



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA N° 73

OUTUBRO/79

PBP/3.1.6.

OS PARÂMETROS DE QUALIDADE DO CARVÃO E SEUS REFLEXOS NA PRODUÇÃO DE GUSA*

Raimundo Nonato Batista Braga**

1. INTRODUÇÃO

A CIA. AÇOS ESPECIAIS ITABIRA – ACESITA utiliza como termo redutor o carvão vegetal de produção própria e também adquirindo de terceiros. O carvão é utilizado nos altos-fornos 1 e 2, fornos elétricos de redução e sinterização.

A ACESITA, através de sua subsidiária a FLORESTAL ACESITA S/A. FLORASA, prevê a formação de uma floresta de 300.000 ha para atender uma produção de 1.000.000 t aço líquido/ano. Durante o ano de 1977 foram plantados 18.000 hectares de florestas, o que representa, até aquela data, um total de 60.000 hectares plantados (HASENCLEVER & COLOMBAROLI, 1978). Até esta data, este total atinge cerca de 145.000 hectares.

Como uma etapa do seu plano de expansão, a ACESITA colocou em operação, em abril de 1979, um alto-forno com capacidade nominal de 900 t gusa/dia. Este aparelho, pela sua capacidade e também pelas inovações introduzidas, representa um avanço na tecnologia de altos-fornos a carvão vegetal.

Os esforços da ACESITA, no sentido de um melhor aproveitamento do recurso energético renovável – carvão vegetal, se concentram em duas grandes áreas:

- Carbonização da madeira:

* Trabalho apresentado na reunião técnica “Integração Florestal-Siderurgia” do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF; Belo Horizonte, 31/08/1979.

** Engenheiro Metalurgista, Mestre em Engenharia Metalúrgica, Pesquisador Assistente da CIA. AÇOS ESPECIAIS ITABIRA – ACESITA, Timóteo – MG.

Aproveitamento de voláteis: O processo convencional não aproveita os voláteis gerados na carbonização de madeira.

Rendimento de processo: Basicamente, existem dois processos industriais de produção de carvão vegetal: o tratamento da madeira por calor (Pirólise) e o tratamento por ácidos (Hidrólise). A ACESITA tem investido nas duas áreas, sendo que, no tocante à hidrólise, já está sendo montada em Lorena, SP., uma planta piloto, visando a viabilização industrial do processo.

- Utilização do redutor:

Injeção de finos: Utilização dos finos gerados na produção, manuseio e transporte do carvão vegetal nas ventaneiras de seus altos-fornos.

Na figura 1 tem-se um esquema de distribuição de carvão vegetal, na usina de ACESITA, com os consumos específicos médios nela mencionados.

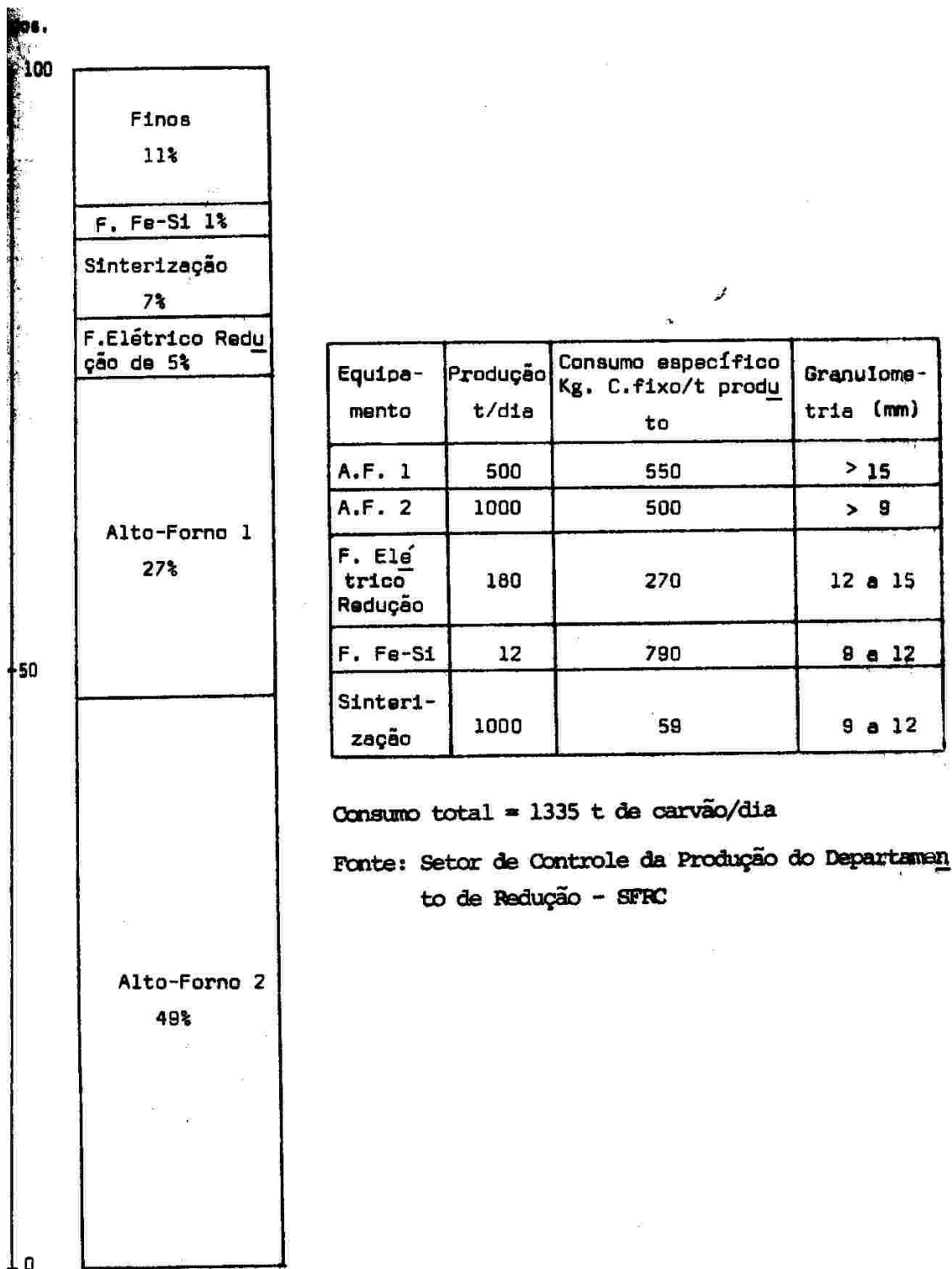


FIGURA 1 – Distribuição de carvão na ACESITA

2. COMPARAÇÃO ENTRE ALTO-FORNO A COQUE E ALTO-FORNO A CARVÃO VEGETAL.

No quadro 1 tem-se sumarizadas as principais diferenças entre um alto-forno a coque e um a carvão vegetal (CAMPOS, 1979).

QUADRO 1 – Diferenças básicas entre o alto-forno a carvão vegetal e o alto-forno a coque.

Parâmetros	Alto forno a coque	Alto forno a carvão vegetal
Temperatura da zona de reserva	950°C	800°C
Tempo de residência do minério na zona de reserva	2X	X
Fração do volume ocupado pelo minério ou aglomerado	30%	15%

Devido ao fato da menor temperatura da zona de reserva térmica e do tempo de residência do minério nesta zona (nas mesmas condições) ser inferior, o alto-forno a carvão vegetal exige que o minério seja mais redutível do que para alto-forno a coque.

Como compensação, o alto-forno a carvão vegetal exige menos do minério no que diz respeito a crepitação e desintegração, porque neste tipo de alto-forno o volume ocupado pelo minério é menor e é o redutor que impõe, preferencialmente, as condições de escoamento gasoso.

Tem-se afirmado que é a resistência à compressão do carvão vegetal, em torno de 40 kg/cm², que limita a altura dos fornos (ASSIS & BRAGA, 1977).

Por outro lado, o teor de voláteis e a umidade do carvão vegetal causam a sua degradação quando expelidos explosivamente devido ao rápido aumento da temperatura após o seu carregamento no forno (ASSIS & BRAGA, 1977).

Se a primeira hipótese for verdadeira, a altura dos fornos ficaria limitada. Caso a segunda hipótese seja a verdadeira, a limitação imposta pela abrasão seria irrelevante. Também para os altos-fornos a carvão vegetal deve ser utilizado minério ou sinter mais redutível do que para altos-fornos a coque, como mencionado anteriormente.

Estes fatores, aliados à qualidade do carvão vegetal, mostram porque os altos-fornos a coque são de maior capacidade, chegando até a 10.000 t/dia. No caso do Brasil, existem altos-fornos que ultrapassam a produção de 6.000 t/dia como mostrado abaixo:

- Altos-fornos a seguir:

AÇOMINAS – AF-1 : 5.300 t/dia

USIMINAS – AF-3 : 5.500 t/dia

CIA. Siderurgia Nacional – AF-3 : 6.000 t/dia

- Altos-fornos a carvão vegetal:

Belgo Mineira – AF-2 : 420 t/dia

Mannesmann – AF-1 : 800 t/dia

ACESITA – AF-2 : 900 t/dia

3. CARACTERÍSTICAS DOS ALTOS-FORNOS DA ACESITA

O alto-forno nº 1 da ACESITA entrou em operação em 1949, estando atualmente no final da sua quinta campanha.

O alto-forno nº 2 entrou em operação em abril de 1979 e embora esteja trabalhando com baixo volume de sopro, já ultrapassou sua capacidade nominal, produzindo 1077 t em 19/08/79.

3.1. Descrição dos fornos

3.1.1. Alto-forno nº 1

A carga do alto-forno 1 consiste em minério, sínter, quartzo, dolomita, minério de manganês e carvão vegetal. O carregamento é feito por skips; cada carga é constituída por cinco skips.

O forno possui três regeneradores, que permitem uma temperatura máxima de sopro de 780°C.

No quadro 2 são apresentadas algumas características do forno 1 quando da sua entrada em marcha e atuais.

Deve ser salientado que a produção média do alto-forno aumentou mais de três vezes graças ao aumento da seção transversal, e devido, também, a um controle mais rigoroso na classificação das matérias-primas. A figura 2 mostra a evolução da produção para o alto-forno 1.

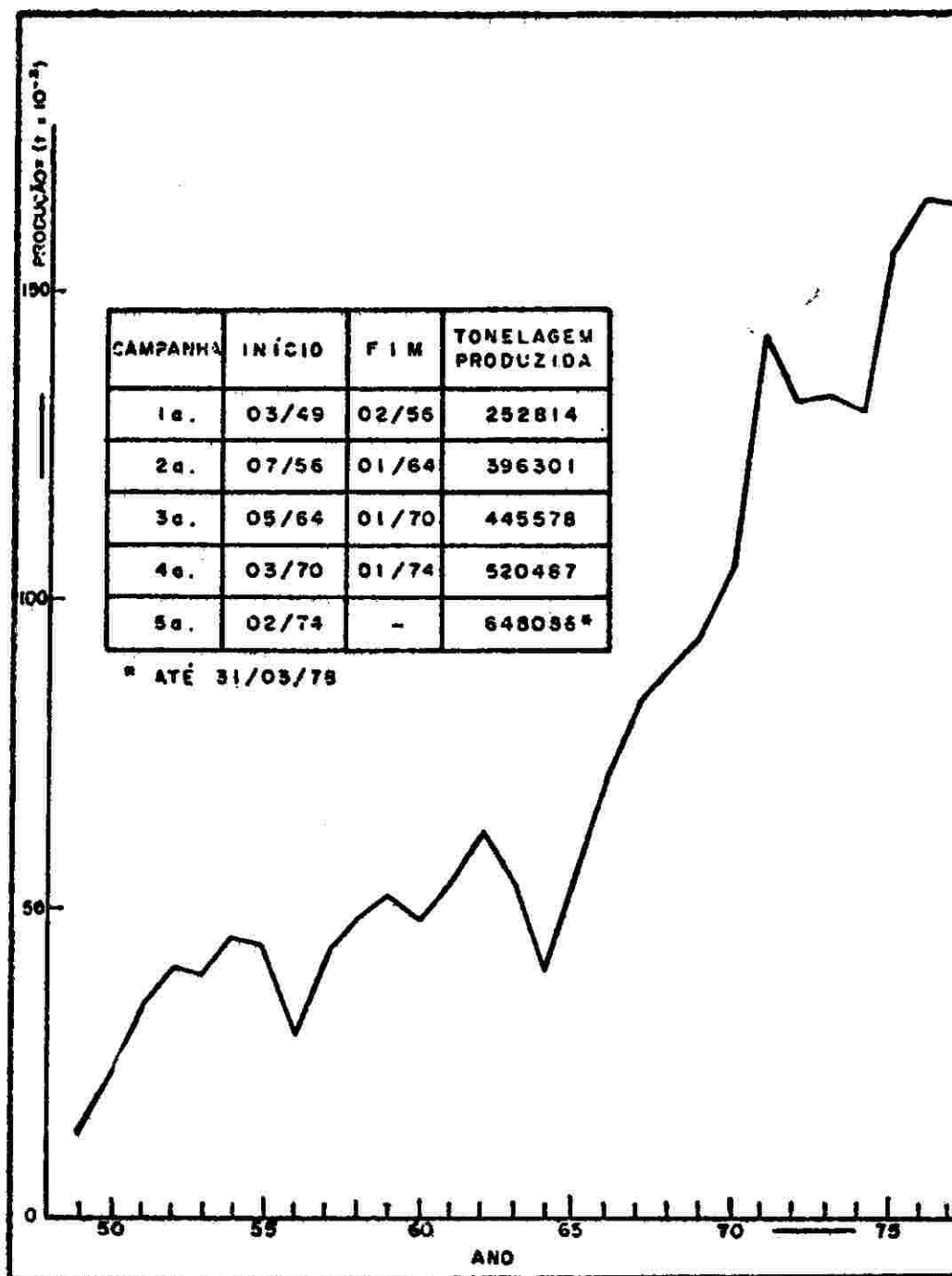


FIGURA 2. Produção anual do alto-forno número 1 da ACESITA (ASSIS & BRAGA, 1978).

QUADRO 2. Características iniciais e atuais do alto-forno número 1 da ACESITA (ASSIS & BRAGA, 1978).

Variação	Valor inicial (1949)	Valor atual (1978)	Variação (%)
Diâmetro do cadinho (mm)	3660	4700	28
Volume útil (m ³)	239	294	23
Diâmetro da goela (mm)	3660	4200	15
Número de ventaneiras	8	12	50
Altura útil (mm)	16076	16076	0
Produção média	105	450	329

3.1.2. Alto-forno nº 2

O alto-forno nº 2 possui como características principais: (ASSIS & BRAGA, 1977).

Volume útil do forno = 558 m³
 Número de ventaneiras = 16
 Diâmetro do cadinho = 6,5 m
 Altura útil = 15 m
 Regeneradores = 3
 Temperatura máxima de sopro – 1100°C

Este forno possui uma série de inovações, tais como (ASSIS & BRAGA, 1978; ASSIS & BRAGA 1977):

- Contra-pressão no topo – o uso de contra-pressão permite obter uma melhor distribuição gasosa que possibilita um aumento da produção específica e uma diminuição do consumo específico de carvão. No alto-forno 2 pode-se atingir contra-pressão de até 1,5 bar.

- Sistema de carregamento “topo-sem-cones” – O sistema “topo-sem-cones” do alto-forno 2 consiste basicamente de duas tremonhas receptoras de 24 m³ cada e uma calha giratória que permite nove posições de inclinação.

- Sistema de sondas horizontais – o alto-forno 2 está dotado de 3 sondas horizontais que permitem obter a temperatura a uma altura situada 2 m abaixo do nível de carga*. Na figura 3 tem-se uma análise dos gases, obtida com estas sondas. Pode-se observar que a marcha do forno neste dia era, preferencialmente, periférica.

- Alta temperatura de sopro – a temperatura de sopro mais elevada permite uma diminuição no consumo específico de reductor, uma maior produtividade e uma diminuição do volume de vento por tonelada de gusa, além de permitir a injeção de combustíveis auxiliares que, no caso da ACESITA, será de finos de carvão vegetal.

- Preparação de matéria-prima – o alto-forno 2 possui um sistema de preparação de matérias-primas, que permite um controle do material enforado.

- Automação do alto-forno – como primeira etapa, está sendo utilizado no alto-forno 2, um modelo matemático através do computador. Atualmente, tal modelo se encontra em fase de testes.

* considerando o nível zero de carga.

- Injeção de finos – a ACESITA desenvolve, atualmente, um projeto relativo à injeção de finos de carvão vegetal pelas ventaneiras. Parte dos equipamentos, em escala industrial, já estão sendo adquiridos, devendo a instalação final entrar em operação no final de 1980.

4. QUALIDADE DO CARVÃO VEGETAL

Sabe-se que o teor de carbono fixo do carvão afeta diretamente o consumo específico de reductor, portanto a produção. Estudos realizados na ACESITA mostraram que o carregamento de um carvão de 86% de carbono em substituição a um de 70% pode reduzir o consumo específico de carbono de 4,3 kg por tonelada de gusa. Estes estudos mostraram também, que a substituição de um carvão de 240 kg/m³ por um de 320 kg/m³ pode acarretar economia de 5,7 kg de carbono por tonelada de gusa.

Na ACESITA, o carvão é controlado basicamente por dois parâmetros:

- análise granulométrica;
- análise química;

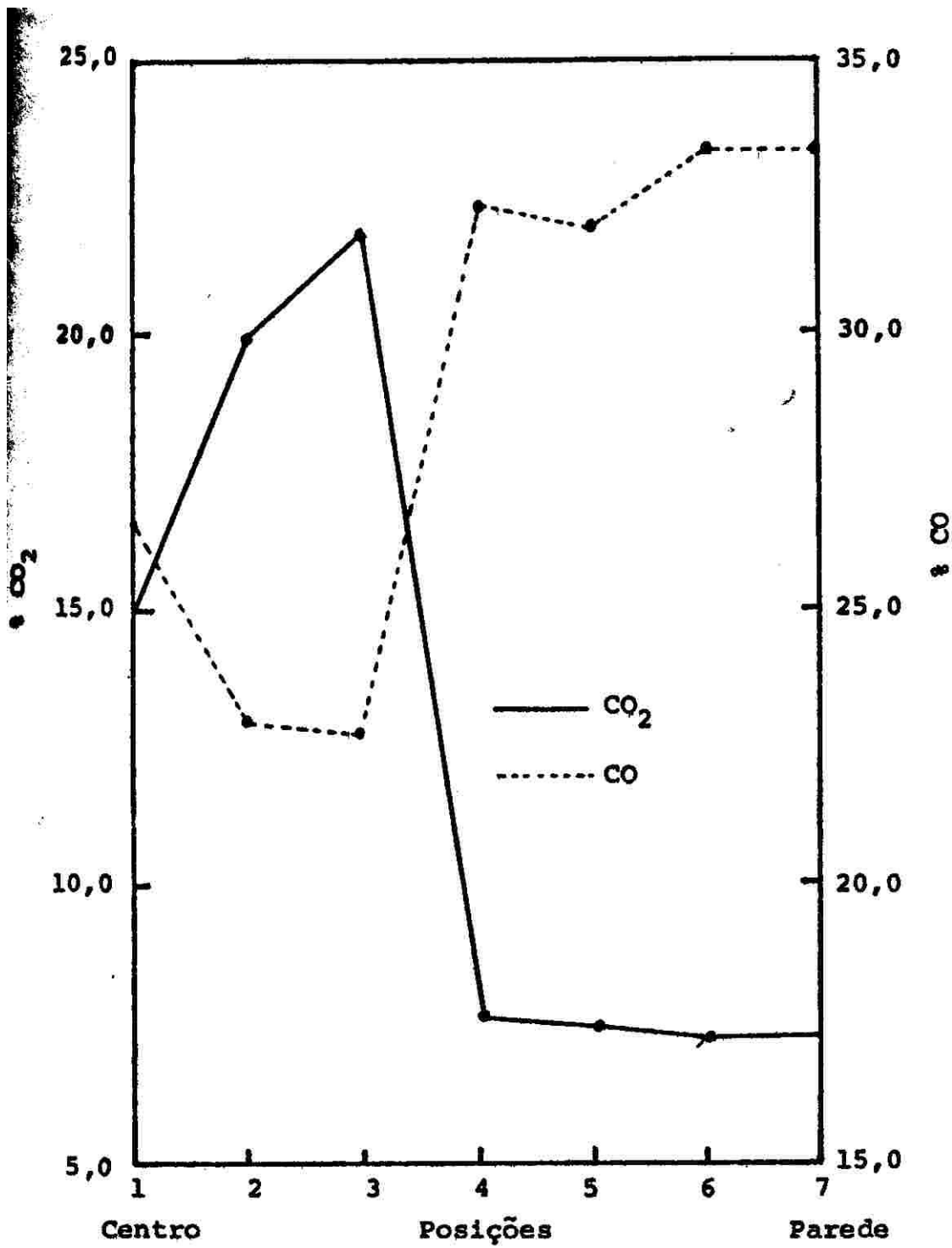


FIGURA 3 – Análise de gases obtida com sonda horizontal do alto-forno 2 da ACESITA em 31/07/79 (Sonda nº 1).

OBS: As posições mencionadas referem-se a pontos de igual superfície.

A seguir, explica-se de maneira detalhada, como é exercido este controle.

4.1. Carvão vegetal para o alto-forno 1

Na figura 4 tem-se um esquema do fluxo de carvão para o alto-forno 1. Nesta figura, estão indicados os três pontos existentes para a coleta de amostra.

O primeiro local de amostragem é na descarga de carvão. A amostragem é feita através da utilização de uma tabela de números aleatórios, tal que esta amostragem atinja 40% dos veículos ou vagões por fornecedor. Desta amostra é feita análise química (imediate) a granulométrica, para pagamento de prêmio ou multa; os pontos de equilíbrio para este pagamento são:

Carbono fixo = 170 kg/m³

Umidade = 10% de abril a setembro; 15% nos restantes

Fração fina (< 12 mm) = 15%

Fração grossa (> 32 mm) = 40%

Antes do skip, é feita, também, uma amostragem, com a frequência abaixo:

Análise granulométrica – 3/semana

Análise imediata = 3/semana

Análise química completa = 15/15 dias

4.2. Carvão vegetal para o alto-forno 2

Até a entrada em operação do pátio de matérias-primas, o abastecimento do alto-forno 2 é feito por um sistema provisório. O caminhão com carvão é basculado sobre uma tremonha. Desta, através de correia transportadora, o carvão é levado para uma torre de peneiramento onde é separado em três granulometrias: 9 – 32 mm; 32 – 64 mm; 64 – 100 mm. A fração < 9 mm é transferida a um coletor; as outras três frações são transferidas a seis silos da “stock-house”, com capacidade de 240 m³ cada. Antes da pesagem, o carvão passa por uma peneira de 9 mm, a fração < 9 mm é descarregada em um transportador secundário, sendo posteriormente utilizado na sinterização.

A amostragem do carvão bruto é realizada na correia transportadora antes do peneiramento, obedecendo os mesmos critérios do alto-forno 1.

Antes das tremonhas pesadoras é feita nova amostragem. As amostras são retiradas de 4 em 4 horas, sendo feita uma análise química imediata para cada fração. Faz-se, também, análise granulométrica diária para cada fração. A análise química completa é feita duas vezes por semana.

Uma análise granulométrica típica do carvão vegetal utilizado na ACESITA é mostrada no quadro 3. O quadro 4 mostra a análise química do carvão vegetal. Deve ser notado que o carvão vegetal fornecido pela FLORASA possui uma qualidade superior àquele fornecido por terceiros.

Deve ser salientado que, com a entrada em operação do pátio de matérias-primas, pretende-se atingir maior eficiência no armazenamento do carvão e um maior controle de suas propriedades, através da realização de testes químicos e físicos.

QUADRO 3 – Análise granulométrica do carvão vegetal.
Período: Junho de 1978 a Junho de 1979

Malha (mm)	% retida	% acumulada
< 6,35	11,90	-
6,35	4,69	16,59
9,52	4,93	21,52
12,70	4,43	25,95
15,90	5,19	31,14
19,10	7,75	38,89
25,40	7,82	46,71
31,70	21,92	68,63
50,80	10,95	79,58
63,50	6,00	85,58
76,20	5,89	91,47
101,60	8,53	100,00

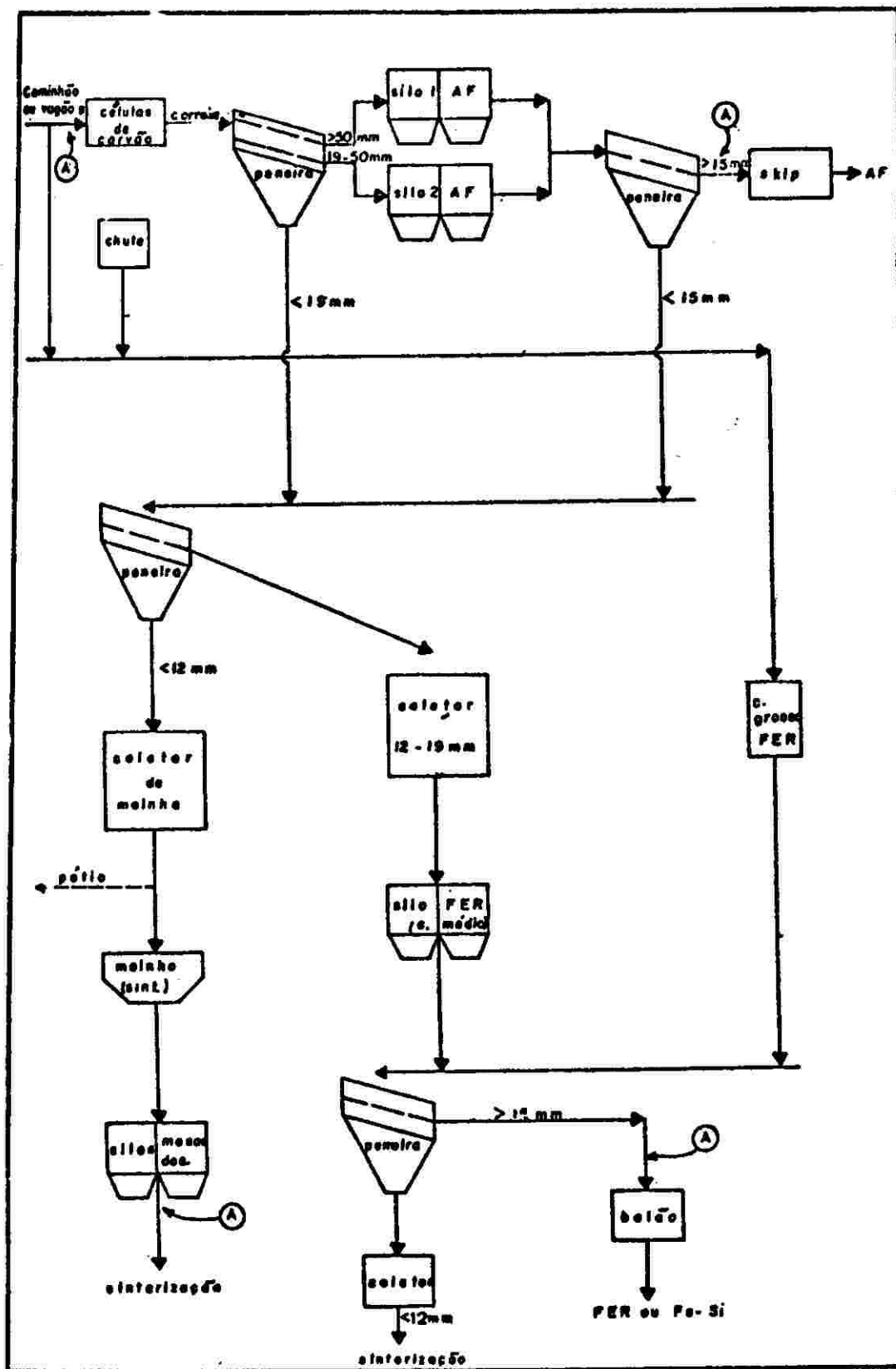


FIGURA 4 – Fluxo de carvão vegetal para o alto-forno 1 da ACESITA (BRAGA et alii, 1978).

QUADRO 4 – Análise química de carvão vegetal consumido na ACESITA.

Unidade: % peso

Período: setembro a outubro de 1978

Granulometria Parâmetros	9 – 32 mm		32 – 64 mm		64 – 100 mm	
	F	T	F	T	F	T
C. fixo	78,83	73,18	80,80	75,48	81,80	76,53
Cinza	3,73	3,27	1,91	2,24	1,39	1,71
M. Volátil	17,44	23,57	17,22	22,22	16,95	21,76
Umidade	12,05	18,55	11,05	16,24	9,88	13,21
SiO ₂ *	23,05	17,10	14,53	16,94	10,66	11,00
Fe*	3,18	2,26	3,02	2,71	2,74	2,02
Mn*	0,78	0,53	1,02	0,71	1,07	0,65
Al ₂ O ₃ *	8,18	7,02	5,71	5,42	4,08	3,36
CaO*	30,90	34,13	29,42	32,20	33,32	34,43
MgO*	4,40	6,23	4,65	4,65	5,20	6,31
P ₂ O ₅	1,81	1,65	2,84	1,73	3,08	2,10
Densidade (kg/m ³)	284,20	317,27	272,16	297,25	251,36	265,46

Fonte: Setor de controle de produção de Departamento de Redução da ACESITA

F – Carvão fornecido pela FLORASA

T – Carvão fornecido por terceiros

* - % em relação as cinzas

5. CONCLUSÃO

1. O uso de carvão vegetal, nos níveis atuais de qualidade, garante que se possa almejar altos-fornos de média capacidade (1000 – 2000 t/dia). O alto-forno n° 2 da ACESITA, projetado para 900 t/dia, já atingiu recorde de produção de 1077 t/dia.

2. As técnicas de processo:

- contra-pressão;

- injeção de finos;

- alta temperatura de sopro;

permitirão elevar, ainda mais, os limites ora atingidos. Acredita-se que se possa atingir 1200 t/dia com a tecnologia atual de carvão vegetal.

3. A mudança de tecnologia, no que diz respeito ao processo de carbonização é ainda uma dúvida. No entanto, pode-se vislumbrar, em um futuro não muito distante, que, através do briquete resultante da hidrólise poder-se-à atingir uma produção, em altos-fornos, comparável as produções obtidas quando se utiliza o coque como agente termo-reductor.

RESUMO

Faz-se comparação entre alto-forno a coque e a carvão vegetal. Apresentam-se algumas características dos altos-fornos da ACESITA, mostrando a evolução da produção do alto-forno n° 1 e dados operacionais do alto-forno 2, relativos ao mês de julho de 1979.

Descreve-se o fluxo de carvão vegetal, dando-se a frequência de amostragem. São dadas análises químicas e granulométricas típicas do carvão vegetal.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao Prof. Vicente Falconi Campos e aos Eng^os Paulo Santos Assis e Lincoln Zschaber de Almeida Marinho pelas sugestões apresentadas e à Diretoria da ACESITA pela permissão da publicação deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, P.S. & BRAGA, R.N.B. - Análise das limitações da capacidade de altos-fornos e carvão vegetal. In: *Seminário da Comissão de Tecnologia do Instituto Brasileiro de Siderurgia*, Rio de Janeiro, ago.1977. Timóteo, ACESITA, 1977. 37p.

ASSIS, P.S. & BRAGA, R.N.B. – Perspectivas de altos-fornos a carvão vegetal de grande capacidade. In: Instituto Latinoamericano Del Fierro y Acero – *Altos hornos 78*: tecnologia, diseño y operación. Santiago, 1978. 451p.

ASSIS, P.S.; BRAGA, R.N.B. & SANTIAGO, R. – *Sistemas de carregamento e topo-sem-cone do alto-forno 2 da Acesita*. Timóteo, Acesita, 1978. 99p (confidencial).

BRAGA, R.N.B. et alii – *Laboratório de matérias-primas para a área de redução*: testes necessários. Timóteo, Acesita, 1978, 1v. (confidencial).

CAMPOS, V.F. – Estudo dos casos do alto-forno a carvão vegetal, forno elétrico de redução e redução direta. In: *Congresso anual da ABM, reunião aberta sobre otimização do uso de minério de ferro brasileiro*, 34, Porto Alegre, jul.1979. 61p.

HASENCLEVER, M. & COLOMBAROLI, W. – Carvão vegetal: opção energética para a siderurgia dos países tropicais. In: Instituto Latinoamericano Del Fierro y Acero. – *Altos hornos 78*: tecnologia, diseño y operación. Santiago, 1978. 451p.

Esta publicação é editada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, convênio Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

É proibida a reprodução total ou parcial dos artigos publicados nesta circular, sem autorização da comissão editorial.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço:

IPEF – Biblioteca
ESALQ-USP
Caixa Postal, 9
Fone: 33-2080
13.400 – Piracicaba – SP
Brasil

Comissão Editorial da publicação do IPEF:

Marialice Metzker Poggiani – Bibliotecária
Walter Sales Jacob
Comissão de Pesquisa do Departamento de Silvicultura – ESALQ-USP
Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto
Prof. João Walter Simões
Prof. Mário Ferreira

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – Prof. João Walter Simões
Diretor Técnico – Prof. Helládio do Amaral Mello
Diretor Administrativo – Nelson Barbosa Leite

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior