólvora ou dinamite. Faz-se a “rafa” com picareta, e desmonta-se com explosivo. Existe um compressor “Ingersoll Rand” à boca da mina. O trabalho subterrâneo desenvolve-se pelo sistema de dupla entrada e a mineração se processa por pilares e salões. Os salões têm, aqui, 12 m. de largura por 80 de comprimento, sendo, este, paralelo à galeria principal. Notamos que uma das gêmeas, de entrada, está entulhada, o que virá certamente prejudicar a ventilação.

Segundo dados colhidos no local, a companhia está extraindo cerca de 250 ton. de carvão por dia de 10 horas.

Nota-se, no escoramento, pequena inclinação dos montantes no sentido contrário ao de maior esforço do teto.

As caixas de carvão da companhia, existentes em Eusébio de Oliveira são diferentes das da Brasileira: ora são simples plataformas horizontais de carregamento, como a que aparece na foto da fig. 17, ora são como a que está carregando o carvão (fig. 16), onde o fundo é pouco inclina e as portas servem de calha: ambos apresentam agravados os inconvenientes já notados.

A companhia possui uma instalação de escolha, onde se separa, manualmente, o xisto e a pirita.



Fig. 17 — Caixas de embarque em Eusébio de Oliveira.

3.º) *Companhia Carbonifera do Rio do Peixe*

A vila está situada a NW de Cambuí.

A produção é de 90 a 110 ton, por dia, sendo o carvão semelhante ao da Cia. Carbonifera Brasileira; o xisto, intercalado, é mais expesso, atingindo até 2 metros.

O desmonte é feito por explosivo apenas em 4 "ruas" (galerias transversais), sendo o restante feito com picareta e barramina. Os trilhos são de ferro em alguns pontos. O que mais chama a atenção, na mineração feita pela companhia, é um poço circular de acesso, construído com diâmetro de 6 m. evidentemente essas dimensões são exageradas e dão uma idéia do empirismo com que se processa a lavra na região.

A companhia possui, também, uma rudimentar instalação de escolha.

As caixas de carvão, existentes em Eusébio de Oliveira, são semelhantes às da Cia. Carbonifera do Cambuí, e, na do tipo plataforma, o desnível para o vagão é da ordem de 1,5 m, e assim se pode concluir o acréscimo de inconveniência desse tipo.

IV) *CONCLUSÃO*

Pelo que foi visto nas minas de carvão do rio do Peixe, cumpre salientar os problemas que parecem de maior importância e que exigem solução rápida, embora não toquemos, aqui, das questões cuja resolução incumbe às esferas oficiais, como é o dos transportes, por exemplo: pela descrição de nosso horário de viagem, ficou visto que, entre Cambuí e Jaguariáiva, consumimos 4,30 horas, em caminhão, enquanto por via ferroviária gastamos 10 horas; por esse exemplo pode-se fazer uma idéia da precariedade dos sistemas ferroviários interessados.

Em primeiro lugar, temos a necessidade de um conhecimento perfeito das diversas bacias, por acurados serviços de sondagem. Praticamente, na região, o conhecimento do sub-sólo, se restringe aos campos já explorados, não havendo dados que permitam uma boa orientação da lavra. Não existe, em nenhuma mina, plano definitivo de exploração. Pode-se dizer que o bom senso é o único dado com que contam os técnicos, antes de iniciar a lavra. Estudando-se uma planta de levantamento subterrâneo, nota-se o número de erros que já foram cometidos e, que, felizmente, vêm sendo corrigidos com o tempo, notando-se raros hiatos nesse aperfeiçoamento. A intervenção do D. N. P. M. e de engs. de minas contrados pelas companhias, têm melhorado sensivelmente o aproveitamento das jazidas. Infelizmente ainda há casos em que se nota uma certa resistência às sugestões destes técnicos. A tendência atual é tornar mais racional a exploração.

Nesse sentido muito esforço está sendo feito, principalmente pela Brasileira; processam-se sondagens, melhora-se a traçagem, a mecanização do desmonte está em vias de ser, processada, etc. Não há ainda projetos de mecanização do transporte subterrâneo, o que merece um estudo.

Na parte de tratamento, muito se tem a fazer; perde-se atualmente mais de um quarto do carvão, na forma de moinha. Como já foi visto, ensaios feitos pela Cia. Brasileira, dão um aumento de 27,8% na recuperação total, com a lavagem em mesas. Note-se que esta companhia, já tem, quase concluída sua usina de beneficiamento.

Resumindo: pesquisa detalhada, melhor orientação de lavra, mecanização do desmonte e do transporte subterrâneo, e o aproveitamento da moinha, merecem atenção especial, principalmente considerando-se que os consumidores (Alta Sorocabana, V. F. P. S. C., e algumas indústrias) representam um mercado firme, o que permite inversão segura de capital.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS

SEGUNDO CONGRESSO ANUAL

COMPARECIMENTO DE MAIS DE 150 METALURGISTAS. AS CONFERÊNCIAS E O EXCELENTE PROGRAMA DE VISITAS. 29 TRABALHOS TÉCNICOS

Realizou a Associação Brasileira de Metais o seu 2.º Congresso Anual entre 14 e 23 de maio, no Rio de Janeiro e em Belo Horizonte, conforme havia sido anunciado desde janeiro.

A reunião despertou grande interêsse entre os metalurgistas brasileiros, particularmente entre os consócios radicados nos Estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais, tendo sido além disso grande a participação de técnicos de São Paulo. O 2.º Congresso Anual contou com a apresentação de 29 trabalhos, contra 15 no 1.º Congresso Anual (1945) e 7 na 1.ª Reunião Geral (1944).

Visando o 2.º Congresso Anual interessar principalmente os consócios do Rio de Janeiro e do Estado de Minas Gerais e, ao mesmo tempo, dar a portunidade aos consócios de São Paulo de visitar as principais usinas metalúrgicas do Estado do Rio de Janeiro, Distrito Federal e de Minas Gerais e se por ao par dos progressos técnicos realizados recentemente, foi o mesmo dividido em duas partes: a 1.ª no Rio de Janeiro, entre 14 e 16 de maio e a 2.ª em Minas Gerais, entre 17 e 23 de maio. Ambas as partes compreenderam uma Conferência Anual, visitas a usinas e apresentação de trabalhos.

AS CONFERÊNCIAS

A Associação Brasileira de Metais tem mantido a orientação de, em cada Congresso, promover duas Conferências Anuais, confiadas a metalurgistas, industriais e cientistas de grande valor. Assim, na primeira Reunião Anual foram conferencistas o Prof. Robert F. Mehl (Conferência Científica Anual) e o Prof. Arthur Phillips (Conferência Anual); no 1.º Congresso Anual (1945) foram proferidas a 1.ª Conferência Anual pelo

Cel. Edmundo de Macedo Soares e Silva e a 1.^a Conferência Científica pelo Prof. Gleb Wataghin.

A 2.^a Conferência Científica Anual foi pronunciada pelo Prof. Eng.^o Felipe Jorge Kafuri, Professor de Economia Política na Escola Nacional de Engenharia da Universidade do Brasil sobre "*O Problema da Fundação de uma Indústria Básica*", Secção Inaugural dos trabalhos, no Instituto Nacional de Tecnologia às 21 horas do dia 14 de maio. O conferencista foi saudado pelo Eng.^o Miguel Siegel, Presidente da A. B. M. O tema abordado pelo Prof. Kafuri foi dos mais interessantes e sua grande autoridade e qualidades de conferencista emprestaram à conferência excepcional brilho. Sua Conferência será publicada no Boletim da Associação.

A 2.^a Conferência Anual foi pronunciada pelo Eng.^o Lucas Lopes, Secretário da Viação do Estado de Minas Gerais na Secção Solene, presidida por S. Excia o Dr. João Beraldo, Interventor Federal no Estado de Minas Geras sobre "*Os planos Industriais de Minas Gerais*", realizada no Salão de Festas da Feira Permanente de Amostras, Belo Horizonte, às 21 horas do dia 18 de maio. A conferência foi das mais interessantes tendo o Eng.^o Lucas Lopes discorrido sobre o plano de grande envergadura de construção de novas centrais elétricas, a começar pela projetada grande usina de 200 000 HP do Fecho do Funil. Estava praticamente repleto o grande Salão de Festas e presentes vários membros do Govêrno do Estado. Foi o Eng.^o Lucas Lopes saudado pelo Eng.^o Miguel Siegel e sua conferência despertou geral interêsse. Encerrou a Secção S. Excia o Interventor João Beraldo que destacou o brilho da conferência e a satisfação com que o Govêrno de Minas Gerais hospedava os participantes do 2.^o Congresso Anual de Metais.

OS CONGRESSISTAS

Tomaram parte no 2.^o Congresso Anual da A. B. M. os seguintes sócios:

- Abrahão, Benjamin (S. E. — São Paulo)
- Albuquerque, Olavo Pires (S. I. — Minas Gerais)
- Almeida, Antonio Julio de (S. I. — Minas Gerais)
- Alves, Venancio Ferreira (S. I. — São Paulo)
- Anawate, Henrique (S. E. — São Paulo)
- Andrade, Ennio Goulart de (S. I. — Rio de Janeiro)
- Arantes, Alberto Albuquerque (S. E. — São Paulo)
- Arroyo, Albino (S. E. — São Paulo)
- Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras* (S. C. — Rio de Janeiro)
- Azevedo Franceschini, Felipe José Vicente de (S. I. — São Paulo)
- Azevedo, Edio Vieira de (S. I. — Minas Gerais)
- Azevedo, Albano (S. I. — Minas Gerais)
- Bahman, Leon F. (S. I. — Volta Redonda)
- Barbosa, Amador Parreira (S. I. — Volta Redonda)

- Barcellos, Othon (S. I. — São Paulo)
 Bittencourt, Alm. Julio Regis (S. I. — Rio de Janeiro)
 Bociarelli, Ferruccio (S. I. — São Paulo)
 Bradaschia, Clovis (S. E. — São Paulo)
 Braga Filho, Custódio (S. I. — Minas Gerais)
 Carneiro, Moacyr (S. I. — Minas Gerais)
 Castro, Celso de (S. I. — Minas Gerais)
 Castro e Silva, Palladio de (S. I. — Minas Gerais)
 Castro Figueirôa, Antonio de (S. I. — Minas Gerais)
 Cerquinho, Antonio Alfredo Vaz (S. I. — São Paulo)
 Chaves, Francisco Nelson (S. I. — Volta Redonda)
 Chiaverini, Vicente (S. I. — São Paulo)
 Christianni, Froitz (S. I. — São Paulo)
 Coelho, Iphygenio Soares (S. I. — Minas Gerais)
 Colpaert, Hubertus (S. I. — São Paulo)
Companhia Brasileira de Usinas Metalurgicas
Companhia Ferro Brasileiro S. A.
Companhia Siderurgica Belgo Mineira S. A...
 Costa Monteiro, Octavio (S. I. — Volta Redonda)
 Cox, George Baçu (S. I. — São Paulo)
 Dias Brosh, Carlos (S. I. — São Paulo))
 Drumond, Mario Fox (S. I. — Minas Gerais)
 Echternaek, Pierre Nicolas (S. I. — Minas Gerais)
Electro Química Brasileira S. A.
Empreza Técnica Industrial Brasileira
 Fabriani, Ferruccio (S. I. — Rio de Janeiro)
 Fernandes, Jesuino Alves (S. I. — São Paulo)
 Ferraz Filho, Mariano Marcondes (S. I. — Rio de Janeiro)
 Ferreira, Nelson de Lellis, (S. I. — Minas Gerais)
 Ferreira, Jardei Borges (S. I. — Volta Redonda)
 Florêncio, Willer (S. I. — Minas Gerais)
 Fonseca Costo, Ernesto Lopes da (S. I. — Rio de Janeiro)
 Giuliani, Giovanni B. (S. I. — Minas Gerais)
 Gonzaga, Paulo (S. I. — Minas Gerais)
 Guimarães, Djalma (S. I. — Minas Gerais)
 Habesch, G. (S. I. — São Paulo)
 Hasek, Jan (S. I. — Minas Gerais)
 Hime, Mervyn George Walter (S. I. — Rio de Janeiro)
 Hunnicutt, Horacio Allyn (S. I. — São Paulo)
Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Instituto de Tecnologia Industrial
Instituto Nacional de Tecnologia
 Jannini, Orlando (S. I. — Rio de Janeiro)
 Kenworthy, John Suecupira
 Kitice, Tomio (S. E. — São Paulo)
 Ladeira, Clovis (S. I. — Minas Gerais)
 Lage, Antonio (S. I. — Rio de Janeiro)
 Lanari Jr., Amaro (S. I. — São Paulo)
 Lion, Ricardo (S. I. — São Paulo)
 Lima Barcellos, José de (S. I. — Minas Gerais)
 Lima Pedreira, Almiro de (S. I. — Rio de Janeiro)
 Loutsch, Robert (S. I. — Rio de Janeiro)
 Lozano, Eduardo Pyles (S. I. — São Paulo)
 Maciel, Pedro (S. E. — São Paulo)
 Matarazzo Neto, Francisco (S. I. — São Paulo)
 Mathieu, Yves (S. I. — Minas Gerais)
 Matana, Baldassarve (S. I. — Minas Gerais)
 Maynard, Joel Campos (S. I. — Minas Gerais)

- Melo, Fabio Decourt Homem de (S. I. — São Paulo)
 Mendonça, José Joaquim Carneiro de (S. I. — Minas Gerais)
 Menicucci Sobrinho, Lourenço (S. I. — Minas Gerais)
 Molina, João Fernandez Gimenez (S. E. — São Paulo)
 Monteux, Yolande (S. I. — São Paulo)
 Nascimento, Jarbas Oliveira (S. I. — São Paulo)
 Oliveira, José Romualdo de (S. I. — São Paulo)
 Oliveira, Antonio Carlos de (S. E. — São Paulo)
 Oliveira Marcondes, Murillo de (S. I. — São Paulo)
 Paula Leite, Paulo Gomes de (S. I. — Rio de Janeiro)
 Parreiras, Geraldo (S. I. — Minas Gerais)
 Pereira, Carlos Braga (S. I. — Volta Redonda)
 Prosperi, Pedro (S. I. — Minas Gerais)
 Refinetti, Renato (S. I. — São Paulo)
 Rébula, Ademar (S. I. — Minas Gerais)
 Rocha, Marcio Ribeiro (S. I. — São Paulo)
S/A Paulista de Indústrias Químicas "Sapiq"
 Salles Oliveira, Julio de (S. I. — São Paulo)
 Santiago, Octavio (S. I. — Minas Gerais)
 Santos Penna, José Moreira dos (S. I. — Minas Gerais)
 Scharlé, Albert (S. I. — Minas Gerais)
 Siegel, Miguel (S. I. — São Paulo)
 Silva, Luiz Coelho Corrêa da (S. I. — São Paulo)
 Silva, Eduardo Pacheco e (S. E. — São Paulo)
 Silveira Feijó, Arnaldo Henrique da (S. I. — São Paulo)
 Simonsen, Eduardo (S. I. — São Paulo)
 Souza, Francisco José Pinto de (S. I. — Minas Gerais)
 Souza Santos, Tharcisio D. de (S. I. — São Paulo)
 Spooner, William (S. I. — Minas Gerais)
 Uchôa, Martinho Prado (S. I. — São Paulo)
Usina Queiroz Junior Ltda.
Usina Santa Eugenia
 Tedeschi, Guido (S. I. — Minas Gerais)
 Toledo Piza, Fernando Alvares de (S. I. — São Paulo)
 Trindade, Cassio (S. I. — Minas Gerais)
 Tysklind Jr., Erie (S. I. — São Paulo)
 Van Steen, Ernesto Emmanoel
 Werneck, Hildebrando A. (S. I. — Rio de Janeiro)
 Wood, Renato (S. I. — Rio de Janeiro)

OS TRABALHOS

O Segundo Congresso Anual contou com a apresentação e discussão de 29 trabalhos técnicos, número sobremodo animador e que demonstra o interêsse que vem despertando os Congressos da A. B. M. Convém lembrar que na 1.^a Reunião Geral, realizada em São Paulo em maio de 1944 foram apresentados 7 trabalhos, e no Primeiro Congresso Anual (São Paulo e Volta Redonda 14 a 21 de maio de 1945) já foram apresentados 15 trabalhos. Eleva-se assim o 51 o número de trabalhos apresentados aos Congressos da A. B. M.

Apesar da insistência da Secretaria quanto aos prazos de recebimento dos trabalhos, somente cinco trabalhos foram recebidos dentro do prazo, marcado para 2 de abril. Não obstante, foi possível à Secretaria apre-

sentar 8 trabalhos sob a forma de impressões prévias e 21 sob a forma mimeografada. Tendo em vista que é extremamente difícil aos consócios se por ao par dos trabalhos durante a sua apresentação, é altamente desejável que para os Congressos futuros possa a A. B. M. receber as contribuições com a necessária antecedência, afim de poder cuidar da impressão prévia e da remessa, pelo menos com um mês de antecedência a todos os sócios.

Os trabalhos apresentados ao Segundo Congresso Anual constituíram em sua grande maioria assuntos de grande interesse e despertaram geral atenção entre os participantes do Congresso. É particularmente grato registrar, pela primeira vez, a apresentação de três trabalhos de sócios do exterior: Prof. Arthur Phillips, da Universidade de Yale, Estados Unidos da América do Norte, Eng.º A. Holmberg, da Svenska Entreprenad AB de Stockholm, Suécia e de T. Effensen, da Det Norske Aktieselskab for Elektrokemisk Industri de Oslo, Noruega.

Em virtude do número elevado de trabalhos, tornou-se êste ano pela primeira vez necessário distribuir os trabalhos por duas comissões técnicas que funcionaram simultaneamente. A distribuição dos trabalhos pelas comissões obedeceu ao programa elaborado com grande antecipação pela Secretaria e foi assim possível, com ligeiras modificações, manter em todo o Congresso o horário prefixado.

Os trabalhos apresentados foram distribuídos na forma seguinte: 1.ª Parte — Rio de Janeiro — Reuniões nos Anfiteatros do Instituto Nacional de Tecnologia, Avenida Venezuela 82.

Dia 14 de maio. Comissão A-14. Presidentes: Eng.ºs Miguel Siegel, H. A. Werneck e H. Colpaert. Membros: Eng.ºs O. Jannini, A. H. da Silveira Feijó e L. C. Corrêa da Silva.

CT n.º 29 — *Meios de Têmpera*, pelo Eng.º João Mendes França, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, apresentado pelo Eng.º Vicente Chiaverini, São Paulo.

CT n.º 38. — *Tratamentos Térmicos Comerciais*, pelo Eng.º Vicente Chiaverini, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 48 — *Eletro Aços Básicos*, pelo Eng.º Ferruccio Fabriani, do Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras, Rio de Janeiro.

Dia 15 de maio. Comissão A-15. Presidentes: Eng.ºs H. A. Werneck e Eros Orosco. Membros: Eng.ºs F. Bocciarelli e F. Fabriani.

CT n.º 26 — *Soldagem a Arco com Eletrodo Metálico*, pelos Eng.ºs Tomio Kitice e Eng.º João Mendes França, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 32 — *Aplicações da Metalografia aos Aços Comuns e Alguns Tipos de Aços Liga Ternários*, pelo Engº Jarbas Oliveira Nascimento, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 55 — *Macro e Micrografia Aplicadas*, pelo Engº Hubertus Colpaert, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

Comissão B-15. Presidentes: Engºs Miguel Siegel e A. Parreira Barbosa. Membros: Engºs H. Colpaert, F. A. de Toledo Piza e Martinho Prado Uchôa.

CT n.º 33 — *Análise do Método de Dureza Rockwell. Aplicações*, pelo Engº Eros Orosco, Fábrica Electro-Aço São Caetano S. A., São Paulo.

CT n.º 51 — *Uma Classificação e Descrição dos Aços-Níquel*, pelo Engº Horácio A. Hunnicutt, da International Nickel Co., São Paulo.

CT n.º 54 — *A Produção de Invar, Nota Prévia*, pelo Engº A. H. da Silveira Feijó, do Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro.

2.ª Parte — *Belo Horizonte — Reuniões nos Anfiteatros do Instituto de Tecnologia Industrial, Rua da Baía 52.*

Dia 18 de maio. Comissão A-18-M. Presidentes: Engºs Miguel Siegel e R. Loutsch. Membros: Engºs A. Lanari Junior, Murillo O. Marcondes e F. J. V. de Azevedo Franceschini.

CT n.º 39 — *O Problema do Hidrogênio na Produção do Aço*, pelo Engº Luiz Coelho Corrêa da Silva, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 35 — *Prática em Forno Elétrico Básico* pelo Engº Clovis Bradaschia do curso de engenharia de Minas e Metalurgistas da Escola Politécnica de São Paulo.

CT n.º 45 — *Processo Duplex — Sua Aplicação no Brasil*, pelo Engº Renato Wood, Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas, Neves Rio de Janeiro.

Comissão B-18-M. Presidentes: Engºs José Moreira dos Santos Penna e Geraldo Parreiras. Membros: Engºs Edio Vieira de Azevedo e Jan Hasek.

CT n.º 52 — *Fornos de Indução*, pelo Engº Paulo Gomes de Paula Leite, do Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras, Rio de Janeiro.

CT n.º 37 — *Fornos de Indução*, pelo Engº Olavo Egydio Setubal do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 40 — *Algumas Notas sobre a Fundição de Bronzes de Estanho e de Silício*, pelo Engº Luiz Coelho Corrêa da Silva, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 31 — *Sôbre a Constituição das Escórias dos Fornos de Redução dos Sinters de Chumbo*, pelo Engº Tharcisio D. de Souza Santos, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

Comissão A-18-T. Presidentes: Engºs Miguel Siegel e Geraldo Parreiras. Membros: Engºs F. J. Pinto de Souza, Djalma Guimarães e Cassio Trindade.

CT n.º 34 — *Problemas e Futuro da Metalurgia no Brasil*, pelo Prof. Arthur Phillips, da Universidade de Yale, New Haven, Connecticut, Estados Unidos da América do Norte, apresentado pelo Engº Tharcisio D. de Souza Santos, São Paulo.

CT n.º 46 — *Perspectivas da Indústria Siderúrgica de Minas Gerais*, pelo Engº Amaro Lanari Junior, da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Siderúrgica Itrepila S. A., São Paulo.

CT n.º 49 — *Alguns Aspectos do Equipamento da Indústria Siderúrgica*, pelo Engº Miguel Siegel, de Equipamentos Industriais "Eisa" Ltda, São Paulo.

Comissão B-18-T. Presidentes: Engºs José Moreira dos Santos Penna e H. A. Werneck. Membros: Engºs Custódio Braga Filho, M. Ribeiro Rocha, Jan Hasek.

CT n.º 27 — *Tipos e Exemplos de Alimentadores de Peças Fundidas*, pelos Engºs Manoel A. Moraes e Ferruccio Bocciarelli, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 28 — *Idéias Fundamentais sôbre Areias de Moldagem e Estudo Comparativo entre os Tipos de Areia Natural e Sintética*, pelo Engº Carlos Dias Brosch, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 49 — *Composições e Características de Areias de Fundição Estudadas no I. P. T.*, pelo Engº Renato Refinetti, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

Dia 22 de maio. Comissão A-22. Presidentes: Engºs Miguel Siegel e Vicente Chiaverini. Membros: Engºs Robert Loutsch e Renato Refinetti.

CT n.º 36 — *Mecanização em Fundições de Ferro Fundido*, pelo Engº Fabio Decourt Homem de Melo, de Indústrias Filizola S. A., São Paulo.

CT n.º 41 — *Emprêgo do Coque Babassú em Cubilô*, pelos Engºs Marcio Ribeiro Rocha e Ferruccio Bocciarelli do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 42 — *Inoculações no Ferro Fundido*, pelo Engº Ferruccio Bocciarelli, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

CT n.º 50 — *Generalidades sôbre as Grandes Lingoteiras*, pelo Engº Manoel A. Moraes, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

Comissão B-22. Presidentes: Engºs José Moreira dos Santos Penna e Tharcisio D. de Souza Santos. Membros: F. J. Pinto de Souza, Cassio Trindade e E. Tysklind Jr.

CT n.º 47 — *O Processo "AIB-Holmberg" de Sinterização de Minério de Ferro*, pelo Engº A. Holmberg, de Stockolm, Suécia, apresentado pelo Engº Tharcisio D. de Souza Santos, São Paulo.

CT n.º 53 — *O Forno de Sola Rotativa "Elken" para Ferroligas*, pelo Engº T. Effesen, Oslo, Noruega, apresentado pelo Engº Miguel Siegel, São Paulo.

CT n.º 56 — *Refratários de Sílica nos Fornos Siemens Martin*, pelo Engº Felipe José Vicente de Azevedo Franceschini, da Cerâmica São Caetano S. A., São Paulo.

AS VISITAS

Despertaram as visitas às usinas grande interêsse por parte dos participantes ao 2.º Congresso anual e, graças às gentilezas recebidas por parte das diretorias e dos técnicos das usinas visitadas, pode ser dito que as visitas foram das mais agradáveis proveitosas e úteis a todos os metalurgistas presentes. Além de terem posto à disposição dos participantes seus técnicos para tôdas as explicações que foram pedidas, desdobraram-se as diretorias das usinas visitadas em tornar agradável às visitas as usinas.

No dia 15 de maio foi visitada pela manhã, às 8 h 30, a Usina de Neves, da Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas S. A., em Neves, São Gonçalo, Estado do Rio, sendo os visitantes recebidos na entrada da Usina pelo corpo técnico da usina, Engº Renato Wood (ABM), Engº M. G. W. Hime (ABM) e Engº A. de Lima Pedreira (ABM). Visitaram detalhadamente o escritório de produção, laboratórios químico e de ensaios de metais, a aciaria com os dois fornos Siemens-Martin de 20 t/corrida e carregamento mecânico, com exelente controle de reversão da chama, a modelar laminação de barras de perfis, a fábrica de refratários para uso da usina, a fábrica de porcas e parafusos e a moderna fundição, que conta com o primeiro *air-furnace*, instalado no país, em 1944. Finda a visita durante a qual prestaram os engenheiros da usina todos os esclarecimentos sôbre os detalhes de produção, ofereceu a diretoria da companhia em seu restaurante, recentemente construído, um ótimo: lanche aos congressistas. Nessa ocasião agradeceu o Presidente Mi

guel Siegel à gentileza da Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas em nome dos participantes do Congresso, tendo respondido em nome da Companhia o Engº Renato Wood.

A segunda visita do programa no Rio de Janeiro foi às grandes instalações do Arsenal de Marinha da Ilha das Cobras, a convite do Almirante Julio Regis Bittencourt (ABM) diretor do Arsenal. A visita teve início às 8,30 h. do dia 16, sendo os Congressistas recebidos pelos técnicos da Oficina de Fundição Engº F. Fabriani (ABM), Engº Paulo Gomes de Paula Leite (ABM) e oficiais do corpo técnico do grande arsenal. Divididos os participantes do Congresso em pequenas turmas, uma das quais pessoalmente acompanhada pelo Almirante Regis Bittencourt, visitaram sucessivamente as carreiras de construção onde puderam ver os trabalhos de montagem de dois contra torpedeiros a serem lançados ao mar no dia 15 de julho, o acabamento de dois outros contratorpedeiros da mesma série, as oficinas de chapas e de máquinas, com excelente aparelhamento para exame radiográfico de soldas, a sala do risco onde os navios de guerra são desenhados em escala natural, as grandes oficinas de carpintaria, os refeitórios, e instalações de depósitos de material. Percorreram depois detalhadamente as oficinas de forjamento forjado, a de usinagem de canhões navais de grosso calibre, as de usinagem pesada e finalmente, a oficina de fundição, excelentemente equipada e que despertou grande interêsse aos visitantes. A fundição compreende 3 fornos elétricos de 6 toneladas, completa instalação para reparo de areia de moldagem, fornos para fusão de ligas não ferrosas, e excelente laboratório de controle que compreende: aparelhamento para ensaios de areias de moldagem, ensaios mecânicos de metais, banco de raios X para exame radiográfico de peças fundidas e para difração de raios X e laboratórios químicos para controle. A visita ao Arsenal de Marina da Ilha das Cobras deixou grande impressão em todos os participantes que puderam se por ao par da grande soma de trabalhos realizados para a nossa Marinha de Guerra e que tão grande importância assumiram durante a guerra. Finda a visita reuniram os congressistas o Almirante Regis Bittencourt e os oficiais dos quadros técnicos do Arsenal no Salão Nobre do Arsenal onde foi oferecido excelente lanche aos participantes. Em nome dos participantes ao Congresso saudou o Almirante Bittencourt e seus colaboradores o Engº Eros Orosco, tendo o Almirante Bittencourt agradecido a saudação e manifestado o agrado com que recebia a visita dos membros da A. B. M.

A segunda parte do Congresso em Minas Gerais contou com interessante programa de visitas, graças à valiosa colaboração da Secretaria da Viação do Estado de Minas Gerais, através de S. Excia o Eng. Lucas

Lopes. No dia 17 de maio visitaram os congressistas às 14 horas o Instituto de Tecnologia Industrial. Recebidos pelo Eng^o José Moreira dos Santos Penna (ABM), Diretor do Instituto e por seu corpo de técnicos Eng^{os} D. Guimarães (ABM), O. Pires de Albuquerque (ABM), A. Azevedo (ABM), M. Carneiro (ABM), C. Castro (ABM), I. S. Coelho (ABM), M. F. Drummond (ABM), M. C. M. Drummond (ABM), W. Florêncio (ABM), C. Ladeira (ABM), L. Matagrano (ABM), L. Meniccuci Sobrinho (ABM) e F. Peixoto (ABM), puderam visitar detalhadamente tôdas as suas modernas instalações. O Instituto foi inaugurado em 1944 e constitui uma realização destinada a desempenhar um grande papel no desenvolvimento industrial de Minas Gerais. Conta com aparelhamento excelente de metalografia, raios X, tratamentos de minérios, estudos petrográficos e geológicos, laboratórios químicos de pesquisa, aparelhamento para ensaios mecânicos de materiais de construção, secção de concreto e bem montada oficina mecânica. Visitaram em seguida os congressistas em automóveis gentilmente postos à sua disposição pela Secretaria da Viação as obras da Cidade Industrial de Belo Horizonte, e puderam conhecer as grandes facilidades que estão sendo colocadas à disposição das indústrias para o estabelecimento de indústrias de transformação na área de Belo Horizonte. Abrangendo grande área cuidadosamente loteada tanto para a situação das indústrias como para a moradia de operários, com grandes facilidades de transportes ferroviários e rodoviários e futuramente de distribuição de água, a realização da Cidade Industrial está destinada a desempenhar grande papel no desenvolvimento industrial de Minas Gerais. Visitaram por fim os congressistas a Sub-Estação Terminal da nova Central Elétrica do Gafanhoto e as instalações da Magnesita S. A. que em breve estará produzindo tôda a série de refratário para a indústria siderúrgica.

As visitas às usinas siderúrgicas de Minas Gerais constituíram objeto de grande interesse, tendo tomado parte cêrca de 100 congressistas tendo vindo especialmente de São Paulo e do Rio de Janeiro apreciável número de sócios da A. B. M. Graças à gentileza da Secretaria da Viação do Estado de Minas Gerais, pôde ser posto à disposição um trem especial da Estrada de Ferro Central do Brasil composto de três carros dormitórios, um carro de inspecção e dois carros de passageiros. O trem especial partiu de Belo Horizonte às 8,30 h. do dia 20 parando às 9,30 h na estação de José Brandão para a visita às instalações da usina da Companhia Ferro Brasileiro S. A. Foram os congressistas recebidos pelos Eng^{os} Baldassare Mattana (ABM), G. B. Guilani (ABM) e outros técnicos da firma, na ausência do Eng^o Yves Mathieu (ABM), Diretor Técnico. Visitaram os participantes ao Congresso a secção de altos fornos, composta de 3 uni-

dades de 30 t/dia, e em seguida a excelente fundição mecanizada, a maior e mais bem equipada do país, para produção de conexões, peças fundidas de encomenda bem como as instalações em curso de montagem para produção de rodas para vagões ferroviários de ferro coquilhado e para produção de ferro maleável. Em seguida percorreram detidamente a modelar instalação de produção de tubos centrifugados em alta velocidade sobre matrizes de aço, de 75 mm a 600 mm de diâmetro. Terminou a visita nos laboratórios químico e de ensaios mecânicos. Ofereceu em seguida a Companhia na sua Casa de Hospedes almoço aos participantes.

Prosseguindo na viagem, visitaram às 15 h durante a parada do trem especial a usina de Barão de Cocais da Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas, tendo sido esperados na estação pelo Dr. Horacio da Matta, Diretor Comercial, e pelos Eng^{os} W. Alencar Peixoto Soeiro e Waldyr S. Emrich. Durante cêrca de três horas percorreram os participantes detalhadamente tôdas as instalações, tendo visitado os 4 altos fornos, inclusive o novo forno de 80 t/dia, a instalação de aciaria, a primeira no Brasil a empregar o processo Duplex, com o modernissimo forno Martin Siemens de 15 t/corrída para refino do metal Bessemer dos conversores Tropenas de 3 t/corrída. Estava sendo concluída a montagem do misturador de 30 t de capacidade e o forno Siemens-Martin estava trabalando com carga sólida. A iniciativa pioneira da Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas em adotar o processo Duplex demonstra o interêsse de sua diretoria em adaptar os processos às circunstâncias locais. Após a detalhada visita que fizeram e durante a qual receberam todos os esclarecimentos do corpo técnico da usina, foi-lhe oferecido excelente lunch pela diretoria da companhia, servido pelas senhoras dos engenheiros da usina. Saudou a Companhia agradecendo as gentilezas recebidas o Eng^o Miguel Siegel Presidente da A. B. M. e respondeu o Eng^o Renato Wood, manifestando o agrado com que Barão de Cocais acabava de receber a visita da Associação Brasileira de Metais em seu Segundo Congresso Anual.

Continuada a viagem cêrca das 19 horas, chegaram os participantes às 21,30 h à usina de Monlevade, da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, uma das maiores usinas siderúrgicas a carvão vegetal existente no mundo e a segunda usina em produção no Brasil, depois de Volta Redonda. Recebidos por numeroso grupo de engenheiros daquela Companhia, Eng^{os} Geraldo Parreiras (ABM), A. Schmitz (ABM), W. Steuble (ABM), W. Spooner (ABM), F. J. Pinto de Souza (ABM), J. Reuter (ABM), P. Prosperi (ABM), G. Peffer (ABM), H. Meyers (ABM), J. C. Maynard (ABM), R. Loutsch (ABM), P. Gonzaga (ABM), N. L. Ferreira (ABM), P. N. Echternach (ABM), E. V. Azevedo (ABM) e A.

J. Almeida (ABM), foi-lhes em seguida oferecido um jantar. Na manhã do dia 21 às 8 h foram iniciadas as visitas às grandiosas instalações da usina, iniciando pela visita à maquete da Usina, no solar de João de Monlevade, onde no século passado existira uma instalação de forjas catalãs.

Divididos em pequenos grupos de oito participantes cada qual acompanhado por um dos técnicos da usina, puderam ser visitados detalhadamente os depósitos de minério, fundentes e carvão vegetal, os altos fornos de 100 t/dia — talvez os maiores em funcionamento no mundo — a aciaria com os seus 4 Siemens-Martin de 40 t/corrida em ore-process, a lingotagem e fornos pit, o blooming mill, o trem de trilhos de 32 kg/m — monstruoso pela própria Companhia Siderúrgica Belgo Mineira num período de extrema dificuldade durante a guerra para atender a solicitações urgentes do Governo — o trem de arames, a trefilaria, a secção de arames farpados e acabamento. Monlevade demonstra uma extraordinária capacidade de realização e constitue um motivo de justo orgulho dos metalurgistas nacionais que colaboraram com os técnicos luxemburgueses que aqui se radicaram há muitos anos. Foi das mais proveitosas para os participantes do 2.º Congresso Anual da A. B. M. a visita à Usina de Monlevade e durante ela se desdobraram em gentilezas os técnicos citados daquela Companhia em fornecer aos congressistas os detalhes e as explicações que lhes eram solicitadas.

Ofereceu a diretoria da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira no seu excelente Casino de hospedes um almoço aos congressistas, tendo nessa ocasião feito distribuir a cada um dos presentes secções cortadas dos trilhos nacionais, de 32 kg/m. Saudou a Companhia e seus técnicos pelas gentilezas recebidas o Engº Miguel Siegel tendo respondido o Engº Geraldo Parreiras.

O regresso deu-se pelo mesmo trem especial tendo os congressistas chegado a Belo Horizonte pouco depois das 21 horas.

NOTÍCIAS DE C. M. R.

• B O L E T I M

Com satisfação, notamos que este boletim tem despertado interesse, não só no país, como no exterior. Além de cartas provenientes de quase todos os estados do Brasil, escreveram-nos: da Universidade de California (U. S. A.), da Universidade do Porto (Portugal) e da Ohio State University (U. S. A.), esta ultima, editora do "Chemical Abstracts", solicitando, além da continuação do recebimento do Boletim, a remessa de informações sobre ele, visando a sua inclusão na lista actualizada de publicações científicas, a ser publicada por essa Universidade, ainda este ano.

E S T Á G I O S

O Centro conseguiu e fez realizar os seguintes:

Em Creciúma, Estado de Santa Catarina, no Departamento Nacional da Produção Mineral; este estágio, realizado entre 9 de Janeiro e 28 de Fevereiro do corrente ano, pelos alunos, do 6.º ano, Próspero C. Paoliello e Paulo Abib Andery, proporcionou valiosa familiarização com variados aspectos do problema do carvão mineral nacional.

Na Baía, no Conselho Nacional do Petróleo; o aluno João Molina, do 5.º ano, estagiou de 25 de Janeiro a 2 de Março, tendo podido travar conhecimento com métodos modernos de prospecção geofísica para petróleo, bem como estudar um campo petrolífero em franca exploração.

VIAGENS DE ESTUDOS

Entre 15 e 22 de Dezembro de 1945, os alunos Próspero C. Paoliello e Paulo A. Andery, acompanhados dos professores Alceu Fabio Barbosa e Paulo Bohomoletz, visitaram a região carbonífera do norte do Paraná.

Entre 20 de Fevereiro e 5 de Março deste, os alunos Pedro Maciel e Benjamin Abrão percorreram uma área de 600 km², em Minas Gerais, visitando Congonhas do Campo, Moeda, Caetano Lopes, Murquinho e S. Julião, estudando geologia estratigráfica e extrutural, bem como depó-

sitos de minério de ferro e de talco. Foram acompanhados pelo professor Otávio Barbosa.

Os alunos Clóvis Bradaschia e Tomio Kitice, do 6.º ano, bem como os alunos do 5.º ano, acompanhados do professor Amaro Lanari Jr., tiveram a oportunidade de acompanhar o Congresso da Associação Brasileira de Metais, realizado entre 14 e 23 de Maio, em Minas Gerais e no Rio de Janeiro.

Na primeira quinzena de Julho ultimo, os alunos, do 4.º ano, David L. Schwartzman, José Silveira Campos, Horacio Ceccantini e Egon Schmiegelow, acompanhados pelo professor Otávio Barbosa, percorreram a região de Corumbá, em Mato Grosso, estudando a geologia da região, visitaram ainda as minas de manganês e ferro do morro do Urucum, bem como a usina da Companhia Brasileira de Siderurgia.

R E U N I Ã O

Realizou-se no dia 22 de Julho ultimo, no Instituto de Engenharia, uma reunião convocada pelo Centro Moraes Rego, visando colaboração mais intensa entre professores, alunos e ex-alunos do Curso de Engenheiros de Minas e Metalurgistas; foram discutidos varios assuntos de interêsse para o curso, sendo apreciadas e recomendadas soluções para varias questões.

ELEIÇÕES DA DIRETORIA

De acôrdo com os estatutos do "Centro Moraes Rego", as eleições da Diretoria, deveriam realizar-se na primeira quinzena de Outubro. Resolveu-se porém antecipar as mesmas em virtude da realização do 2.º Congresso Pan-Americano de Engenharia de Minas e Geologia.

A 20 de Setembro foi eleita a Diretoria que ficou assim constituída:

Presidente	.....	Rodolfo Mottin
Vice-Presidente	.....	Geraldo Melcher
1.º Secretário	.....	Mario Bianco
2.º Secretário	.....	Emilio Wainer
Tesoureiro	.....	Heitor Gonsalves
Bibliotecário	.....	Geraldo Borges de Souza
Diretor de Publicações	.....	Carlos Eduardo Cajado

A Diretoria eleita tomou posse no dia 25 de Setembro, quando realizou-se a reunião dos sócios do Centro.

JANTAR DE CONFRATERNIZAÇÃO

Aos 25 de Setembro reuniram-se, como se faz todo o ano, alunos, ex-alunos e professores do Curso de Minas e Metalurgia da Escola Politécnica, num jantar de confraternização.

Nesta festa, que transcorreu num ambiente de grande soliedariedade, foram homenageados os engenheirandos do Curso: Clovis Bradaschia, Paulo Abib Andery Próspero C. Paoliello e Tomio Kitice.

CONFERÊNCIAS

Promovidas pelo Centro Moraes Rego, foram realizadas as seguintes conferências:

“O Carvão Mineral do Sul do Brasil” pelos engenheirandos, Paulo Abib Andery e Próspero C. Paoliello.

“Possibilidades do Desenvolvimento da Indústria Mineral no Vale do Ribeira de Iguape”, pelo Prof. Dr. Tharcisio D. de Souza Santos, prof. da Cadeira de Metalurgia dos Metais Não Ferrosos. A conferência despertou grande interêsse sendo o conferencista muito aplaudido. Presidiu a mesa o Prof. Dr. Paulo de Menezes Mendes da Rocha, DD. Diretor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, que ao encerrar a sessão exaltou em belas palavras as realizações da A. B. M., no campo da Metalurgia e incentivou as iniciativas do C. M. R. no campo da Geologia e da Metalurgia.

Ambas conferências tiveram lugar no salão de conferências do Instituto de Engenharia, gentilmente cedido pelo seu Diretor, Dr. Heitor Portugal, a quem deixamos nossos agradecimentos.

BIBLIOTÉCA

A bibliotéca do Centro Moraes Rego, têm sido constantemente enriquecida com novas obras. Têm recebido constantemente boletins e revistas e ultimamente muitos livros foram doados, entre os quais:

“Geologia do Brasil”, doado pelo seu autor, Dr. Avelino Ignácio de Oliveira.

Doados pelo Eng. Armando de Arruda Camargo:

“A History of American Mining”, “Coal Through the Ages”, “Technical Writing”, “Geologia e Geografia Física do Brasil”, “Introdução à Geografia das Comunicações Brasileiras”.

Pelo Prof. Eng. Paulo Bohomoletz foi doado “Handbook of Ore Dressing”, de Taggart.

Pelo Eng. John Sucupira Kenworthy, "The Theory and practice of Robling Steel".

Pelo sócio do Centro, Henrique Anawate, "A Escola Politécnica de São Paulo".

Pelo sócio Pedro Maciel, "Compêndio de Lab. de Minas".

A estes doadores, deixamos nossos agradecimentos.

Comunica a bibliotéca que o livro de Luiz Flores de Moraes Rego "O Vale do São Francisco" encontra-se à venda no Centro Moraes Rego.

II.º CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA DE MINAS E GEOLOGIA

Organizado pela secção brasileira do I.P.I.M.I.G.E.O. o II.º Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia reuniu entre 1 e 15 de Outubro delegações da maioria dos países americanos, no Rio de Janeiro.

Como o I.º Congresso realizado no Chile em 1942 este teve por finalidade demonstrar os progressos alcançados pela Engenharia de Minas e Geologia no continente americano, analisar e propor soluções para problemas relativos à Engenharia de Minas e Geologia e promover intercâmbio de idéias entre Engenheiros e Geólogos das Américas.

A secção brasileira do I.P.I.M.I.G.E.O. tendo como presidente o Dr. Antonio José de Souza fez do Congresso um sucesso sob todos os aspéctos.

O programa magnificamente elaborado constou de duas partes. A 1.ª parte realizou-se na séde do Congresso, Hotel Termas Quitandinha em Petrópolis, onde foram organizadas comissões de estudo para discussão das teses apresentadas, realizadas conferências e visitas.

A segunda parte constou de excursões pelo interior do país; assim várias foram realizadas visando oferecer dos congressistas a matéria que mais lhes interessasse. No interior de Minas Gerais foram realizadas excursões para visita à siderurgia com carvão vegetal, mineração de ouro e mineração a céu aberto. Para o sul do país foram realizadas excursões para visita a mineração do carvão e formações geológicas de Santa Catarina. Depois da volta ao Rio de Janeiro de todos os congressistas foi feita uma visita coletiva à Usina Siderúrgica de Volta Redonda.

Aos 15 de Outubro em sessão plenária foi eleito para séde do 3.º Congresso Panamericano de Engenharia de Minas e Geologia, os Estados Unidos da América do Norte. No mesmo dia teve lugar a sessão de encerramento do Congresso e um cordialissimo jantar de despedida.

PARTICIPAÇÃO DA ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO NO CONGRESSO

Possuindo a Escola Politécnica um curso de Engenharia de Minas e Metalurgistas, fez-se representar no Congresso por seus professores:

Dr. Octávio Barbosa, catedrático de “Mineralogia, Petrografia e Geologia”, Dr. Alceu Fábio Barbosa, professor da cadeira de “Jazidas Minerais e Legislação de Minas”, Dr. Tarcisio de Souza Santos, professor da cadeira de “Metalurgia dos Metais Não Ferrosos”, Dr. Fernando F. M. de Almeida, professor de “Taxionomia Paleontológica” cujas teses evidenciaram, pelo sucesso obtido, a competência dos ilustres mestres.

Participação do Centro Moraes Rego no Congresso.

Pelas suas próprias finalidades culturais o Centro Moraes Rego tomou parte ativa no 2.º Congresso pondo a disposição da secção brasileira do I.P.I.M.I.G.E.O. todos os recursos de que dispunha.

O Dr. Anibal Alves Bastos honrou-nos aceitando nossos recursos, considerando como um dos órgãos oficiais do Congresso esta publicação o Boletim “Geologia a Metalurgia”.

Fornecemos ao Congresso trezentos exemplares do Boletim n.º 3 para serem distribuídos entre os Congressistas e oferecemos assinatura para os mesmos, dos números subsequentes.

Fornecemos também ao Congresso cento e cinquenta volumes da obra de nosso patrono, Luiz Flores de Moraes Rego, “O Vale do São Francisco” que foram distribuídos aos Congressistas que passaram por São Paulo.

Cabe-nos aqui salientar o alto espírito de compreensão dos mentores do Congresso em ter incentivado a participação de alunos no mesmo, pois tivemos oportunidade de ver muito do que se relaciona com a Engenharia de Minas e a Geologia.

Assim sendo tornamos público, nossos agradecimentos ao Dr. Anibal Alves Bastos, que tornou possível a participação nos trabalhos do Congresso, de uma representação do Centro Moraes Rego, ao Dr. Roberto Cardozo presidente do C.A.D.E.M., que ofereceu duas bolsas para as excursões ao sul, e à Federação das Indústrias que patrocinou alguns lugares para a delegação do Centro Moraes Rego.

A principal atividade da delegação do Centro Moraes Rego foi estabelecer maior contato com os Engenheiros e Geólogos dos outros países. Assim o nosso Boletim foi apresentado a todos os presidentes de delegações e foi estudada a possibilidade de troca de publicações, atendendo então uma das finalidades do Congresso, o intercâmbio de idéias, relativas a Engenharia de Minas e Geologia.

IMPRIMIU:
INDÚSTRIA GRÁFICA SIQUEIRA
SÃO PAULO