

Flutuações de Tensão Provocadas pela Operação de Fornos Elétricos⁽¹⁾

PAULO CORDEIRO⁽²⁾

Na moderna produção de aço cada vez mais se acentua a utilização de fornos elétricos a arco.

A tensão de suprimento da rede elétrica no caso de fornos a arco, deve ser a mais elevada possível, devido às grandes potências em jôgo e também a outras razões que apontaremos adiante. Desta maneira, os fornos a arco deverão ser ligados em redes primárias, sendo modernamente instalados em linhas de sub-transmissão e até mesmo em linhas de transmissão. Para mencionar um exemplo dêste último caso, citamos uma instalação de forno ligada numa rede de 150.000 V destinada a suprir energia a dois fornos de 70 t de capacidade cada um.

Devido às características de resistência elétrica do arco que se forma entre os eletrodos e o banho de metal fundido, é necessário que se instale um transformador abaixador, cuja baixa ten-

Uma instalação normal de forno consta basicamente dos seguintes equipamentos: disjuntor de alta tensão, reator série, transformadores de corrente e de potencial, transformador de forno, o forno a arco propriamente dito, e os demais aparelhos destinados a complementar a instalação. O esquema da figura 1 mostra êsses componentes sob a forma de diagrama simplificado (unifilar).

Descrevendo sumariamente alguns desses equipamentos acima, pode-se dizer que o disjuntor⁽²⁾ deverá ser de construção robusta para fazer face aos desligamentos frequentes para a mudança de derivação (tap) do reator ou do transformador de forno. Ele deverá ser de preferência operado a distância por motor, por solenóide, a ar comprimido, hidráulicamente, etc. . . .

Os transformadores de forno⁽⁵⁾ atualmente em uso são de construção robusta para resistir aos repetidos curto circuitos durante a operação de fusão e normalmente são ligados em estrela na alta tensão e delta na baixa tensão. A ligação estrela favorece o projeto do enrolamento de alta tensão pela diminuição da tensão por fase. Usa-se a ligação delta na baixa tensão com a finalidade de diminuir as correntes em cada fase visto que normalmente na saída em barras do transformador de forno verificam-se altíssimas correntes, da ordem de kA. Estas correntes passam nos vários cabos condutores ligados em paralelo e que vão ter aos eletrodos do forno.

As potências nos transformadores de forno estão diretamente ligadas à capacidade de material pronto por corrida; na tabela I damos também outros dados relacionados com as mesmas.

Do ponto de vista do usuário do transformador de forno que vai receber a energia da rede elétrica para produção industrial, o que mais interessa é, logicamente, a maior produção horária com o mínimo de gastos de energia elétrica. Entretanto, para a companhia concessionária, o consumidor de forno, apesar de pagar mensalmente elevada conta de energia, está classificado entre os que provocam sérias perturbações na tensão

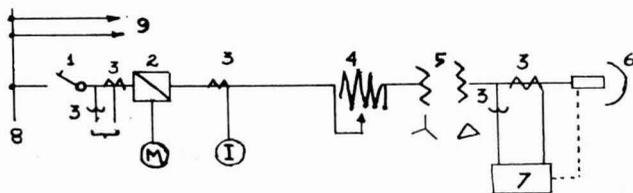


Fig. 1 — Diagrama unifilar: 1 — Chave de faca; 2 — Disjuntor de alta tensão; 3 — Transformador de corrente ou potencial; 4 — Reator série; 5 — Transformador de forno; 6 — Forno a arco; 7 — Regulador automático dos eletrodos; 8 — Barras da usina; 9 — Outras cargas para a usina.

são pode variar de 90 até cerca de 400 V. Naturalmente esse transformador receberá do lado primário a tensão de suprimento disponível no local, cuja frequência pode ser de 50 ou 60 Hz.

(1) Apresentado ao Simpósio sobre Eletrosiderurgia. Salvador BA; setembro de 1968.

(2) Engenheiro da Companhia Auxiliar de Empresas Elétricas; Rio de Janeiro GB.

TABELA I — Características dos transformadores

	1,5	3	6	10	15	25	40
Capacidade nominal (toneladas)	1,5	3	6	10	15	25	40
Diâmetro interno da carcaça (mm)	2.000	2.400	3.000	3.400	3.900	4.500	4.800
Diâmetro do eletrodos (mm)	180	200	250	305	355	450	—
Corrente nos eletrodos durante fusão (kA)	4,8	6,8	9,8	13,2	16,0	22,0	25,0
Potência nominal do transformador de forno (kVA)	1.000	1.730	3.000	4.500	6.300	10.000	15.000
Tensão entre eletrodos (v)	160	196	236	270	300	350	350
Potência nominal do reator (kVAR)	160	275	400	680	630	1.000	900
Tempo gasto por corrida (h)	2 ½	2 ½	2 ¾	3	3	3	3

de suprimento dos consumidores adjacentes e até mesmo daqueles ligados a quilômetros de distância. Por essa razão, antes de ser ligado um novo forno, a concessionária deverá ser consultada a fim de que possam ser avaliados os futuros distúrbios ocasionados por essa nova carga e se os mesmos são ou não admissíveis. Pode-se imaginar a situação desagradável quando o consumidor toma uma série de providências para a compra de instalação do forno sem consultar a concessionária e depois recebe a informação de que não poderá ligar o seu forno sem um investimento adicional para o equipamento de correção contra as perturbações na rede.

As redes elétricas de pequenas capacidades geradoras sofrem mais os impactos de corrente devido ao forno, do que as de maior capacidade, ou daquelas que estão interligadas com outras redes vizinhas através de linhas de transmissão de grande capacidade de transporte e energia.

Em se tratando de um assunto de magna importância não só para o consumidor como para o fornecedor de energia, vamos-nos deter na análise do que acontece durante o funcionamento do forno. Na figura 2 temos um gráfico de potências ativas absorvidas no primário do transformador de forno medidas em porcentagem da potência nominal do mesmo.

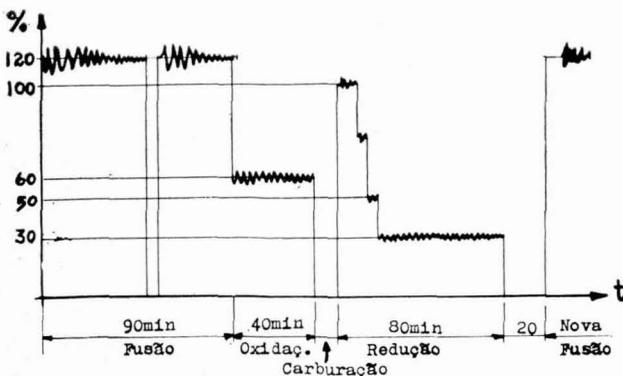


Fig. 2 — Gráfico de potências ativas absorvidas no primário do transformador do forno, medidas em porcentagem da potência nominal do mesmo.

tência nominal do mesmo. Pelo exame da figura nota-se um período de tempo de aproximadamente hora e meia de fusão da carga com uma potência de 120% da do transformador do forno, dividida ao meio por um intervalo de recarga de 5 min. Em seguida, temos 40 min de fase de oxidação com a potência de cerca de 60%. Finalmente, podemos observar um período de cerca de 1 h e 20 min destinado a redução ou refino, consumindo a potência em degraus decrescentes de 100 até 30%.

No período de fusão, supondo a tensão VB constante, quando os eletrodos tocam a carga ainda sólida, estabelecem uma série de curtos circuitos diretos no secundário do transformador de forno provocando fortes correntes. Estas correntes podem ser apreciadas no diagrama em círculo da figura 3, sendo representadas as suas intensidades pelos vetores OP. O diâmetro do círculo tem para valor

$$D = \frac{VB}{X_T + X_R}$$

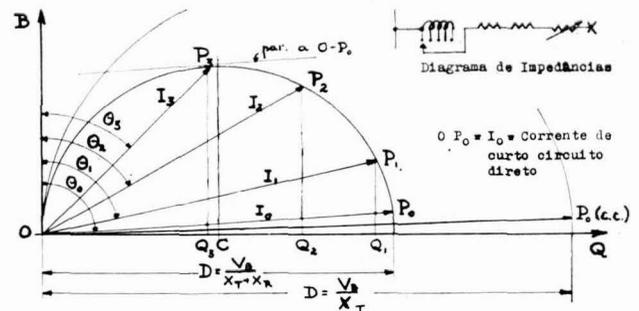


Fig. 3 — Diagrama em círculo.

Nesta figura, o significado de X_T , R_T , R_F e X_R são respectivamente, a reatância do transformador de forno, sua resistência, a resistência do forno e a reatância do reator série, tudo referido ao primário do transformador ou, se desejável, ao seu secundário. OP_0 seria a corrente no

caso da operação com o reator X_R . Na operação com o reator X_R , curto-circuitado, teríamos o diâmetro do círculo aumentado para

$$D = \frac{VB}{X_T}$$

As inclinações $\theta_0, \theta_1, \theta_2$ e θ_3 com a direção de VB de cada corrente I_0, I_1, I_2 e I_3 são dadas pelos valores dos fatores de potência ($\cos \theta$), a saber:

$$\cos \theta_0 = \frac{RT}{X_T + X_R}, \quad \cos \theta_1 = \frac{RT + RF1}{X_T + X_R}$$

$$\cos \theta_2 = \frac{RT + RF2}{X_T + X_R} \quad \text{e} \quad \cos \theta_3 = \frac{RT + RF3}{X_T + X_R}$$

As potências ativas na entrada do transformador são proporcionais aos comprimentos P_1Q_1, P_2Q_2 e P_3Q_3 . Demonstra-se que as potências ativas fornecidas ao forno são proporcionais a P_1P', P_2P'' e P_3P''' , sendo as perdas no transformador proporcionais a $P'Q_1, P''Q_2$ e $P'''Q_3$. Os rendimentos η da instalação do forno são respectivamente,

$$\eta_1 = \frac{P_1 P'}{P_1 Q_1}, \quad \eta_2 = \frac{P_2 P''}{P_2 Q_2}$$

$$\text{e } \eta_3 = \frac{P_3 P'''}{P_3 Q_3}$$

Nota-se que o valor variável nestas fórmulas é R_F , que vai subindo até a um valor ideal RF_3 , conduzindo ao rendimento máximo da instalação do forno no ponto notável P_3 , obtido tirando-se uma paralela à direção OP_0 tangente ao círculo.

Pelo visto até agora, pode-se concluir que:

- 1) Quando não há correção, grandes correntes devem ser fornecidas pelo sistema ligado à barra de tensão VB;
- 2) O projeto do conjunto transformador-forno elétrico deve ser de tal maneira proporcionado, que se tenha um ponto de rendimento aceitável. A primeira conclusão interessa mais à companhia concessionária que deve ter seu sistema o mais estável possível. A segunda conclusão diz mais respeito ao industrial, que logicamente se interessa por adquirir equipamento cada vez mais lucrativo.

O ponto de vista de concessionário, leva entretanto a que nos detenhamos, no momento, no exame da natureza das correntes devidas ao forno e de suas consequências nas redes do sistema.

Os altos valores das correntes durante a fusão com cerca de 120% da corrente nominal do forno, provocados pelos curto circuitos dos eletrodos sobre o material ainda sólido, ocorrem com uma frequência relativamente pequena, podendo-se dizer que varia em torno de 1 curto por segundo.

Por outro lado, nos finais dos períodos de fusão e nas fases subsequentes de oxidação e redução (fig. 2), verificou-se que aparece um novo tipo de variação de corrente. Esta flutuação de corrente em torno de um valor médio pode variar de $\pm 15\%$ até $\pm 20\%$; é motivada pelas características de instabilidade do arco, sendo tanto mais acentuadas quanto maior fôr o comprimento do arco formado entre o eletrodo e o banho de metal. Para corrigir isto, os fabricantes de forno foram levados a projetar eletrodos para correntes mais elevadas, que necessitam evidentemente de tensões mais baixas e comprimentos menores do arco. A frequência destas flutuações varia de 3 a 14 Hz e afetam as lâmpadas incandescentes de menor potência, os aparelhos eletrônicos (TVs, computadores etc.), produzindo oscilações de intensidade.

As correntes mencionadas passando pelas várias impedâncias da rede vão provocar nas mesmas quedas de tensão que são tanto maiores quanto a sua faixa de variação.

Na figura 4 mostramos um exemplo do que acontece quando há um acréscimo de corrente IF devido a um curto-circuito ou a uma flutuação na barra do forno m . Denominamos n à barra onde estão ligados outros consumidores, na qual queremos determinar as perturbações. Inexistindo o compensador síncrono CS, há uma sub-divisão da corrente IF em IF1 e IF2 e então podemos calcular na barra n a queda de tensão $X_{mn} = Z_1 \times IF + Z_2 \times IF_2$.

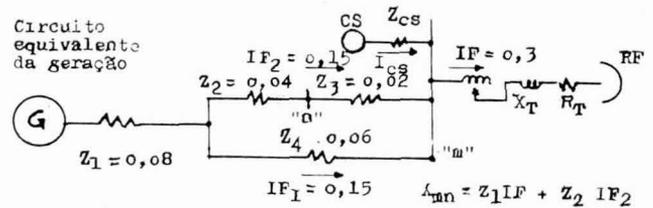


Fig. 4 — Resultado de um acréscimo de corrente IF devido a um curto circuito.

A queda de tensão X_{mn} chamamos constante de queda de tensão mútua; ela não deve ultrapassar os valores indicados na figura 5, seguindo recomendações feitas pelo AIEE (American Institute of Electrical Engineers). Os valores Z são expressos em p.u. calculados em determinada base de impedância. Os de IF são tomados em p.u. e são obtidos tomando a potência nominal de forno PF e dividindo-a pela base de potência PB usada no cálculo das impedâncias:

$$IF = \frac{PF}{PB}$$

Pode-se citar o exemplo de um forno de 3000 kVA e a base de cálculo das impedâncias

igual a 10000 kVA. IF será igual a 0,3 p.u. No diagrama pode-se facilmente determinar, por este método, o valor da queda de tensão mútua X_{mn} aplicando a fórmula acima:

$$X_{mn} = 0,08 \times 0,3 + 0,04 \times 0,15 = 0,03 \text{ p.u.}$$

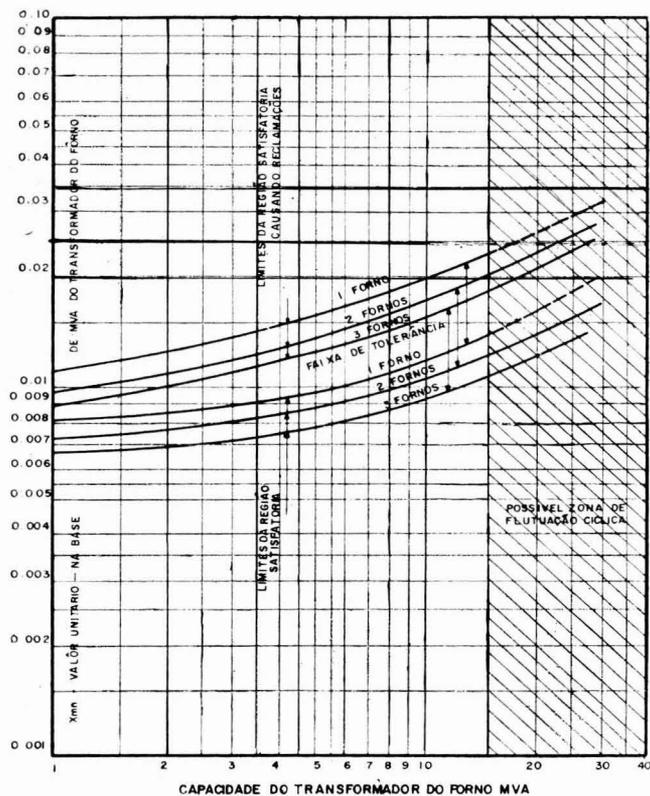


Fig. 5 — Valor do X_{mn} para várias capacidades de transformadores de forno em operação satisfatória e não satisfatória. (Desenho BX-SK-7680-R do AIEE).

Pelo exame do referido ábaco, verifica-se que este valor é inadmissível, pois, fica muito acima das curvas limites de reclamação. Os casos em que o valor de X_{mn} fica, como em nosso exemplo, acima do valor limite, a solução seria a instalação na barra do forno de condensador síncrono de constantes devidamente calculadas de modo que uma parte da corrente de curto-circuito seja fornecida pelo mesmo, como mostra a figura 4. Assim a corrente IF seria decomposta em duas parcelas: uma seria fornecida pelo sistema e a outra parcela ICS, seria fornecida pelo condensador síncrono. O cálculo deverá ficar a cargo da companhia concessionária.

Devemos ressaltar que quando os fornos trabalham 24 horas por dia, as perturbações se acentuam nas horas de menor consumo do sistema, pois, nessas horas alguns geradores são desligados, aumentando desta forma a reatância do sistema. Pode então haver casos em que é permitível o funcionamento do forno durante o dia e não o será durante a noite.

Em conclusão, podemos afirmar que devemos sempre agir com boa dose de prudência com a finalidade de se chegar a um denominador comum que venha a satisfazer os interesses de ambos, não só sob o prisma estritamente técnico, como também sob aspecto econômico.

DISCUSSÃO CONJUNTA DAS CONTRIBUIÇÕES:

Fatores de Controle de Potência em Fornos Elétricos a Arco — Roberto Henrique Maya.

A Operação da USIBA e o Sistema CHESF-CEEB — Equipe da USIBA — Publicado na p. 97.

Distúrbios Causados por Fornos a Arco em Redes de Energia Elétrica — Michel Kotlarevsky e Ivar Beckius — Publicado na p. 103.

Influência dos Fornos Elétricos no Sistema de Abastecimento — Ismael Barreto Antuñia e Luiz Aníbal de Lima Fernandes — Publicado na p. 110.

Flutuações de Tensão Provocadas pela Operação de Fornos Elétricos — Paulo Cordeiro — Publicado na p. 119.

WALTER J. VON KRÜGER (1) — O volume de informações aqui prestadas foi algo de muito extenso e praticamente tornou-se impossível a apresentação de um comentário coordenado. Ao longo dessas exposições, pude anotar algumas observações. Desejo chamar a atenção dos colegas sobre detalhes dos trabalhos; é mais uma observação professoral e diz respeito à exatidão de denominações e definições. Por exemplo, “estabilidade do arco” é um termo comum; mas o arco não se estabiliza, ele tem suas características próprias. O que se estabiliza é o circuito do arco; o arco possui características próprias é aproximadamente uma hipérbole — e a única coisa que se faz no sentido de se estabilizar o circuito é a introdução de resistência. Assim, não se estabiliza o arco; estabiliza-se o sistema.

Outro reparo diz respeito à “variação da potência do arco produzindo efeitos dinâmicos”. O arco, em si, não produz efeitos dinâmicos. Basta ver-se, por exemplo, os fornos de alumínio; estes não têm arco. No entanto, os efeitos dinâmicos da passagem da corrente são extremamente sérios. O que produz efeitos dinâmicos é a corrente que passa pelo arco.

JOSÉ FRANCISCO MOURA NETO (2) — Foi comentado, na parte que diz respeito à instalação da USIBA, a alta reação do sistema elétrico CHESF-CEEB. Realmente esse sistema, sendo radial, com linha de transmissão na zona sul, de 4.555 km, tem uma reação muito alta. Isto prejudicará um pouco a instalação da USIBA. Na parte de equipamento corretivo, terá ela que usar um equipamento de potência maior. Todavia, com dois circuitos, essa reação diminuirá bastante, e espero que em 1972 teremos um nível de curto-circuito três vezes maior

(1) Membro da ABM; Engenheiro Civil, de Minas e Metalurgia e Professor da EFMOP; da ALUMINAS; Ouro Preto MG.

(2) Engenheiro da CHESF; Salvador BA.

do que temos atualmente. É interessante, entretanto, que no estudo de instalação da USIBA, se preveja a situação de manutenção de linhas, porque não se pode contar com as linhas tôdas em operação num sistema como o nosso, que é muito grande e com dificuldade de manutenção pois a procura de defeitos em linhas desta natureza é demorada.

FELIPPE AZEVEDO FRANCESCHINI (3) — No que diz respeito à modificação do diâmetro primitivo dos eletrodos, inclusive de assimetria dos triângulos dos eletrodos, parece-me que é extremamente benéfico em certos casos, para tornar mais uniforme o consumo dos refratários nas paredes. Essa prática com as bordas feitas com peças especiais era extremamente difícil; quase que impossível. A modificação do círculo primitivo dos eletrodos, tornando assimétrico o triângulo dos eletrodos, provoca problemas quase que insolúveis. Isso se torna extremamente fácil com a prática que está sendo adotada de algum tempo para cá, com bastante frequência, de abóbadas mistas, feitas com pedras refratárias padronizadas, em pequeníssimo número de tipos com apoios ou com massas ou plásticos socados intersticialmente entre círculos de refratários, que ficam em torno dos eletrodos.

Essa prática construtiva tem mostrado uma série de vantagens, entre outras a da redução de estoques, facilidade de construção e de permitir grande flexibilidade no posicionamento dos eletrodos.

E. P. LOZANO (4) — Essa assimetria dos eletrodos é só para fornos de grande potência, onde a influência das peças especiais se torna menor. Mas, mesmo assim, esse comentário é válido.

F. FRANCESCHINI — Há no Brasil, alguma experiência de refrigeração interna, na parede do forno, com vapor, que está sendo experimentada em alguns lugares?

E. P. LOZANO — Não tenho conhecimento.

LUIZ ANIBAL FERNANDES (5) — Complementando as informações a respeito de capacitores como corretivos de flutuação de tensão, lembraria que a USIMINAS só opera equipamentos desse tipo, com excelentes resultados para eles, embora do ponto de vista da CEMIG isso dificulte um pouco o esquema de proteção.

MICHEL KOTLAREVSKY (6) — A USIMINAS está usando esses equipamentos provavelmente para melhorar a estabilidade, pois os fornos a arco constituem a carga mais irregular que existe. A aplicação de condensadores traz muitas vantagens. Num forno de redução, se houver oscilação, será pequena e de consequências bem conhecidas. No forno a arco, permanece o que dissemos. Parece-nos que podem tanto dar prejuízos, como vantagens, do ponto de vista da concessionária.

E. P. LOZANO — Quero lembrar o ponto de vista do operador, que deve trabalhar sempre num compromisso entre os fatores elétricos e os de produção. Por exemplo: quando aumenta a corrente cai o fator de potência, mas aumenta a produção do forno. Se, por outro lado, quer diminuir a corrente, melhorando o fator de potência, aumenta o arco, com maior desgaste do refratário. Geralmente, o operador do forno não está aten-

to aos problemas elétricos de abastecimento, porém mais aos resultados do aparelho. Os fornecedores deverão dar certo roteiro para o operador trabalhar dentro de limites que satisfaçam a produção, o custo do material produzido e a influência do forno sobre a rede abastecedora. Os trabalhos apresentados demonstram certa preocupação das companhias fornecedoras de energia elétrica a consumidores com fornos elétricos. Será interessante ouvir a experiência dos que já abastecem fornos elétricos. O representante da "Light", poderia dizer a respeito de sua experiência?

TULIO ROMANO CORDEIRO DE MELLO (7) — Quero esclarecer que não sou especialista no assunto pois trato da parte tarifária. Fui mandado pela companhia como observador. Até recentemente, a Light teve poucas preocupações com o fornecimento de energia elétrica para fornos, porque de modo geral é feito diretamente de suas usinas por meio de grandes linhas de transmissão. Ela está organizando um setor para atendimento das indústrias eletroquímicas e eletrometalúrgica; os técnicos desse setor é que poderiam dar as respostas desejadas.

E. P. LOZANO — Esses problemas dizem respeito ao tamanho do fornecedor de energia em relação ao forno consumidor. No caso da Light é um sistema de grande potência fornecendo para fornos grandes, médios e pequenos. Temos aqui representantes de Aços Anhanguera que, tendo fornos maiores, poderiam informar a respeito da instalação desses fornos e da influência que tiveram no sistema da Light.

JORGE DA COSTA LINO (8) — O Eng.º Larrabure foi o projetista da usina e fez todos os estudos referentes à construção da aciaria com transformadores no primário com 230.000 V. Ele é o mais indicado para responder a essa pergunta. Gostaria, entretanto, de lembrar um problema que não foi ventilado, e que diz respeito a um reflexo que tem o consumidor, nesse caso nós, que usamos voltagem bastante elevada, por causa dos picos; as supervoltagens instantâneas que são observadas no sistema da concessionária, refletindo no consumidor.

Temos tido alguns exemplos a 230.000 V. Isso já foi há algum tempo, e parece que já está corrigido. Mas, havia supervoltagens instantâneas, que iam acima de 300 KV. Isso trazia reflexo em nossa instalação e algumas vezes, possivelmente por desligamentos inesperados numa linha com pouca carga, fazendo com que uma supervoltagem ocorresse acima do valor de microssegundos, perdurando até um segundo ou mais, forçando a que a usina fosse desligada, quando essa voltagem atingia acima de 270.000 V.

Seria interessante, então, ouvir o que os concessionários têm a dizer, para evitar isso, especialmente numa linha como essa que vem aqui à Bahia, eventualmente, com 230.000 V, pois poderá ocorrer fato semelhante ao que se verificou em nossa usina.

J. F. MOURA NETO — No caso exposto o consumidor deve ter sua proteção do modo como tem a PETROBRÁS. Num sistema como o nosso, com uma caída brusca de carga, o consumidor deverá ter sua proteção. A PETROBRÁS tem relógios de subtensão: quando a tensão atinge um determinado limite, se nosso rele não desligar, eles terão forçosamente de desligar o circuito.

(3) Conselheiro da ABM; Engenheiro Civil; Livre Docente da EPUSP e Diretor da Cerâmica São Caetano; São Paulo SP.

(4) Membro da ABM e Orientador dos debates; Engenheiro Eletricista; Diretor da Indústria N. S. da Aparecida; São Paulo SP.

(5) Engenheiro da CEMIG; Belo Horizonte MG.

(6) Engenheiro da ASEA Elétrica S. A.; São Paulo SP.

(7) Da Light Serviços de Eletricidade S. A.; Rio de Janeiro GB.

(8) Membro da ABM; Engenheiro Eletricista e Metalurgista; Gerente da Usina de Aços Anhanguera; Mogi das Cruzes SP.

T. R. CORDEIRO DE MELLO — O caso de Aços Anhanguera é diferente; ela está ligada numa linha de Furnas e não da Light. A entrada em operação da usina coincidiu com o período inicial da ligação da linha Furnas-Guarulhos e do suprimento de Furnas à Light. Infelizmente, não houve nesse período inicial uma regularidade muito grande, tanto por parte da geração de Furnas, como por parte do recebimento da Light.

Estamos instalando um sistema de controle automático e no momento em que esse sistema estiver pronto, esperamos que esses problemas sejam, pelo menos, minimizados. Não serão eliminados, de forma alguma. Um sistema interligado, como o nosso, que está sujeito à perda de unidades pesadas, de mais de 70 MW, naturalmente está sujeito a subtensões e a sobretensões. O que se pode fazer é tentar eliminar isso através de controle automático.

LUIZ ANÍBAL FERNANDES — A CEMIG também está ensaiando com um sistema de controle automático de frequência e carga. Do ponto de vista de sobretensões, está sendo efetuado um estudo nos Estados Unidos, tendo em vista a expansão do nosso sistema de alta tensão. Ele recomendará as medidas necessárias, quais sejam sub-estações de manobra, etc.

T. R. CORDEIRO DE MELLO — Estou me referindo ao sistema de controle de cargas interligadas. Para isso fizemos um comitê conjunto de operações, do qual participaram as diretorias da CEMIG, Light, Furnas e das subsidiárias da ELETROBRÁS, que já estão interligadas no momento.

J. COSTA LINO — O sistema Furnas que liga a Light tem melhorado sensivelmente essas condições de sobretensões devido a essas retiradas bruscas de cargas no sistema. Agora, temos sentido o problema de forma muito esporádica, mas temos que ficar sempre atentos. Não é uma supervoltagem instantânea, em que um sistema de segurança da usina pudesse ser desligado, mas é uma voltagem continuada acima do máximo permissível, cêrca de 10%, que nos traz toda usina fora do sistema. Isso tem ocorrido muito raramente.

E. P. LOZANO — Quero crer que o Eng.º Cordeiro saiba de um forno em Curitiba, que trouxe perturbação ao abastecimento. Poderia dar algum esclarecimento?

PAULO CORDEIRO (9) — Em Curitiba existe um forno antigo de 1.730 kVA. Agora, com a instalação da segunda unidade, de 3.000 kVA, nossa Companhia do Paraná exigiu — dado que é um sistema pequeno, de pequena capacidade de potência, de curto circuito, — que a Siderúrgica Guaira instalasse um sistema de correção. Dêse sistema consta um condensador síncrono de 5.000 KVAR, que é ligado à barra do forno. Naturalmente esse equipamento é acompanhado de disjuntor e reator, para evitar situações de tensões, ocasionadas pelo funcionamento durante a fusão. Esse equipamento é muito caro, mas foi financiado pela CODEPAR e está sendo construído pela Brown-Boveri. O preço é superior a NCr\$ 500.000,00.

M. KOTLAREVSKY — Na Light, fui informado pelo engenheiro responsável por essa parte, de que ocorrera apenas um caso, o que prova que não é questão de potência, mas apenas de bom senso na instalação. Foi pedida permissão à Light para que se instalasse um forno de 800 kVA, na zona norte de São Paulo; o que foi instalado, na realidade, era um forno de 1.200 kVA. O equipamento corretivo teria sido bem mais caro do que o próprio forno.

LUIZ ANÍBAL FERNANDES — A CEMIG, fornece energia elétrica a três fornos da Mannesmann, um de 10.000 e dois de 6.000 kVA, sem problemas de espécie alguma. Isso se explica pelo fato de estar a usina numa situação privilegiada, eletricamente, além de ter equipamento corretivo, embora não instalado especificamente com o fito de redução de flutuação de tensão.

O problema que temos a relatar é de um forno pequeno, de 1.600 kVA, que ligado inicialmente no barramento geral de 3.800 V de uma estação distante, apresentou problemas, superados pela instalação de um transformador especial para o circuito de alimentação do forno.

E. P. LOZANO — Quero lembrar que estamos discutindo sobre influências do forno elétrico no sistema abastecedor, e como foi muito bem exposto nos trabalhos, o problema do "flicker" é pertinente ao forno elétrico, porém as oscilações de carga de uma usina siderúrgica, que se refletem na companhia abastecedora, nem sempre são provenientes do forno elétrico, mas de outros equipamentos, como grandes motores, principalmente motores de desbastadores, que tem cargas não contínuas e trazem muitas vezes problemas maiores que os próprios fornos elétricos.

P. CORDEIRO — No diagrama apresentado pela USIBA, consta na linha da CHESF, um transformador abaixador de 230 para 34,5 kV. Na verdade são duas unidades. Em seguida à tensão assim abaixada, é ligado um novo transformador, de força, baixando a tensão de 34.500 para 400 V. Não seria econômico instalar um transformador diretamente de 230 kV, para a tensão que fosse utilizada?

TADEU PACHECO NEVES (10) — Esse diagrama não é ainda o final. Seria perigoso levar 230 kV até dentro da Aciaria. Esta é minha opinião.

W. J. KRÜGER — A colocação de um transformador de 230 kV, diretamente para a tensão do forno, apresenta problemas de construção. Teoricamente pode ser construído, mas em virtude dos volumes que têm o secundário, os enrolamentos do primário têm que ficar junto do ferro, e os problemas de isolamento são muito sérios. Daí a limitação em geral de tensões para transformadores de fornos, da ordem de 69 kV, até o presente momento.

P. CORDEIRO — A revista da Brown-Boveri apresenta um transformador diretamente ligado ao forno, numa rede de 150 kV.

J. F. MOURA NETO — O Eng.º Antuña disse que nas barras onde estão instalados os fornos elétricos, não devem estar ligados consumidores diretos, mas, somente consumidores de iluminação.

A USIBA vai instalar uma tensão de 60 kV, na barra geral. Se essa barra geral for perturbada, afetará indiretamente os consumidores de 69 e 3,8 kV. E ela vai pagar o ônus de ter que possuir uma variação de tensão bem menor à exigida pela CHESF. Segundo informações da literatura inglesa, para 230 kV há 0,5% de variação nas barras. Isso vai acarretar um dimensionamento maior do equipamento corretivo, porque ele terá que baixar muito para chegar a esse valor desejado.

T. PACHECO NEVES — Naturalmente teremos que instalar um condensador simples, com capacidade bastante elevada. Sabemos que isto vai custar caro, mas é absolutamente necessário. Os trabalhos estão sendo feitos nesse sentido.

(9) Engenheiro da Cia. Auxiliar de Empresas Elétricas Brasileiras; Rio de Janeiro GB.

(10) Engenheiro da Cia. Energia Elétrica da Bahia; Salvador BA.

L. A. FERNANDES — Ainda quanto à instalação do USIBA, embora não esteja definido o tamanho do condensador, provavelmente vai ser do porte do forno, de cêrca de 40 MVA. No caso da CEMIG, temos um condensador de 48 MVA. Embora os preços sejam da ordem de US\$ 10/kVA, êsse tipo de equipamento resfriado a hidrogênio tem uma instalação muito complexa; em nosso caso, o custo instalado foi de US\$ 27/kVA. Portanto, três vêzes mais.

Não seria exequível a instalação de fornos elétricos de tamanho menor, apresentando talvez um custo inicial maior, mas que, com uma diversidade planejada de operação, possibilitasse a utilização de equipamento corretivo de menor potência?

CLAUDIO HUMBERTO MONIZ BRAGA ⁽¹¹⁾ — As razões se prendem, tôdas, a um motivo principal, que é o da tendência bem antiga, especialmente na siderurgia de aços ao carbono, para as unidades de grande capacidade. Na siderurgia dos aços comuns, a produtividade em t/h é talvez o fator mais importante no custo, devido ao fato de que é uma indústria reconhecidamente de baixa rentabilidade. As grandes unidades — sejam quais forem os tipos, especialmente nos fornos elétricos, permitem elevação considerável na produtividade, decidindo, o mais das vêzes, do sucesso ou não do empreendimento.

Outra razão que se prende a êsse motivo principal, que traduz a tendência encontrada mundialmente, é que a USIBA tem projeto para usina integrada de 600.000 t anuais. A primeira etapa é êsse forno que está sendo projetado e que vai ser instalado; é uma das unidades de uma primeira fase da capacidade última de 600.000 t. A multiplicação das unidades seria outro fator trabalhando em sentido contrário à produtividade.

Outras razões ainda de menor monta são as que dizem respeito ao treinamento do pessoal e à forma de lingotamento que será utilizada na usina. Todos sabem — e não há desdouro nenhum para a região nordestina — que esta não é uma região de forte tradição em metalurgia e siderurgia. A USIBA terá, portanto, que ver frente ao problema de treinamento e de preparação do pessoal de operação. A instalação de uma unidade apenas, irá facilitar êsse problema, não só pelo investimento inicial, mas também pelo treinamento inicial que essa unidade dará mais facilmente, aqui no Nordeste e na USIBA, sem recorrer ao "know-how" do Centro-Sul e de outras regiões, para obtenção da mão-de-obra necessária às outras unidades.

Outro motivo é a forma de lingotamento. A USIBA terá uma máquina de lingotamento contínuo para a fabricação dos semiprodutos industriais, que no caso serão as placas de aço. É uma operação que, cremos, será bem sucedida; é uma técnica que está sendo mais e mais empregada no mundo; no Brasil, todavia, é uma técnica nova. Uma de suas peculiaridades é a programação das corridas, devido a máquina precisar de tempo para preparação entre as corridas. A existência de uma unidade, no início, quando essa técnica está sendo lançada, virá facilitar grandemente o trabalho de preparação e a programação dessa máquina de lingotamento contínuo. "Last but not least", o problema do investimento. De qualquer maneira, estamos fazendo os estudos agora, e cremos estejamos no bom caminho, porque é no sentido de cooperação estreita com as empresas que fornecerão energia.

Qualquer equipamento corretivo para essa primeira unidade, talvez um pouco mais onerosa nesse aspecto, será certamente contrabalançado pelo menor investimento de apenas uma unidade de grande capacidade, em relação à criação de duas, de menor capacidade. A principal preocupação da USIBA é baixar os custos de ope-

ração, porque somente tem a sua razão de ser se produzir aço com os processos tecnológicos que considera os mais adequados para implantar no Nordeste, se com êsse processo obtiver um custo competitivo ao de outras indústrias siderúrgicas já existentes. O fato do investimento ser um pouco menor e a possibilidade de grande produtividade, sem dúvida alguma, de uma unidade de grande capacidade, sobre diversas unidades de menor capacidade, virá baixar certamente os custos de produção, resultando um fator decisivo para a escolha da USIBA pela instalação inicial da primeira unidade de quatro, que será o conjunto da aciaria final da USIBA.

E. P. LOZANO — No primeiro temário dêste simpósio constava o tema *Tarifas — Influências das flutuações elétricas. Entendimentos com o futuro consumidor*; o assunto não foi abordado por nenhum dos conferencistas. Alguém entre os presentes desejaria fazer comentário a êsse respeito? O Eng.^o Larrabure, que foi talvez o que mais estudou o assunto, poderia se manifestar?

FERNANDO LARRABURE ⁽¹²⁾ — Por diversas ocasiões tive oportunidade de me manifestar em palestras, sobre a necessidade que me parece urgente, de revisão total de nosso sistema tarifário. Não me refiro a simples modificações de taxas. O que considero necessário, é que o problema inteiro seja reformulado, e que isto seja feito após estudo exaustivo, porque a situação que temos visto nos últimos anos é a elaboração de tarifas, sob alguns pontos de vista extremamente complexos, com cláusulas que, de meu conhecimento, não existem em nenhum outro país. Ao mesmo tempo que o preço do kWh e do kW demanda praticamente são reduzidos a um valor único, fazendo abstração de qualquer sistema de blocos e de incentivos ao maior uso da eletricidade.

Pessoalmente, tive ocasião de discutir, no Departamento de Águas e Energia Elétrica, certos pontos, como a cláusula de demanda instantânea e a fixação do fator de potência básico em 0,90 pelos consumidores, em alta tensão, tendo conseguido que essas minhas ponderações fôssem aceitas. Por exemplo, há um decreto recente, que reduziu o fator de potência básico, de 90 para 85.

O que sucede, é que essas reclamações, mesmo atendidas, não são as soluções para o caso. Acho que as tarifas deveriam ser estabelecidas perfeitamente baseadas em estudos completos, de modo a que não houvesse alterações sucessivas de seis em seis meses. Indústrias de base, e mais especialmente a nossa indústria siderúrgica, precisam de estabilidade muito superior a outros tipos de indústria de transformação, que às vêzes constituem simples aventura. Uma usina siderúrgica não pode ser uma aventura em nenhuma hipótese.

Então, fatores de custos importantes, como é o do custo de energia elétrica, não podem ser alterados de seis em seis meses. A tarifa precisa ser estudada, precisa ser fixada, e que êsses estudos dispensem essas alterações a prazo curto. É natural que depois de dez ou vinte anos a situação mude, havendo necessidade de renovar estudos de tarifas, mas fazer alterações de seis em seis meses, isto acho contrário aos interesses gerais do País e da indústria básica em particular.

EXPEDITO CASEMIRO ⁽¹³⁾ — Gostaria de comunicar ao Eng.^o Larrabure, que a legislação tarifária do País tem caminhado no sentido de trazer certas vantagens aos consumidores, de forma a incentivar o consumo de energia elétrica e estabelecer preços diferentes para os grandes consumidores, permitindo que as tarifas atuais

(11) Membro da ABM; Engenheiro Civil; Diretor Superintendente de Projetos da USIBA; Rio de Janeiro GB.

(12) Conselheiro da ABM; Engenheiro Eletricista e Metalurgista; Diretor de Aços Anhanguera; São Paulo SP.

(13) Da Centrais Elétricas de Minas Gerais CEMIG; Belo Horizonte MG.

se estabeleçam com blocos. É o caso das tarifas da CEMIG, no momento, que tem bloco tanto para a demanda, quanto para o consumo de energia.

Do ponto de vista das periódicas modificações tarifárias, o que se verifica é que se torna realmente necessária a manutenção do equilíbrio econômico-financeiro das empresas de energia elétrica. E essas variações que ocorrem durante o período de vigência das tarifas são decorrentes de aumentos compulsórios das despesas, que não são passíveis de previsão, à época da elaboração do estudo para as tarifas básicas. Isto ocorre, por exemplo, com a taxa de câmbio. É um elemento que só pode integrar o custo de energia elétrica na época do estudo tarifário, pela taxa de câmbio vigente. Como a variação da taxa cambial depende exclusivamente do Governo, de sua atuação, não seria possível fazer um estudo a longo prazo, prevendo-se essa variação. O que ocorre é que temos diferença de câmbio da ordem de milhões de cruzeiros novos; em qualquer setor de atividade econômica, evidentemente, uma diferença de receita dessa ordem é bastante ponderável para efeito de equilíbrio econômico-financeiro. Dessa forma, não seria possível ao concessionário financiar por prazo muito longo, esse aumento de despesas que ocorrem independentemente de sua vontade; é elemento decorrente da atuação da política econômico-financeira do Governo.

Nossas tarifas, estão previstas para vigorarem num período de 18 meses. Portanto, não seria uma variação tão rápida e tão constante. Infelizmente, já ocorreu uma variação cambial, mas que ainda não provocou reajustamento tarifário. Provavelmente outros aumentos ocorrerão, como o do aumento salarial, e em sistemas de grande consumo de óleo diesel, para gerações termo-elétricas, a variação do preço de combustível, a cargo do Conselho Nacional de Petróleo, é imprevisível à época da elaboração das tarifas. São esses os elementos que forçam o concessionário a, de vez em quando, estabelecer esses reajustamentos tarifários.

F. LARRABURE — A minha queixa contra a alteração de tarifas não inclui em absoluto os reajustamentos provenientes de alterações cambiais. Essas alterações acho que podem e devem ser feitas o mais rapidamente possível, porque todos nós sabemos que os nossos preços de custo variam de dia para dia, com a variação do custo do dólar, da mão-de-obra, do transporte de combustíveis sólidos e líquidos etc., de maneira que o custo de energia elétrica também tem que variar. Seria um absurdo se não variasse.

Quero deixar claro que a minha queixa não é contra essa variação, mas sim quanto à variação de certas características básicas, como a questão do fator de potência básico que, de 90 passa para 85 sem que tenhamos a certeza se daqui a seis meses não irá a 70 ou 95. Essas, as alterações que não podem ser feitas; elas causam alterações nos projetos e na operação das usinas. Quem tem que projetar uma usina nova e resolver se vai instalar fornos de tratamento térmico; numa usina siderúrgica, tem que tomar a decisão se vai usar fornos elétricos, a gás ou a óleo, precisa, numa certa data, comparar custo. Entretanto, depois que resolveu tomar uma decisão baseada em estudos econômico-financeiros, enquanto está sendo construída a usina, vem uma alteração dessa da forma da tarifa. Gostaria de ver tarifa de blocos, tanto para o consumo quanto para a demanda. No momento, na zona de São Paulo, não temos bloco. De um momento para o outro o bloco poderá ser estabelecido, e da mesma forma como poderá ser estabelecida uma tarifa de bloco, podemos também imaginar que daqui a seis meses retirem também essa tarifa de bloco. Essa instabilidade é extremamente prejudicial para o desenvolvimento das indústrias.

O que eu peço não é que haja sistema de blocos; peço que seja feito um estudo completo, exaustivo, para quando chegarmos a uma conclusão aquilo que fique assentado venha a ser a base sobre a qual possamos construir o futuro das nossas indústrias.

E. CASEMIRO — Estudos exaustivos são feitos por parte das concessionárias, para o estabelecimento dos melhores elementos condicionantes das tarifas. Entretanto, eles são limitados pela legislação federal que regula o assunto, como é o caso do fator de potência, que é estabelecido em decreto. De maneira que foge ao âmbito da concessionária se manifestar nessa área.

E. P. LOZANO — Se entendi bem, o Eng.º Larrabure não está criticando as concessionárias, mas o órgão do Governo que estabelece as tarifas.

AUGUSTO PEREIRA DE AZEVEDO (14) — Coube-me a honra, por gentil deferência da Associação Brasileira de Metais, de presidir, como representante da Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco, a última sessão do simpósio que ora termina. Não poderia deixar de ressaltar a segurança que nossa companhia pode permitir a todos aqueles planos de desenvolvimento econômico do Nordeste, principalmente nos ramos da eletrometalurgia e da eletroquímica, que agora se implantam com grande êxito e ênfase em todo o território nordestino.

A CHESF tem a responsabilidade muito grande de assegurar aos elementos chaves, o lastro fundamental para a implantação dessa estrutura econômica; de permitir sempre, o atendimento em tempo, do crescimento das cargas e dos consumos, ao mesmo tempo em que deverá provar sua intenção, através de tarifas justas e razoáveis para segurança e tranquilidade econômico-financeira dos investidores. Esta é a política da CHESF. Nisso ela não tem falhado desde os seus primeiros momentos de atuação no Nordeste. Basta citar alguns números: começamos em 1955, praticamente há 12 anos, com seis unidades de 60 MW em Paulo Afonso. Hoje dispomos, naquela localidade, de 615 MW e acha-se em fase adiantada a construção da terceira casa de máquinas para implantação de quatro conjuntos geradores de turbinas hidráulicas, de 206 MW cada uma. Aliás devo fazer uma retificação. Disse que se ia instalar três unidades de 175 MW. Na verdade são quatro unidades de 206 MW que serão instalados em Paulo Afonso, duas das quais já compradas, acham-se a caminho para montagem. Com isto, até meados de 1971 teremos em Paulo Afonso a disponibilidade de cerca de 800.000 kW de capacidade, afora as pequenas usinas do seu sistema, que se acham colocadas em vários pontos da sua área de concessão — Fortaleza, Cotegipe, Bananeiras etc.

Atualmente, estamos com a demanda máxima registrada até agosto, de 548.000 kW, esperando que neste mês de outubro, que é um mês crítico, geralmente de crescimento muito grande da demanda de consumo, atinja cerca de 580.000 kW de ponta do sistema.

Temos, portanto, reserva suficiente, o que tem preocupado muito certos industriais, por culpa de divulgações às vezes infundadas, dadas por fontes que desconheço. No meu setor na Companhia — mercado de tarifas — nunca fui consultado para informar a respeito das possibilidades de demanda e da progressão de demanda dessa empresa. Mas há divulgações alarmantes sobre esse ponto. Eu os tranquilizo, porque admitindo as sobrecargas em que é possível trabalhar-se em Paulo Afonso com as nossas unidades, o sistema de ampliação que se acha em pleno funcionamento e dentro de cronogramas estabelecidos, nós asseguramos dispor sempre de reservas capazes de atender as mais otimistas demandas dentro daquelas que temos conhecimento no processo da implantação de indústrias no Nordeste.

Quanto ao problema do custo de energia, temos mantido sempre o espírito pioneiro, que ainda nos caracteriza, pelas condições geo e sócio-econômicas da região, de possibilitar uma tarifa razoável e a mais barata do País; não que esteja comprometendo condições econômi-

(14) Presidente da Mesa e Diretor da Cia. Hidroelétrica do São Francisco; Rio de Janeiro GB.

co-financeiras, mais barata porque temos tido grande auxílio, grande parcelas de investimentos, parcelas essas que não são remuneradas, afora outras características de nossa política tarifária, visando sempre ao aspecto pioneiro do desenvolvimento econômico do Nordeste.

Atualmente, estamos com as tarifas vigentes — aquelas para as quais foi pedida revisão, após período de ano e meio de vigência e que expirou agora em julho — com o preço médio de Cr\$ 27,43. É tarifa bastante barata, mas que cobre os nossos custos; não nos causa prejuízo e nem afeta nossos compromissos, que temos mantido em dia.

Fizemos recentemente, previsão tarifária, cuja vigência vai depender da aprovação do Ministério de Minas e Energia, através do Departamento Nacional de Águas e Energia. Nêle, procuramos atender êsse princípio de fornecer tarifas razoáveis e justas, dentro do mínimo de necessidade que temos para atender às condições dos nossos compromissos financeiros, dentro de sua vigência.

São êsses aspectos — que aliás foram abordados já no fim dos debates — de problemas controvertidos, sem-

pre acompanhados de grande discussões, mas diante dos quais cabe-me neste momento — pela oportunidade de presidir esta sessão e pelo desejo de assegurar tranquilidade aos investidores que pretendem instalar-se nesta área — trazer êste panorama de perspectivas futuras.

Tendo acompanhado as brilhantes sessões aqui levadas a efeito, congratulo-me, em nome da minha Companhia com a Associação Brasileira de Metais, por ter proporcionado seminário tão fecundo, que nos trouxe duas grandes satisfações: a primeira, de ao chegarmos aqui, estranhos, desconhecidos, sairmos daqui todos irmanados; a segunda, de têmos a oportunidade de testemunhar a contribuição, o denôdo, o espírito de pesquisa, o entusiasmo com que nossos homens de negócio procuram implantar indústrias neste País, trazendo cada um o testemunho de sua labuta, de seu trabalho pessoal, numa configuração de harmonia, de entendimento mútuo e de respeito, isso tudo mostra perfeitamente o grande entusiasmo de que somos dotados e que sempre nos estimula, de vermos que êste Brasil não está parado, continua em franco progresso, assegurando-nos confiança nos homens de nossa terra e no trabalho de nossos técnicos, para grandeza de nossa Pátria.