

Electrometallurgia do ferro

Em artigo publicado no primeiro numero da *Egalea*, referimo-nos á possibilidade do desenvolvimento das indústrias electroquímicas e electrometallúrgicas no Brazil, dada a nossa opulencia em quedas d'agua que poderão offercer-nos a energia electrica a preço minimo.

E' nossa convicção que existe nessa linha uma das mais promissoras perspectivas para a iniciativa quando apoiada por um capital empreendedor. Essas indústrias constituem hoje uma das grandes fontes productoras da Noruega que o deve sómente á sua riqueza em quedas d'agua e minereo, riqueza essa que nós no Brazil não temos a lhe invejar.

Deixando de lado outras applicações industriaes da electrometallurgia para dalgumas dellas dizer talvez noutra occasião, vamos hoje coordenar varias notas sobre as applicações da energia electrica á siderurgia, assumpto para nós de alto interesse dada a abundancia de minereos de ferro no Brazil. Estes se acham disseminados numa larga facha que se estende do sul do Estado da Bahia, através de Minas Geraes, São Paulo e Paraná, vindo ainda espraiair-se numa zona do Rio Grande que vem de NW, no Alto Uruguay, obliquamente, através dos valles do Jacuhy e do Taquary até as colonias italianas. Essa facha, de Minas e S. Paulo, deita ramificações provaveis para Goyaz e Matto Grosso.

São estes dados puramente estimativos, sem preciso rigor, vista a deficiencia dos elementos que possuímos sobre a geologia e mineralogia brasileiras, nesta nossa patria em que tanto se decanta a opulencia de nosso sub-solo sem que, entretanto, muito se haja feito para conhecê-la positiva e scientíficamente. A maior parte das informações que se podem obter sobre este assumpto são mais literarias do que outra cousa; vêm de tradições que remontam aos tempos coloniaes do *garimpo* e são em muitos pontos nebulosas quasi, vagas e imprecisas.

Dahí o não possuímos, pelo menos facilmente accessiveis, dados exactos sobre a qualidade dos minereos de ferro disseminados naquella facha, em muitos e largamente esparsos nucleos. Sabemos que muitos delles são pyrites e portanto de baixo rendimento metallurgico; mas sabemos tambem que ha, e não raro, oligisto e hematite e lemonite, sendo possivel tambem a existencia de oxydo magnetico. Que os mineralogistas precisem a indeterminação destas notas, naturalmente rapidas como as de quem atravessa terreno alheio. O que aqui nos interessa saber é que temos bons e ricos, aproveitaveis minereos de ferro, facto do dominio commum e que a aventura de Ipanema, fracasso sob o ponto de vista financeiro pela nossa falta de hulla, provou. A zona em que se acham esses minereos espalhados é do Brazil a mais abundante em quedas d'agua.

E' pois, simplesmente natural que occorra ao espirito quando solicitado a esta ordem de considerações, a idea acima esboçada de que o Brazil está naturalmente talhado para o desenvolvimento da electrosiderurgia, desde que se apresentem iniciativa e capital. E como

creiamos que estes haverão forçosamente de apparecer e accudir quando as condições forem opportunas, julgamos a proposito coordenar estas notas sobre a electrometallurgia do ferro.

Não são recentes as ideas de aproveitar o calor electricamente obtido para a extracção de metaes dos respectivos minereos e sobretudo do ferro. Si fosse nosso escopo fazer o historico do assumpto, mostrariamos que já em data tão afastada como seja 1810 Pepys produziu pequenas quantidades de aço, combinando o carbono e o ferro por meio do calor da corrente electrica, o que faz com que alguns autores o considerem o precursor do forno electrico.

O forno electrico, porem, estava reservado a epoca mais adiantada e só a titulo de memoria citaremos o de Pichon, descripto em 1853. Deve-se a Siemens a primeira idea de utilizar o forno electrico commercialmente, bem como o primeiro typo de apparelho adaptavel a tal fim (1880). Desta data em diante a idea, comquanto atravessando um largo periodo de annos de tentativas e experiencias, faz progressos rapidos. O nome de Moissan está no conhecimento ainda dos leigos e desinteressados do assumpto, com toda a serie dos seus trabalhos, dentre os quaes o mais importante sob o ponto de vista industrial foi a synthese do carbureto de calcio, feita no forno que inventou e que deu origem a uma industria nova da qual teremos ainda occasião de tratar. Simultaneamente Hérault, na Europa, e Hall, na America, criam a electrometallurgia do aluminio.

Desde que foi evidenciado a praticabilidade dos fornos electricos, esforçaram-se os investigadores para obter um forno capaz de realizar a redução do minereo de ferro em condições taes de economia que permittisse a luta com os altos fornos. As primeiras tentativas vieram a ser em regra geral desastres. O primeiro resultado siderurgico obtido por meio da corrente electrica foi a transformação do ferro em aço. Mais dum processo foi encontrado para isso e este problema pode-se considerar hoje resolvido, tendo definitivamente entrado na phase industrial.

Para a producção do aço, o forno cujo uso está mais generalizado é o forno Hérault schematicamente representado na fig. 1.

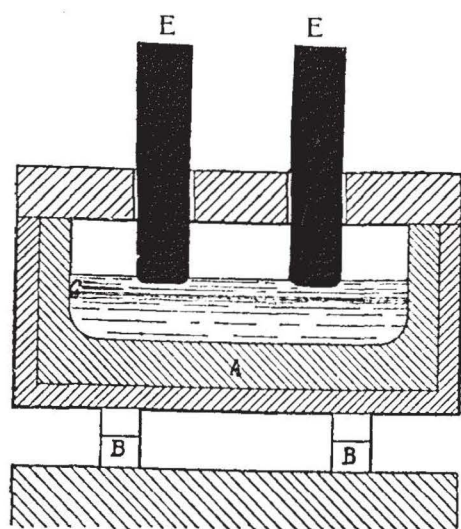


Fig. 1 — Forno Hérault

Nesta, E e E são os electrodos de carvão que passam através de aberturas na tampa do cadinho A; este que é achatado, é revestido de dolomite refractaria e está montado em balouço oscilante sobre os trilhos B e B, para permittir o despejar a carga por um conducto não representado na figura. O forno pode trabalhar por systema de arco ou de resistencia. Com effeito, sobre o metal em fusão fluctua a escoria, representando-se na figura a separação nitidamente; os dois electrodos dão origem a dois arcos em serie entre os carvões e a escoria; no intervallo entre os dois electrodos

a corrente passa através da escoria, concorrendo assim para o aquecimento graças á resistencia que esta offerece. É claro que bastará baixar os carvões de modo que elles afflorem a escoria para que os arcos se apaguem e o forno funcione simplesmente como de resis-

cia. Vê-se, pois, que é a escoria a parte mais quente do forno e que o carbono dos electrodos não influencia directamente a carga, o que constitue talvez a principal vantagem do forno Héroult, visto como com uma escolha apropriada da escoria pode-se obter a qualidade que se deseja do producto.

O forno Héroult pode tambem ser empregado para a extracção do metal de seus minereos; mas neste caso o aparelho apresenta melhor resultado quando a carga é collocada no forno já fundida, o que é uma desvantagem e reduz o trabalho do forno a uma funcção de refinagem. Duma recentissima applicação deste forno falaremos mais adiante. Quanto ao consumo de energia destes fornos, a *American Electro-Chemical Society* fornece-nos os seguintes dados: «Foi estudado o caso dum forno Héroult da capacidade de 5 toneladas; collocando a carga a frio, para fundir e parcialmente refinar 1 ton. de aço, o consumo de energia medio é de 700 kilowatts-horas e o consumo dos electrodos de 30 kilos; sendo a carga collocada já fundida, o gasto de energia é de 140 a 180 kilowatts-horas e o de electrodos de 5 a 7 kilos.» (Comunicação de R. Turnbull).

A extracção directa do ferro dos respectivos minereos, depois dum largo periodo de ensaios, marcados em muitos casos por decepções moraes e fracassos financeiros, pode ser considerada hoje resolvida e de dominio pratico. Alem dos fornos de arco ou de resistencia, vieram concorrer para o problema os fornos de inducção imaginados originariamente por Ferranti e de que os typos mais conhecidos são os de Kjellin (scandinavo) e de Colby (americano). Não os descreveremos, limitando-nos a citar o seu principio fundamental que consiste no desenvolvimento de correntes de inducção de baixa voltagem e alta amperagem atravez do minereo, sendo essas desenvolvidas por um circuito primario alimentado a correntes alternativas. Comquanto os fornos de inducção tenham a seu favor muitos resultados satisfactorios, não podem ser considerados como tendo encontrado ainda um typo definitivo e ainda este anno a fallencia estrondosa da empresa norueguesa de Hardanger veio provar que o seu emprego deve ser feito só cautelosamente e depois dum estudo pormenorizado das condições.

Dos typos de fornos para o tratamento directo do minereo, um dos mais interessantes, comprovado por mais de doze annos de pratica com excellentes resultados, é o forno Keller, em uso nas usinas de Keller, Leleux & Ce., em Livet (França). Comquanto não queiramos entrar em technica descriptiva que não cabe dentro de nosso programma, este aparelho pelas qualidades que tem e sua simplicidade nos merecerá algumas linhas. O plano deste forno é em forma de cruz e a figura 2 representa um corte vertical schematico atravez dum dos braços da cruz, sendo o eixo do aparelho segundo a linha KIHG. O forno consta de quatro secções, uma em cada extremo da cruz e das

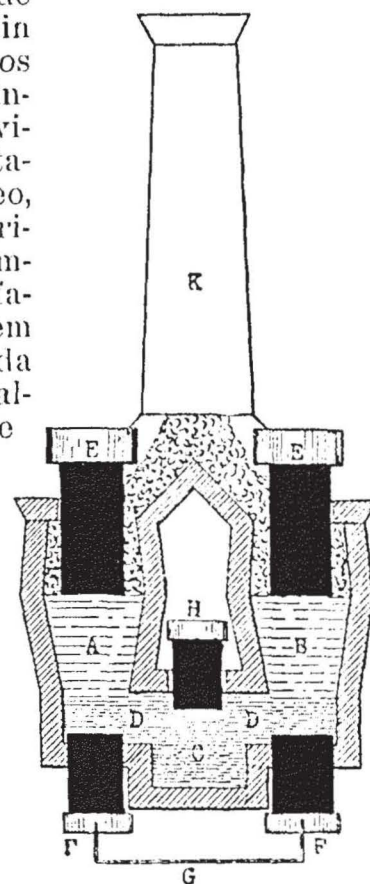


Fig. 2 -- Forno Keller

quaes a figura mostra duas, A e B; por meio dos canaes horizontaes D, D, as quatro secções se reúnem numa fossa ou cadinho central C. E e E são dois dos quatro electrodos superiores montados em supports ajustaveis que permittem fazer variar a altura dos mesmos; e F, F são os electrodos inferiores fixos que servem de fundo ás secções e que estão ligados dous a dous entre si por meio de cabos de cobre, G. O electrodo auxiliar H, sobre a fossa, tem por fim fundir alguma substancia solida ou semi-solida que acaso penetre nos canaes D. O revestimento refractario é de dolomite queimada. A chaminé K serve para descida do minereo previamente misturado com o fluxo e para a saída dos gases da combustão que assim pre-aquecem o material que entra no forno quando este está em funcionamento continuo para o que é destinado. A corrente entra por dois dos electrodos E, E, atravessa a carga nas respectivas secções, de dois dos electrodos F, F passa aos outros dois com que estes estão ligados e depois de novamente atravessar a carga, agora de baixo para cima, nas duas secções restantes, sae pelos dois outros electrodos E, E. Quando parte da carga entra em fusão e enche a fossa C e os canaes D, estabelece por ali uma derivação para a corrente. O metal em fusão e a escoria são retirados por vertedouros adequados na fossa C. Nas usinas de Livet os fornos Keller produzem o ferro a um preço de custo de mais ou menos dois francos a tonelada, o que aliás, compreende-se, é devido ao preço extremamente baixo por que fica áquella companhia a energia hydro-electrica, obtida da torrente de Romanche.

E isto nos traz a considerar o lado economico da questão que por certo não é o menos interessante e que foi uma dos obstaculos mais serios com que teve a lutar a electrosiderurgia. O rendimento dos altos fornos alimentados a carvão é tão alto, permittindo a produção economica do ferro, que para que o forno electrico pudesse lutar com elle necessario lhe era que o preço de energia electrica fosse reduzido a um minimo só compativel com o desenvolvimento da hydroelectricidade. Nas regiões que alem do minereo de ferro possuem a hulha, está naturalmente indicado o uso do alto forno. Nos paizes, porem, em que o minereo se encontra nas proximidades de quedas d'agua poderosas e facilmente utilizaveis, como é o caso no Brazil, o forno electrico é o caminho para o aproveitamento desse minereo, sendo por essa mesma razão que a Noruega se orienta para essa solução.

O governo do Canadá fez ha tempos estudar a questão e a commissão nomeada para esse fim concluiu que si se puder obter a energia electrica a £ 2 por um cavallo-anno, sendo o preço do coke 28 sh. por tonelada, os dous processos são economicamente equivalentes. Este calculo foi feito tomando por base um consumo bruto de 2300 kW-H por tonelada ingleza de gusa produzida. Posteriormente á publicação do relatorio da commissão canadense, os americanos obtiveram o ferro gusa á razão de 1700 kW-H por tonelada e ha progressos posteriores a registrar.

Aliás, estes dados não têm applicação ás nossas condições, no Brazil. Seria preciso aqui fazer a comparação entre o preço do ferro obtido electro-metallurgicamente numa usina installada em condições vantajosas e o do ferro que importamos da Europa ou da America do Norte.

E' melhor base para o estudo economico da questão a seguinte observação: Nas usinas de Livet que acima citámos, com o emprego de fornos Keller, o preço da tonelada metrica de ferro gusa é oitocentas vezes o preço do kilowatt-hora. Dado que a usina está installada em excellentes condições e que o seu consumo de energia é muito elevado (21.000 HP) o que tudo são vantagens, vamos augmentar de 50% aquella relação e admittir que a razão seja de 1200 vezes o preço do kilowatt-hora. Neste caso, admittido o custo do kilowatt-hora a 40 reis, o que julgamos possivel obter numa installação poderosa e quando a utilização da energia se faz no local, sem a despeza de linhas de transmissão, custaria o kilo de gusa quarenta e oito reis.

Si a produção de ferro electricamente ainda tem seus contras e inspira duvidas a muitos, já o mesmo se não poderá dizer da produção electrica do aço. Esta, como já dissemos, entrou francamente no regimen industrial e em 1910, segundo uma estatistica do *Stahl und Eisen* havia 114 convertedores electricos em funcionamento commercial.

O typo mais usado é o forno Héroult citado anteriormente e o rendimento é de 700 a 1000 kW-H por tonelada de producto, entrando a carga no forno a frio.

Fizemos acima referencia a uma applicação recente do forno Héroult. Essa applicação é a produção directa de aço partindo do minereo. A idea não é nova e já ha uns doze annos fora tentada por Stassano num dos seus fornos; mas os resultados então obtidos, comquanto satisfactorios sob o ponto de vista da qualidade do producto, mostraram a impraticabilidade industrial do processo devido ao preço por que vinha a ficar. Ultimamente E. Humbert e A. Hethy retomaram o problema e conseguiram excellentes resultados com um forno Héroult de seis toneladas. E', porém, opinião desses experimentadores que o forno terá occasionalmente de ser modificado, comquanto em rigor o aparelho como é geralmente construido seja sufficiente para demonstrar as vantagens do processo.

Essas vantagens são as seguintes: Uma só operação em lugar de varias; Um forno só em vez de toda uma installação complicada; Facilidade de graduar a corrente como fonte de combustivel e de energia; Possibilidade de empregar minereos refractarios; Pureza do producto; Rapidez da fabricação. Naturalmente o preço depende essencialmente do preço da energia electrica.

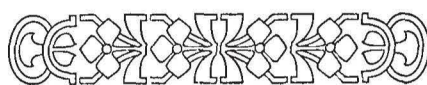
Estas experiencias de Humbert têm para nós um grande interesse visto que o minereo empregado na segunda serie dellas foi minereo brasileiro, não tendo o operador declarado de que Estado, mas sendo de suppôr que de Minas Geraes. Esse minereo era duma porcentagem de ferro de 65 %, com traços de alumina, manganéz, magnesia, cal, silicio, enxofre e phosphoro.

O total das experiencias foi feito com 5.000 kilos de minereo, 200 kilos de aparas de ferro para escorvar o forno, 1050 kilos de coke, 250 kilos de fluxo (contendo 90 % de cal), 30 kilos de spath fluor. O aço obtido após 14 horas de fusão, continha 0,27 % de carbono, forjava-se facilmente e soldava bem. Obtiveram-se 2450 kilos de aço, com um consumo de 2709 kW-H por tonelada do producto.

A primeira serie de experiencias, feita com minereo da Suecia (magnetite de Rodberg, com 86%, de Fe_3O_2) deu um consumo de 2459 kW-H por tonelada de aço com uma porcentagem de 1,39% de carbono e traços de phosphoro e enxofre.

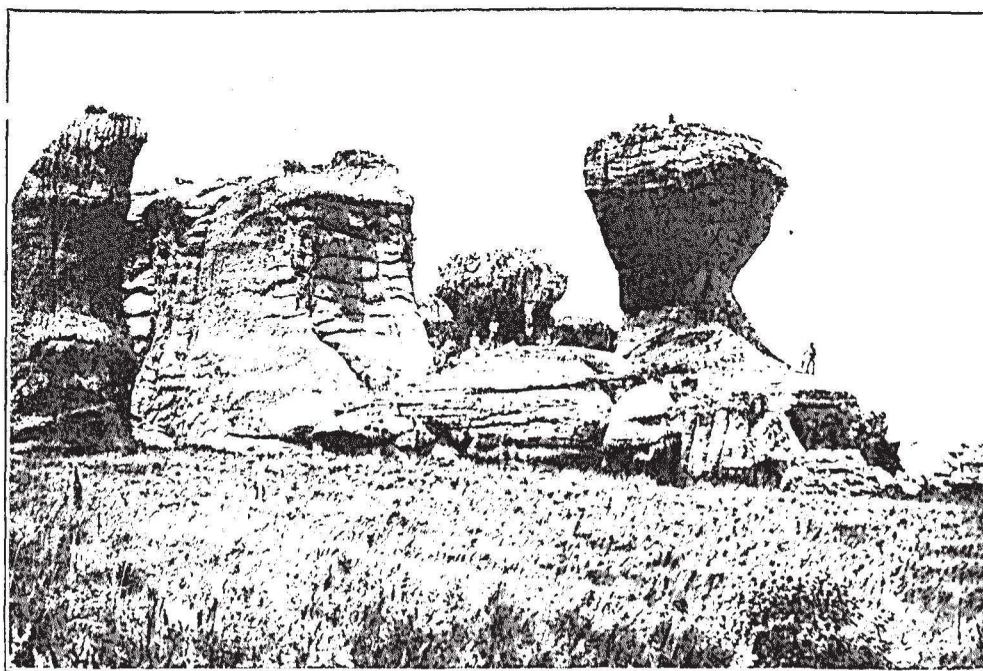
Cremos que as notas que precedem são sufficientes para o fim que tivemos em vista ao iniciar este artigo: Mostrar a possibilidade do desenvolvimento da electrosiderurgia no Brazil e expôr, ainda que em traços muito geraes, o estado actual da questão.

V. de Vivaldi.



VILLA-VELHA

No Paraná, perto de Ponta Grossa, no lugar denominado Villa-Velha encontram-se massas de arenite vermelho que se apresentam, vistas de longe, como uma cidade de castellos em ruínas, cortes de corredores que parecem ruas, praças com monumentos naturaes em fôrma de columnas, pyramides, cogumelos, arcadas e ampulhetas. A geologia dynamica explica estas erosões da seguinte maneira: O ar, a agua são factores modificadores da physionomia da terra, cuja



Um aspecto da "Villa-Velha"