

USINA SIDERÚRGICA INTEGRADA DE 100.000 T/ANO PARA REGIÕES EM DESENVOLVIMENTO ⁽¹⁾

M. F. DOWING ⁽²⁾

A. N. WHITING ⁽³⁾

RESUMO

Os Autores, ambos da Continuous Casting, assinalam que, em regiões em desenvolvimento, podem advir vantagens na dispersão de certo número de usinas siderúrgicas de pequeno porte, de preferência a uma unidade maior e central. Fazem a comparação econômica entre essas duas alternativas; consideram vários processos para usinas de pequeno porte. Feita uma seleção, descrevem a usina escolhida, baseada no lingotamento contínuo.

1. INTRODUÇÃO

Cada lustro que transcorre vê surgir uma nova nação independente. Cada uma delas enfrenta seus problemas particulares, animadas pelo desejo de obter um lugar ao sol e, tão logo quanto possível, melhorar o padrão de vida de seu povo. Os alimentos são a base da vida; mas hoje em dia não basta somente pugnar pelo estabelecimento de fontes permanentes de abastecimento.

A necessidade do estabelecimento de indústrias básicas, ao redor das quais surgirão as subsidiárias, utilizando grandes potências de trabalho, salienta-se por si própria. A siderurgia é uma dessas indústrias básicas; seus vergalhões aliados ao concreto, por exemplo, são um fator essencial para a construção de edifícios, fábricas e usinas de força, para citar somente alguns dos serviços necessários a um povo.

Nos países mais desenvolvidos tornou-se costume pensar somente em termos de grandes usinas siderúrgicas. O objetivo

(1) Contribuição Técnica nº 520. Conferência proferida no decorrer do XVIII Congresso Anual da ABM; Belo Horizonte, julho de 1963.

(2) Diretor da Davy & United Engineering Cy. e da Continuous Casting Cy. Ltd.; Londres, Inglaterra.

(3) Diretor da Divisão de Processos Siderúrgicos da Davy & United Engineering Cy. e diretor da Continuous Casting Cy., Londres.

dêste artigo é simplesmente equacionar o problema de custo inicial e do capital de movimento demonstrando que, dentro de condições apropriadas, a utilização de pequenas usinas integradas é perfeitamente possível para países ora surgentes. Tais usinas podem proporcionar um útil ponto de partida para o desenvolvimento das grandes siderurgias. A “equação” pode mesmo mostrar, ainda sob condições apropriadas, que pode haver lugar também para uma usina pequena num país altamente desenvolvido, dispondo de amplo parque siderúrgico, desde que a demanda de certos produtos não possa ser tecnicamente satisfeita por grandes instalações ou que os custos de transporte para áreas afastadas sejam muito altos.

Gostaria de acentuar, entretanto, que a “equação” é apenas esquematizada no presente artigo. A solução só poderá ser atingida por um estudo detalhado de cada caso em particular, o que fornecerá os parâmetros numéricos da equação.

O custo total por tonelada anual, no caso das usinas integradas de tamanho pequeno, variará entre 90 e 140 libras esterlinas, dependendo das condições locais, sendo que 1 £ = US\$ 2,80. O passivo nas pequenas usinas tem sido reduzido pela criteriosa seleção dos processos e pela simplificação das instalações, se o compararmos com a situação das atuais usinas de grande produção. A simplificação resultou em maior utilização de mão de obra e redução da eficiência global, que vieram a aumentar o custo dos produtos; mas, em compensação, proporcionam possibilidades de se introduzirem aperfeiçoamentos posteriores, que por certo e a seu tempo reduzirão aquêle custo.

Um dos pontos fundamentais em que o presente trabalho está baseado é o de que processos e equipamentos escolhidos não exijam altos níveis de conhecimento técnico, capacidade e experiência de operação. É portanto evidente que, a partir de um comêço modesto, o primeiro aumento de produção pelo aperfeiçoamento das instalações só poderia ser obtido após adquirir-se experiência de operação. Isto forneceria um aumento de produção relativamente pequeno, mas representaria o primeiro passo na melhoria da eficiência operacional e na baixa de custos, dando tempo ao tempo para que a capacidade técnica aumente. Além disso, a seleção das unidades básicas de produção influirá no fato de que se poderá ter aumentos relativamente grandes na produção, sòmente pela simples instalação de unidades adicionais.

Uma boa pergunta seria: — por que foi escolhida a produção de 100.000 toneladas? Essa cifra deriva dos problemas concernentes à própria siderurgia. Os autores da idéia tiveram o problema de escolher entre os altos-fornos convencionais e, como alternativa, um dos muitos processos denominados “de

redução direta". De início foi considerado que não seria certo experimentar em um país jovem um processo sem grande tradição operacional, a não ser em poucas áreas isoladas, onde a existência de certa matéria prima obrigasse ao uso de um tal processo. O exame dos processos siderúrgicos demonstra que não há experiência ainda totalmente firmada quanto aos de redução direta, nem há ainda provas de que êstes conduzam a substanciais reduções de investimento de capitais ou de custos de operação, quando comparados aos de uma usina de mesma produção, equipada porém com alto-forno.

Ainda mais, sem querer exagerar ou supersimplificar, um alto-forno, mesmo desajeitadamente operado, pode sempre fabricar um gusa capaz de ser transformado em aço. No seu mais simples e razoavelmente pequeno formato, um alto-forno será justamente o ideal para a produção de 100.000 toneladas anuais; é por êste motivo que foi êsse o total escolhido para a produção inicial da usina. Esta produção presta-se também ao uso em instalações siderúrgicas simples, de custo reduzido, e à uma laminação eficiente, porém simplificada.

Há outros fatores que justificam também a escolha do alto-forno, um dos mais importantes sendo a da aplicação de seu produto (gusa) no estado líquido. É sabido que consideráveis vantagens adicionais resultam dos processos siderúrgicos a oxigênio; a incapacidade de produzir ferro líquido encontrada nos diversos processos de redução direta é para êles uma grande desvantagem. Outra característica favorável do alto-forno é a de que pode ser montado inicialmente na sua forma mais simples, podendo-se planejar melhoramentos que posteriormente baixarão os custos de operação.

Considera-se que a carência de bom carvão coqueificável, que tão amiúde é usada como argumento contra a adoção dos altos-fornos, pode ser vencida, tanto pela utilização de carvões de baixo poder coqueificante, (tolerando-se neste caso o consumo mais alto por tonelada) como pela mistura dos carvões locais com outros importados.

Os órgãos anexos ao alto-forno foram selecionados a fim de tornar mínimo o investimento inicial. Foi decidido então omitir inicialmente o beneficiamento do minério, carregando-se o alto-forno com o minério diretamente proveniente da mina, tolerando-se o decréscimo em eficiência operacional. Sòmente dois regeneradores foram incorporados; o sistema normal de manejo dos materiais foi simplificado. Todos os materiais são descarregados após passarem por um carro-balança sendo provenientes de um único conjunto de silos. Êstes estão ligados a derivações ferroviárias por meio de transportadores, com um pátio interme-

diário de armazenagem. Outro transportador de reaproveitamento está instalado nêsse pátio.

2. ELABORAÇÃO E VAZAMENTO DO AÇO

Os processos de fabricação e vazamento escolhidos dependerão também muito das condições locais, e particularmente da disponibilidade de sucata. Considerando-se entretanto que nos países novos só se disporá inicialmente de limitada quantidade de sucata, seria interessante fazer-se apenas o uso de sucata de circulação. Considera-se que os processos siderúrgicos que devem ser investigados, todos baseados em um passado de sucessos, são: Bessemer, L.D., Kaldo e Siemens-Martin.

As exigências peculiares do processo Bessemer quanto às matérias primas, considerando-se ao mesmo tempo a quantidade inferior do produto, foram considerados como fatores suficientes para a sua eliminação. O processo L.D., por outro lado, considerando-se o baixo investimento inicial e os altos índices de produção, juntamente com a tradição de eficiência, foi encarado como uma real possibilidade; o processo Kaldo exige maior investimento e consome mais refratários, apesar de ser termicamente mais eficiente do que o processo L.D.. Resultados recentes, entretanto, sugerem que as desvantagens não são tão grandes como se julgava inicialmente. Pensou-se também que o processo Siemens-Martin, por sua grande flexibilidade, a maior no caso presente, deveria ser incluído na comparação.

Modalidades de processos:	Investimento Valores índices	Custo operação Valores índices
— S.M. + lingotam. convenc. + laminação primária	18,8	14,8
— S.M. + lingotagem contínua	13,4	10,1
— Kaldo + lingotam. convenc. + laminação primária	18,4	14,6
— Kaldo + lingotagem contínua	10,8	9,8
— L-D + lingotam. convenc. + laminação primária	17,5	15,0
— L-D + lingotagem contínua	10,0	10,0

Fig. 1 — Tabela comparativa dos valores índices do capital inicial e do custo de operação para diferentes processos siderúrgicos. O custo de operação inclui o do metal líquido, mas exclui amortização e administração. O capital inicial exclui obras civis.

O capital inicial e os custos de operação foram calculados nas informações constantes da Figura n.º 1. Em cada caso, o processo siderúrgico foi estudado em conjunto com os processos de vazamento convencionais e laminadores primários, e, alternativamente, pelo processo de lingotagem contínua.

Os resultados mostraram que a combinação da lingotagem contínua com o processo L.D. era o mais econômico, quanto ao investimento inicial e quanto aos custos operacionais. Por este motivo foi o escolhido. Além dessas vantagens, todos os tipos de aço podem ser produzidos a baixo custo, a partir de uma grande variedade de matérias primas pela incorporação de cálcio no sopro. Uma sucata de circulação pode ser mantida na própria usina, complementarmente ao processo de lingotagem contínua.

A usina necessária para a produção anual de 100.000 t de tarugos comporta dois conversores de 10 t, um trabalhando enquanto o outro está recebendo novo revestimento refratário. A capacidade instalada foi deliberadamente super dimensionada, para admitir uma expansão futura e cobrir as deficiências de operação resultantes de mão de obra insuficientemente treinada. Não foi previsto nenhum misturador para o gusa líquido; fica este armazenado num carro especial, com capacidade para 60 t. A sucata é trazida para a aciaria em caixas, que são carregadas na área dos laminadores, não havendo sistema de manejo de materiais na aciaria. Os fundentes necessários são trazidos em caixas, provenientes do pátio de estocagem adjacente à aciaria.

A instalação de lingotamento contínuo consistirá de duas máquinas, cada uma empregando um molde triplo, com espaço previsto para uma terceira máquina. Após a fundição, os tarugos são retirados da máquina na posição horizontal, separando-se em barras individuais e sendo encaminhadas então para estocagem.

3. A LAMINAÇÃO

Considerou-se que o produto mais necessário para um país em desenvolvimento seria o vergalhão para concreto; portanto, o laminador selecionado inicialmente produziria barras redondas, quadradas e hexagonais (com seções de 10 a 15 mm) juntamente com cantoneiras e perfis chatos até 75 mm. Foi escolhido um laminador de nove cadeiras, combinadas para a produção de barras e perfilados, processando 100.000 t/ano, em termos de tarugos.

Previsões foram feitas para permitir a produção futura de vergalhão bobinado de 6 a 10 mm pela instalação de cadeiras acabadoras extras; tais previsões são aqui denominadas como 2.º estágio da usina. Num estágio posterior de desenvolvimento, perfis mais pesados poderiam ser produzidos por laminadores médios, como vigas em I e em U. Os desenvolvimentos propostos para a laminação estão sintetizados na Figura 2.

Está- gios	Tarugos t/ano	Produtos		Dimen- sões ta- rugo mm	Cadeiras
		Tipo	Bitolas mm		
I	100.000	\emptyset , \square , hexag. L. U e T	: 10-15 } acima 75	90×120	Desbast. - 2 trios Interm. 2 trios 1 duo Acabad. - 4 trios
II	125.000 a 130.000	Como estágio I; mais fio máquina	Como Está- gio I; \emptyset 5-10	90×120	Como Está- gio I mais Acabad. - 6 duos
III	200.000	Como está- gio II; mais U, L, T e trilhos	Como Está- gio II; } acima 175	Acima de 180	Como está- gio II mais 2 trios 1 duo

Fig. 2 — Tabela da laminação e seu equipamento nas três fases da evolução da usina de 100.000 t/ano.

As instalações preconizadas para o departamento de laminação consistirão em um pátio de recebimento dos tarugos, para sua preparação e inspeção, de onde êles serão carregados em um forno de reaquecimento a óleo, de duas zonas. Do forno, as barras passariam a um laminador-desbastador Trio de 2 cadeiras. Das cadeiras desbastadoras, a barra seria conduzida às intermediárias através de rolos propulsores e das tesouras para pontas, até os laminadores intermediários, cada um adaptado

com repetidores para os perfis menores. Os perfis abaixo de 14 mm seriam então acabados em dois pares de laminadores duos (cada um equipado com repetidores) seguindo-se um leito de resfriamento e uma tesoura volante. No estágio 2, visando-se a produção de vergalhões bobinados, cadeiras adicionais de acaba-

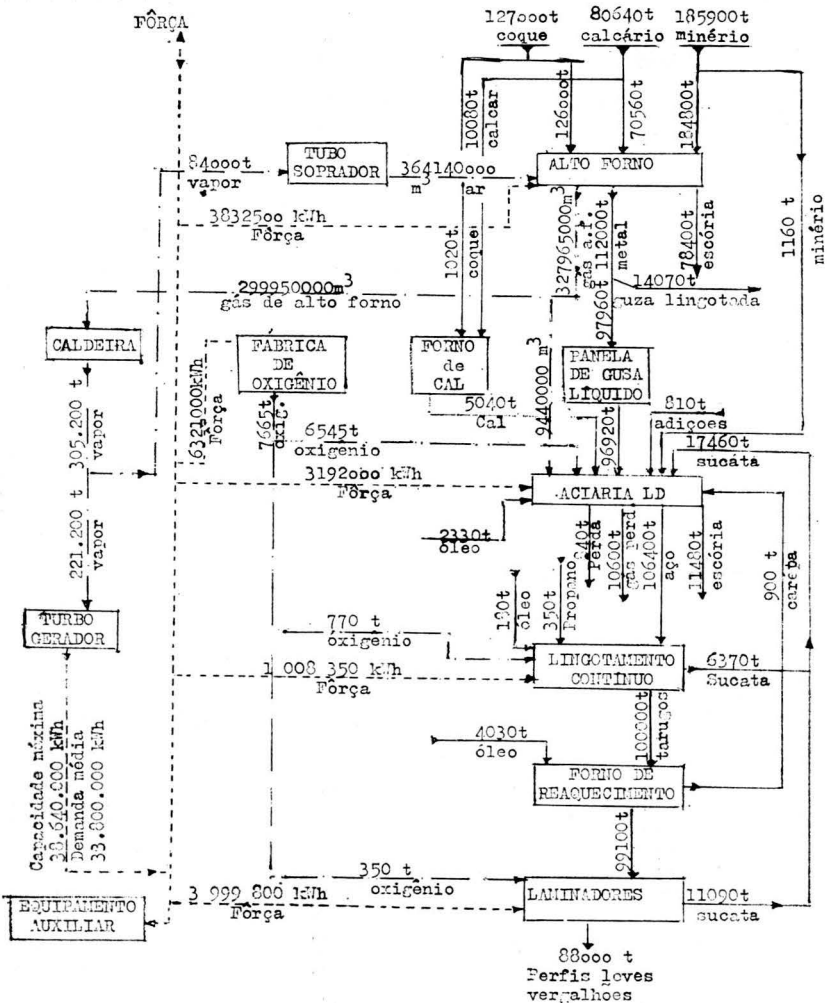


Fig. 3 — Diagrama do fluxo total das matérias primas da usina de 100.000 t/ano
Convenções:

- Energia
- Vapor e gases
- Materiais líquidos e sólidos.

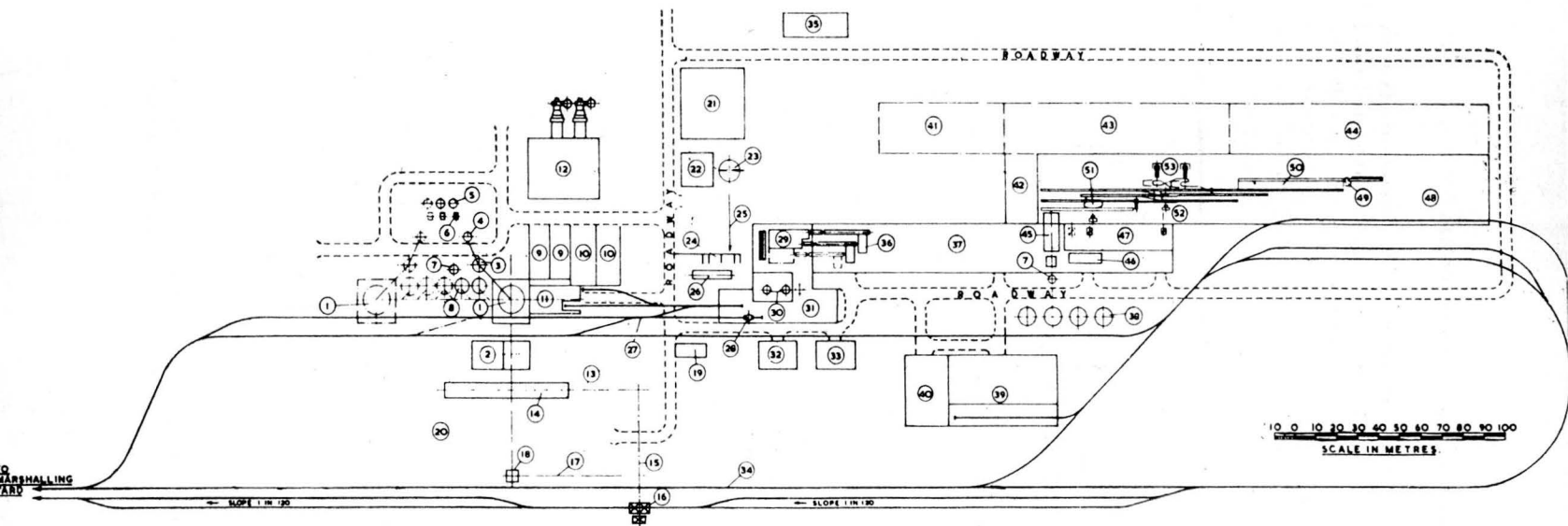


Fig. 4 — Indicação esquemática da disposição geral da usina de 100.000 t/ano:

- | | | | |
|-------------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1 — alto forno | 15 — transportador | 29 — lingotamento contínuo | 43 — futura expansão |
| 2 — casa de máquinas | 16 — girador de vagão | 30 — Conversor I-D | 44 — futura expansão |
| 3 — coletor de pó | 17 — transportador | 31 — aciaria | 45 — f. reauecimento |
| 4 — torre de lavagem | 18 — tremonha | 32 — limpeza do gás | 46 — poço carepa |
| 5 — separadores | 19 — laboratório | 33 — fábrica de oxigênio | 47 — motores |
| 6 — desintegradores | 20 — pátio matéria prima | 34 — linha ferrea | 48 — acabamento |
| 7 — chaminé | 21 — reservatório | 35 — administração | 49 — tesoura |
| 8 — poço de escoria | 22 — casa de bombas | 36 — leito resfriamento | 50 — leito resfriam. |
| 9 — regeneradores | 23 — torre d'agua | 37 — pátio de tarugos | 51 — laminador desbastador |
| 10 — escoria aciaria | 24 — depósito de cal | 38 — tanques de óleo | 52 — laminador intermediário |
| 11 — casa de corrida | 25 — rampa depósito cal | 39 — manutenção | 53 — laminador acabador |
| 12 — força e sopradores | 26 — forno de cal | 40 — almoxarifado | |
| 13 — carro balança | 27 — linha gusa líquida | 41 — futuro pátio | |
| 14 — pátio | 28 — panela | 42 — futura expansão | |

	Usina de 100.000 t/a.			Usina de com- paração 1 Mt (*)		
	£	s	d	£	s	d
Produção gusa:						
Minério (1,85 t); coque (1,1 e 0,8 respet.); Fundentes (0,63 t); mão-de-obra; manu- tenção;						
Total por tonelada gusa	10	15	0	8	16	7
Produção de aço:						
Gusa alto forno (0,9 t); perda panela (0,009 t); sucata aço (0,16 t); adi- ções, operação, manutenção e mão de obra.						
Total por tonelada de aço	14	1	11	11	15	2
Lingotamento contínuo:						
Aço líquido (1,06 t); operação, manu- tenção e mão de obra. Deduzida su- cata produzida.						
Total/t tarugos produzidos	14	18	10	12	6	2
Laminação:						
Tarugos (1,14 t); materiais, óleo com- bust., energia, mão de obra, manu- tenção. Menos sucata. Total/t bar- ras e vergalhões						
	17	15	3	14	7	8
Serviços gerais	1	0	0	17	6	
Custo produção total por t laminados ..	18	15	3	15	5	2

Fig. 5 — Tabela dos custos operacionais da usina de 100.000 t/ano com-
parados com os de uma de 1 M t/ano, suposta funcionar sob condições e
processos equivalentes. Uma £ = 2,80 US\$

mento seriam necessárias, juntamente com um transportador de
transferência e um transportador de ganchos para resfriamento.

Em tôdas as disposições para laminação, a economia será
atingida pelo uso de cadeiras protendidas. Esta técnica permiti-
u que as cadeiras dos laminadores fôssem construídas em chapa
de aço, reduzindo assim a cedência dos laminadores. Nos lami-
nadores-Trio com cilindros médios fixos, os cilindros superiores
e inferiores são ajustados por meio de cunhas, acionadas por
parafusos.

4. SERVIÇOS AUXILIARES DA USINA

A área destinada aos serviços auxiliares provavelmente de-
pende mais do que qualquer outra do local ocupado pela usina e

das suas condições. É portanto particularmente difícil defini-la do ponto de vista de custo inicial. Foram escolhidas em certos casos condições que conduziram a um custo mínimo, por exemplo, a de que no local escolhido poder-se-ia instalar um sistema de resfriamento d'água em circuito aberto.

Um sistema simplificado de caldeira, aquecida pelos gases do alto forno, tem que ser instalado; gera energia elétrica, complementada por fonte externa. Os edifícios devem ser de concreto armado, sempre que possível; utilizar transporte rodoviário, onde for possível.

Descriminação	Estimativa do investim. inicial, em £
a) — Itens que independem da localiz. da usina:	
— Equipamento do alto forno, da aciaria e da lamin., segundo relação detalhada	4.556.000
— Central elétrica	1.033.500
b) — Itens influenciáveis pela localiz. da usina:	
— Obras de construção e montagem; coordenação de serviços visando a produção; rodo e ferrovias ..	2.778.500
— Transporte do equipamento	660.000
	<hr/> 9.028.000

Fig. 6 — Tabela estimativa do investimento inicial para uma usina de 100.000 t/ano. Uma £ = 2,80 US\$.

5. CONCLUSÕES

O fluxograma de matérias primas aparece na figura 3; segue-se uma sugestão para um arranjo geral, preparado com o fito de permitir expansões futuras, até 200.000 t/ano (Figura 4). Os custos operacionais da usina são mostrados na figura 5; são comparados aos relativos a uma usina de 1 M t/ano, suposta funcionar sob condições e processos equivalentes, incluindo porém alguma mecanização onde necessária. Vê-se que o efeito de dimensionamento sôbre os custos operacionais, atinge £ 3-10-0/t de produto. A figura 6 mostra as estimativas do investimento inicial para a usina proposta. Pode-se ver que o custo é de £ 90/t/ano de lingotes. Entretanto sômente 60% desse custo se refere ao equipamento; o restante será grandemente afetado por condições locais. As que foram admitidas para o presente caso são ideais; sob condições adversas, o custo por tonelada ano pode alcançar £ 140.