

**PERÍCIA**

**A energia elétrica como insumo essencial no processo produtivo de ligas a base de silício.**

**RESUMO**

O presente trabalho tem a finalidade de apresentar um Laudo Pericial em que uma siderúrgica foi periciada com intuito de provar que a energia elétrica é um insumo essencial a seu processo produtivo. Dessa forma, a empresa diz ter direito ao crédito presumido de IPI previsto por Lei, como forma de ressarcimento das contribuições incidentes sobre as respectivas aquisições no mercado interno de matérias-primas, produtos intermediários e material de embalagem, para utilização no processo produtivo.

Palavras-chave: ***Energia elétrica, Insumo, Processo produtivo,***

# **XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015**

## **INTRODUÇÃO**

O trabalho tomou como base um Laudo de Ação Judicial, em que a empresa periciada, tem por objetivo a produção de ferroligas, silício metálico, ligas afins, autopeças e magnésio metálico, entre outras atividades, sendo os produtos, em sua maioria, destinados ao mercado externo. No seu processo produtivo afirma que um dos seus principais insumos é a energia elétrica, sendo a energia elétrica por ela consumida destinada, em média, 96,78% aos seus fornos de produção e apenas 3,22% aos consumos auxiliares.

Assim sendo, a empresa diz ter direito ao crédito presumido de IPI previsto por Lei, como forma de ressarcimento das contribuições incidentes sobre as respectivas aquisições no mercado interno de matérias-primas, produtos intermediários e material de embalagem, para utilização no processo produtivo.

Em contestação, a parte confrontante à empresa afirma que os gastos com aquisição de energia elétrica, independente do processo produtivo em que é utilizada, não se encaixam nos conceitos de matéria prima ou produto intermediário, uma vez que não são bens que se consomem no processo de industrialização em decorrência de um contato físico ou de uma ação diretamente exercida sobre o produto em fabricação ou por esse diretamente sofrida, de forma que não podem integrar base de cálculo do crédito presumido de IPI.

# XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

## 1. A Indústria de Ferro Ligas e Silício Metálico no Brasil

Na maior parte das abordagens, o ano de 2007 é usado como referência da situação atual, uma vez que tanto 2008, quanto 2009 são anos atípicos, podendo levar a uma visualização irreal do setor. O Brasil ocupava, em 2007, a sexta posição no ranking dos produtores de ferroligas e a terceira no de silício metálico. A grande alavancagem deste segmento decorre da conjugação de vários fatores. Do lado das ferroligas, pode-se relacionar a expansão do parque siderúrgico, a disponibilidade de matérias primas e a disponibilidade de energia elétrica. No que se refere ao silício metálico, destacam-se a expansão da indústria de alumínio primário, as grandes reservas de quartzo de alta pureza, a possibilidade de produzir redutor de baixa cinza (carvão vegetal) e a disponibilidade de energia elétrica. Complementando este elenco de fatores favoráveis, o programa de incentivos implementado pelo Governo, incentivou e viabilizou os empreendimentos. Ao crescimento intempestivo que caracterizou os anos iniciais, sucedeu um período de ajustes, decorrentes de oscilações da demanda, mudança da política de incentivos, exigências ambientais e abertura do mercado, que culminou com a desativação de várias instalações. Na realidade, estes ajustes se constituíram em uma depuração do setor, agora consolidado e amadurecido. Atualmente são produzidas ligas à base de manganês, silício (incluído o silício metálico) , cromo, níquel e algumas ferroligas especiais e inoculantes. O destaque para as ferroligas especiais é para o ferro-nióbio. Em 2007 a produção (todas as ligas) foi de 1.020 mil toneladas, das quais 341 mil foram exportadas. Considerando uma importação de 90 mil toneladas e os respectivos valores, a balança comercial é favorável ao Brasil em US\$1,2 bilhões. A produção de silício metálico, no mesmo período, foi de 225 mil toneladas, das quais 203 mil foram destinadas ao mercado externo. Considerando a importação de 12 mil toneladas, a balança comercial, referente a este produto foi de US\$348 milhões. A produção é realizada por 21 empresas, operando 30 plantas, com cerca de 100 fornos, distribuídas em sete estados. Todas as usinas, com exceção de duas, operam com fornos elétricos e, assim, a disponibilidade e custo da energia elétrica é fator decisivo para a implantação/expansão de empreendimentos, neste segmento.

# XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

## 2. A energia elétrica

A energia elétrica é o principal insumo utilizado para a produção de ferroligas. As empresas brasileiras têm hoje, em seus fornos, uma capacidade instalada de cerca de 650MW. A produção própria de energia corresponde a menos de 5% dessa capacidade. Ela participa em alguns casos até 40% dos custos de produção. Como média para o setor a energia é responsável por cerca de 35% desses custos. Sua média de consumo por toneladas para as várias ferroligas é mostrada a seguir:

Consumos específicos típicos:

			<b>kWh/t</b>
- Ferro Manganês Alto Carbono	- Fe Mn AC	-	3.500
- Ferro Silício Manganês	- Fe Si Mn	-	4.300
- Ferro Manganês Médio e Baixo Carbono	- Fe Mn Mc/BC	-	2.800
- Ferro Silício 75%	- Fe Si 75	-	8.600
- Ferro Silício 45%	- Fe Si 45	-	4.200
- Ferro Cromo Alto Carbono	- Fe Cr Ac	-	5.300
- Ferro Silício Cromo	- Fe Si Cr	-	8.100
- Ferro Cromo Baixo Carbono	- Fe Cr Bc	-	3.600
- Ferro Níquel	- Fe Ni	-	13.400
- Ferro Silício Zircônio	- Fe Si Zr	-	12.000
- Inoculantes		-	13.000
- Silício metálico	- Si met	-	13000

# XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

## 3. Considerações Iniciais

O laudo foi elaborado através de visitas técnicas nas três Fábricas existentes da Empresa Siderúrgica, para se observar a importância da energia elétrica como insumo na sua produção.

### **Produção em cada unidade das FÁBRICAS**

#### - FÁBRICA 1º

- Magnésio Primário
- Pó de Magnésio
- Ferro Silício 75 STD
- Ferro Silício 75 HP
- Inoculantes
- Ligas de Magnésio

#### - FÁBRICA 2º

- Silício Metálico

#### - FÁBRICA 3º

- Ferro Silício Magnésio
- Cálcio Silício
- Silício Metálico
- Cored Wire

### 3.1 Matérias Primas

- Quartzo
- Carvão
- Cavaco
- Hematita
- Calcário

#### 4. Metodologia

##### 4.1 Energia elétrica e a produção de silício metálico, ferroligas, magnésio metálico e suas ligas pela Empresa Periciada

Observou-se durante as Visitas Técnicas nas empresas, que é impossível a sua produção ser feita sem a utilização da energia elétrica, termodinamicamente o processo de redução do silício só pode ser conduzido em fornos elétricos de redução a arco submerso<sup>1</sup>, sendo que, como o próprio nome indica, o mesmo opera utilizando energia elétrica de forma intensiva.

De acordo com Álvaro Lucio, Renato Minelli, Ronaldo Sampaio, et al, livro Metalurgia dos Ferro-Ligas, sob o ponto de vista estequiométrico, a reação que descreve a redução da sílica é a que segue:



Combinando as equações:



resulta a seguinte equação para o  $\Delta G^\circ$  da reação:

$$\Delta G^\circ = 170.120 - 87,78T$$

A equação apresentada acima indica que, a presença do ferro na carga<sup>2</sup> torna a redução da sílica mais fácil, pois o ferro, dissolvendo o silício, abaixa a temperatura de equilíbrio. Para a produção de ferro silício com 45% de Si, de acordo com os dados de atividade do silício no ferro líquido, pode-se calcular a temperatura mínima de redução da sílica como sendo igual a 1.901 K = 16.289C.

No entanto, na prática industrial, para se obter bons resultados, a fusão redutora é efetuada em temperaturas sensivelmente superiores à indicada pelo cálculo teórico, o que torna o forno elétrico de redução a arco submerso o mais indicado para este fim.

---

<sup>1</sup> Forno elétrico de redução a arco submerso: O forno consiste em uma câmara de fusão (cuba) com três ou mais eletrodos passando através da abóboda, colocados, seja por linha ou em triângulo; perto da periferia da abóboda, estão os tubos de carregamento, posicionados de cada lado dos eletrodos; os eletrodos utilizados são de carbono; a tampa do forno possui as aberturas indispensáveis à passagem dos eletrodos, dos tubos de carregamento e de saída dos gases além de portas de visita que servem para observar o seu interior; o arco submerso se dá pelo fato de que a carga (matérias-primas) está sobre o arco elétrico formado nos eletrodos no interior da cuba.

<sup>2</sup> Carga: Matérias-primas (minério de quartzo, minério de dolomita, carvão vegetal, eletrodo de carbono, cavaco de madeira, dentre outros) que se encontram dentro da cuba do forno elétrico de redução a arco submerso.

## **XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015**

Sendo a velocidade da reação proporcional ao distanciamento do equilíbrio termodinâmico, nenhum processo industrial de redução pode operar próximo às temperaturas de equilíbrio. É por este motivo que não é viável a obtenção de silício ou ligas de silício com elevado teor de silício em alto forno, portanto isto somente é possível em fornos elétricos de redução a arco submerso.

A energia elétrica é imprescindível ao processo produtivo da Empresa Autora, e, também é consumida imediata e integralmente durante seu processo de industrialização, conforme pôde verificar e concluir o Perito durante a visita realizada nas unidades industriais da autora.

Não há outra rota para a autora produzir seus produtos a não ser através do consumo da energia elétrica como insumo em seu processo de industrialização. Os fornos elétricos de redução a arco submerso, os quais são utilizados pela autora para a fabricação de seus produtos, fazem uso intensivo de energia elétrica.

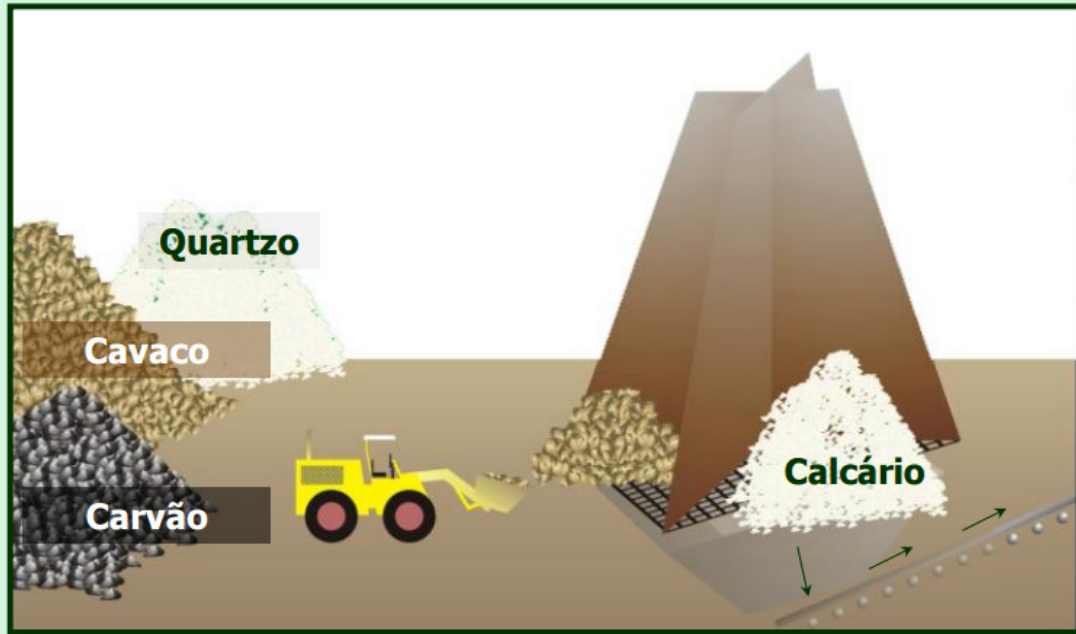
Esta energia é processada juntamente com as demais matérias primas, dentre as quais se destacam: minério de quartzo, minério de dolomita, carvão vegetal, eletrodo de carbono, cavaco de madeira, dentre outros, que darão origem aos produtos finais comercializados pela empresa.

Portanto, observa-se de maneira inequívoca que a energia elétrica é um produto intermediário no processo industrial da autora.

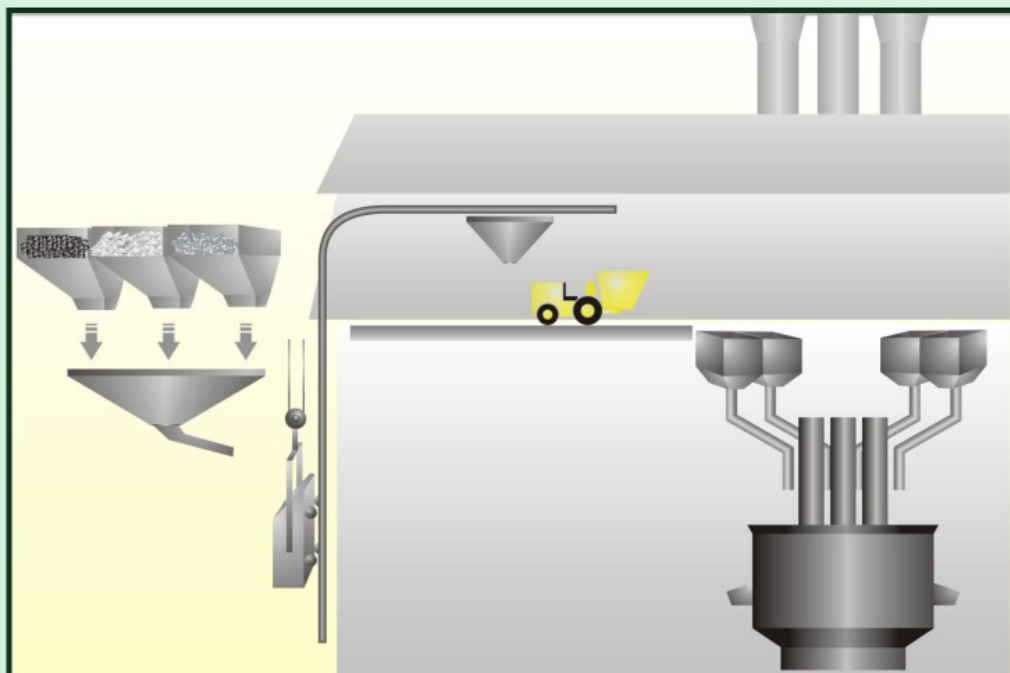
4.2 Resumo ilustrativo do processo produtivo da Empresa

## Sistema de Carregamento dos Fornos

### Sistema de Alimentação das Matérias Primas

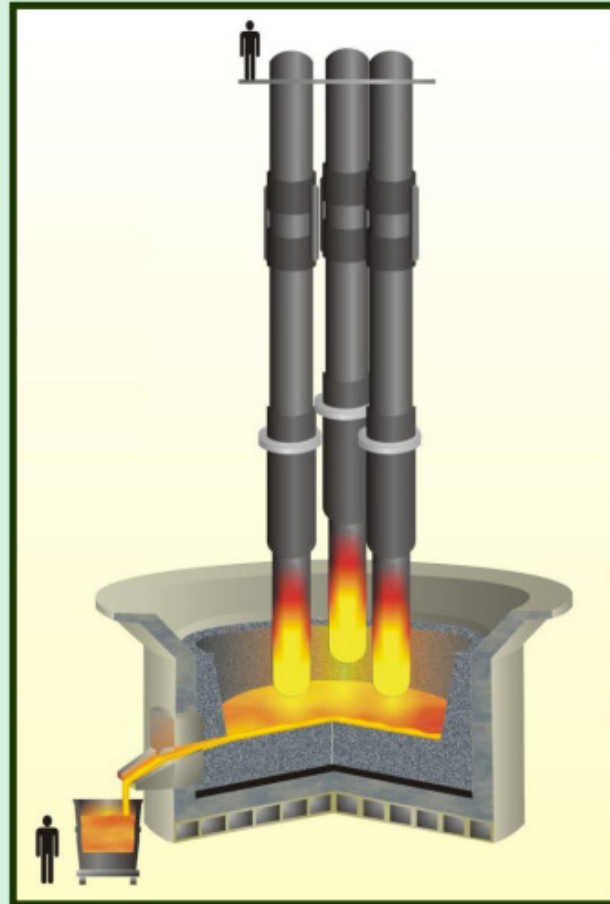


## Sistema de Carregamento dos Fornos





## Redução das Matérias Primas



✓ A produção ocorre em fornos a arco elétrico submerso.



Topo do Forno

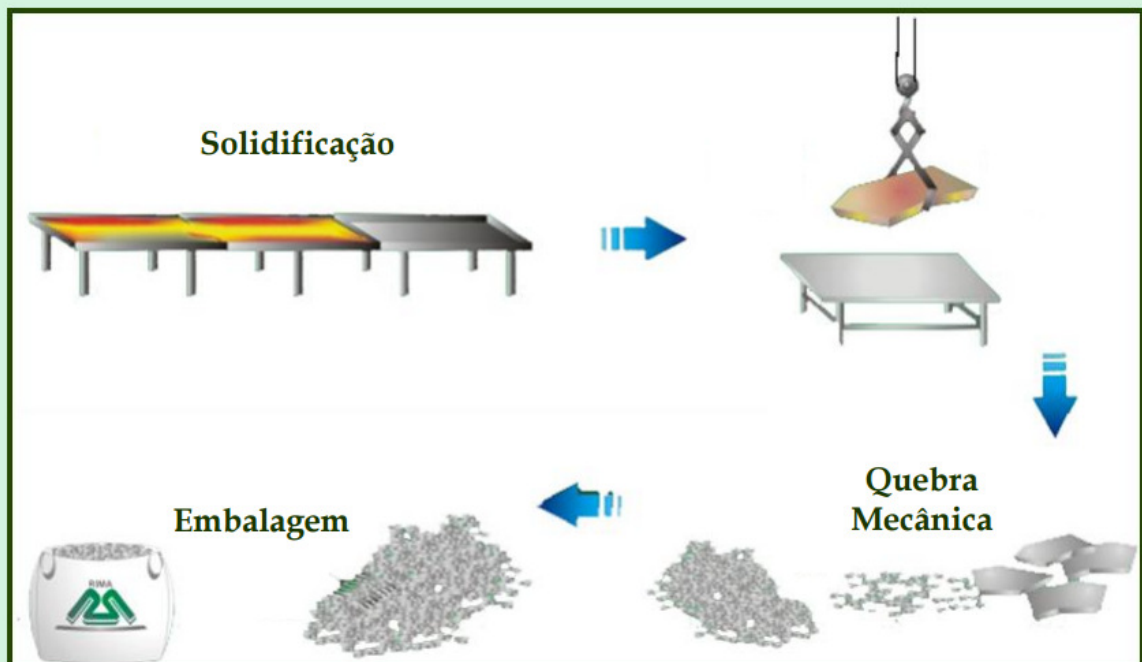
✓ A energia flui através dos eletrodos para o leito do Forno e, nesse momento, o processo de redução inicia.

## Vazamento do Forno

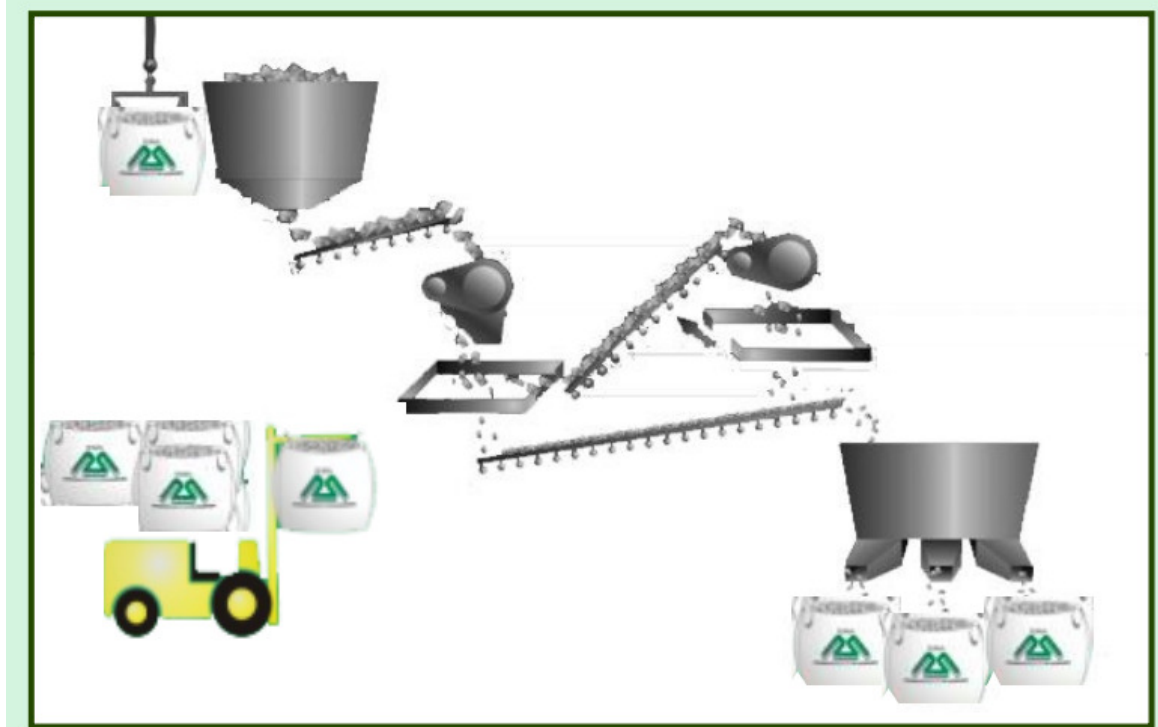


Metal Líquido

## Resfriamento e Quebra Primária



## Britagem



# XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

## 4.3 Consumo de Energia Elétrica nas Unidades Industriais da Autora

Em relação às quantidades em kWh e valores em R\$ de energia elétrica consumidas pela autora em seu processo produtivo, o perito apresentou a tabela a seguir:

<b>RESUMO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NAS UNIDADES INDUSTRIAIS DA AUTORA</b>			
<b>ANO</b>	<b>Filial</b>	<b>Quant. (kWh)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
1995	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	113.163.076	4.521.069,71
1995	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	304.097.444	12.121.953,85
<b>TOTAL 1995</b>		<b>417.260.520</b>	<b>16.643.023,56</b>
1996	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	224.678.749	11.036.274,80
1996	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	355.258.462	16.628.554,61
<b>TOTAL 1996</b>		<b>579.937.211</b>	<b>27.664.829,41</b>
1997	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	199.112.692	12.050.311,77
1997	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	399.029.661	21.600.549,94
<b>TOTAL 1997</b>		<b>598.142.353</b>	<b>33.650.861,71</b>
1998	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	153.668.002	9.525.743,98
1998	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	309.301.442	16.877.573,45
<b>TOTAL 1998</b>		<b>462.969.444</b>	<b>26.403.317,43</b>
1999	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	44.168.652	1.999.551,19
1999	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	101.446.972	4.116.884,94
<b>TOTAL 1999</b>		<b>145.615.624</b>	<b>6.116.436,13</b>
2000	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	234.754.308	14.189.474,46
2000	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	74.271.919	24.312.743,78
2000	UNIDADE INDUSTRIAL 3º FÁBRICA	454.048.847	4.052.063,93
<b>TOTAL 2000</b>		<b>763.075.074</b>	<b>42.554.282,17</b>
2001	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	146.569.433	10.074.941,78
2001	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	214.890.593	30.013.224,42
2001	UNIDADE INDUSTRIAL 3º FÁBRICA	502.472.628	12.149.183,33
<b>TOTAL 2001</b>		<b>863.932.654</b>	<b>52.237.349,53</b>
2002	UNIDADE INDUSTRIAL 1º FÁBRICA	50.659.527	5.001.691,21
2002	UNIDADE INDUSTRIAL 2º FÁBRICA	52.188.504	8.847.358,45
2002	UNIDADE INDUSTRIAL 3º FÁBRICA	54.653.430	6.211.651,93
<b>TOTAL 2002</b>		<b>157.501.461</b>	<b>20.060.701,59</b>
<b>TOTAL GERAL</b>		<b>3.988.434.341</b>	<b>225.330.801,53</b>

## **XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015**

Os dados apresentados na tabela anterior foram obtidos com base na consulta às notas fiscais, emitidas pela Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais, apresentadas pela autora durante as diligências realizadas em suas unidades.

## **XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015**

### **4.4 Produtos Grosados pela Receita Federal do Brasil**

Em consulta aos autos do processo, foi possível verificar vários itens que foram objetos de glosa pela Receita Federal do Brasil, sendo estes itens listados abaixo:

- Notas Fiscais referente às devoluções de vendas (cfop 1.31 / 2.31 / 3.31)
- Notas Fiscais referentes às aquisições realizadas junto a pessoas físicas e cooperativas não contribuintes do PIS/PASEP e COFINS de matérias-primas, produtos intermediários e materiais de embalagem;
- Notas Fiscais referentes a serviços de industrialização efetuada por terceiros CFOP 1.13;
- Notas Fiscais referentes a serviços de transporte CFOP 1.62/2.62;
- Notas Fiscais referentes às compras para ativo / material de consumo CFOP 1.91/2.91;
- Notas Fiscais referentes às compras de material para uso ou consumo CFOP 1.97/2.97;
- Notas Fiscais referentes à aquisição para manutenção de equipamentos e instalações;
- Notas Fiscais referentes à simples remessa;
- Notas Fiscais referentes a transferências de insumos;
- Notas Fiscais referentes a devoluções de compras;
- Notas Fiscais referentes a outras saídas;
- **Fornecimento de energia elétrica;**

Após análise dos itens objetos de glosa por parte da Receita Federal do Brasil, o perito destacou que apenas o último item referente ao fornecimento de energia elétrica. Devido às características da energia elétrica, uma vez que, trata-se de um insumo, assim sendo, apresenta-se abaixo esta análise:

Durante o processo produtivo da autora a energia elétrica é utilizada como um insumo, sendo o elemento ocasionador das reações químicas que permitem a transformação das matérias-primas para a obtenção do produto final, sofrendo assim durante o processo produtivo um desgaste total.

Conforme explicação referente ao funcionamento dos fornos elétricos de redução a arco submerso, já apresentada, a energia elétrica deve ser considerada um produto intermediário, uma vez que, os eletrodos onde o arco elétrico é formado estão imersos dentro da carga no interior da cuba do forno elétrico de redução a arco submerso.

Assim, no caso da energia elétrica, percebe-se o seu desgaste total uma vez que a mesma é adicionada ao processo produtivo, da mesma forma que as matérias-primas, restando ao final do processo de industrialização os produtos finais.

Não restam dúvidas quanto ao fato de que a energia elétrica compõe os fatores de produção, sendo consumida em sua totalidade durante o processo produtivo.

5. Cenário para 2030

A partir de meados de 2008 a economia mundial entrou em forte recessão, derrubando todas as previsões de consumo, principalmente de produtos básicos como o aço e fundidos de ferro e aço. Isso gerou uma necessidade de revisão de todas as estimativas de mercado futuro das materiais primas básicas. Como as ferroligas são consumidas exclusivamente pelos setores siderúrgicos e de fundição de ferro e aço, seu abastecimento e consumo ao mercado interno estão estreitamente atrelados às produções daqueles setores. A média histórica de exportação de ferroligas pelo Brasil é da ordem de 30% de sua produção. É estratégico para esse setor manter esse percentual de produção para venda nos mercados internacionais conquistados nos últimos 40 anos, o que foi previsto nas projeções. Para manter esse quadro de pleno abastecimento interno e exportação de 30% de sua produção, que é o objetivo do setor, será necessário expandir a capacidade instalada atual para cerca de 1,8 milhões de toneladas de ligas, além de 0,6 milhões de toneladas de silício metálico e mais 0,24 milhões de toneladas no final dos anos 20.

Nesse nível de capacidade, o consumo de energia elétrica deverá se situar em 13 milhões de MWh/ ano, com uma potência instalada de 2320 MVA. A área plantada de florestas homogêneas deverá atingir 240 mil hectares e deverão ser gerados mais 6.000 empregados diretos. Para aumentar sua capacidade instalada, deverão ser investidos somente, nas usinas, cerca de US\$ 970 milhões nos próximos 20 anos. Esse planejamento do setor para expandir sua capacidade instalada nesta extensão dependerá do equacionamento de uma política de energia elétrica. Como vimos, a energia elétrica é de longe, o principal insumo do setor produtor de ferroligas, participando em até 40% dos custos de produção de algumas delas.

## 6. Conclusão

Após diligências realizadas nas unidades industriais da autora e em sua sede administrativa, bem como a análise da documentação apresentada na ocasião das mesmas, esclarecemos que devido a sua especificidade, a energia elétrica não é um insumo estocado pela empresa e conseqüentemente não resta saldo em estoque, desta forma a energia elétrica é consumida em sua totalidade no processo industrial de fabricação de silício metálico, ferroligas, magnésio metálico e suas ligas.

Do ponto de vista da engenharia, o objeto da perícia em questão, durante seu processo produtivo, a energia elétrica é utilizada como um insumo, da mesma forma que o minério de quartzo, minério de dolomita e/ou carvão vegetal, para tanto, a energia elétrica sofre um desgaste total durante o processo de industrialização. Assim, concluímos para a perícia, que no caso de processos industriais onde a energia elétrica é indispensável na combinação dos fatores de produção, como é o caso da autora, a energia elétrica participa do processo produtivo na condição de insumo, concorrendo para a formação de um determinado produto.

Sem a garantia de uma política consistente de abastecimento desse insumo a preços competitivos internacionalmente, as indústrias serão atingidas prejudicialmente, como irão também comprometer a atual capacidade instalada, como já é o caso da empresa periciada, que está com alguns fornos desativados devido ao aumento substancial do valor de energia elétrica nos últimos anos.

O que se constata é que as tarifas de energia no Brasil nos últimos 20 anos subiram muito acima das praticadas nos principais países concorrentes do Brasil no mercado internacional de ferroligas.



# XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

## 7. Bibliografia

Kruger, P.; **MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME**, Relatório Técnico 60 Perfil de Ferroligas, agosto de 2009.

Lucio, A.; Minelli, R.; Sampaio, R.; Metalurgia dos Ferro-Ligas, Editora UFMG, 1980

Laudo Pericial, 5º VF, Procedimento Ordinário/Ação Declaratória

Cemig – Companhia Energética de Minas Gerais

# XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

## ANEXOS

- Fornos desativados da 1ª Empresa periciada devido ao alto preço da energia elétrica



**XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015**

- Fornos desativados da 2ª Empresa periciada devido ao alto preço da energia elétrica



## XVIII COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/MG - 2015

- Fornos desativados da 3ª Empresa periciada devido ao alto preço da energia elétrica

