

# OTIMIZAÇÃO DA MATRIZ ENERGÉTICA DA CIA SIDERÚRGICA BELGO MINEIRA - USINA DE JOÃO MONLEVADE<sup>(1)</sup>

Cláudio de Oliveira Franco Latorre<sup>(2)</sup>

Cristiano Santiago Oliveira<sup>(3)</sup>

Jean de Carvalho Breves<sup>(4)</sup>

Luiz Flávio Mourão Arantes<sup>(5)</sup>

O objetivo do trabalho é a Otimização da Matriz Energética da Cia Siderúrgica Belgo Mineira – Usina de João Monlevade visando à redução dos custos de produção, através da aplicação de metodologia específica, nas áreas de Sinterização, Alto-Forno, Carros Torpedos, Convertedor LD, Forno Panela, Máquina de Lingotamento Contínuo, Fornos de Aquecimento de Tarugos e Utilidades.

Neste contexto, é feita a preparação detalhada dos Fluxogramas de Produção por área, com os balanços de massa e de energia identificados, quantificados e representados nos mesmos, visando à formatação da Matriz Energética – Situação Atual, etapa preparatória para a organização dos dados e identificação das oportunidades de otimização do uso de energéticos. Esta identificação é feita através de análises das particularidades dos processos, em todas as suas fases, relativamente ao uso de energéticos, tendo como foco a determinação dos consumos e dos custos específicos de produção. A partir da identificação destas oportunidades, são feitos os estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira das mesmas, analisando-se e demonstrando-se os seus impactos na Matriz Energética da Usina de João Monlevade e, conseqüentemente, na redução dos custos específicos de produção, visando reunir subsídios que permitam a priorização das ações e a tomada de decisões. Como destaque do trabalho apresenta-se, também, uma importante e completa ferramenta para a gestão dos consumos e dos custos específicos com energéticos da Usina, apoiado na Matriz Energética formatada, permitindo a atualização periódica dos dados e o acompanhamento sistemático dos índices de controle criados, possibilitando aos gestores a adoção de medidas corretivas e preventivas para otimizá-los.

Palavras-chave: Matriz Energética – Eficiência Energética

(1) XXV Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades – 25 a 27 de agosto de 2004 – Florianópolis – SC.

(2) *Engenheiro Mecânico (PUC/MG, 1983), professor de Máquinas Térmicas II e Auditoria Energética (PUC/MG, 1986 a 1992), MBA em Gestão Estratégica pelo CEPEAD – UFMG e Marketing pela Fundação Dom Cabral – PUC-MG, consultor sênior com especialização em Utilização de Insumos Energéticos e Matriz Energética, tendo atuado em empresas de diversos segmentos, Coordenador da Área de Engenharia da EFFICIENTIA SA (Empresa CEMIG).*

(3) *Engenheiro Eletricista (CEFET-MG, 2003), é Engenheiro de Soluções Energéticas contratado da EFFICIENTIA SA (Empresa CEMIG), com atuação em projetos de eficiência energética em empresas de diversos segmentos de mercado.*

(4) *Engenheiro Mecânico (UEMG – 1999), da equipe técnica da Área de Engenharia da EFFICIENTIA SA (Empresa CEMIG), Pós-graduado em Gestão Estratégica de Negócios, com atuação em projetos de eficiência energética em empresas de diversos segmentos de mercado.*

(5) *Engenheiro Eletricista (UFMG-MG, 2004), é Engenheiro de Soluções Energéticas contratado da EFFICIENTIA SA (Empresa CEMIG), com atuação em projetos de eficiência energética em empresas de diversos segmentos de mercado.*

## Introdução

Este trabalho aborda o detalhamento da Matriz Energética da Cia Siderúrgica Belgo Mineira - Usina de João Monlevade, incluindo todas as fontes de energia disponíveis e utilizadas na mesma, além da metodologia empregada para o estudo e a priorização de ações e alternativas para sua otimização, englobando, basicamente, o seguinte:

- ✓ Balanços de Massa;
- ✓ Balanços de Energia;
- ✓ Identificação e Quantificação das Fontes de Energia utilizadas;
- ✓ Identificação e Quantificação das Perdas em Equipamentos e Processos;
- ✓ Definição e Formatação da Matriz Energética da Usina de João Monlevade, incluindo todas as fontes de energia disponíveis;
- ✓ Estabelecimento de Índices de Desempenho de Equipamentos e Processos (Consumos e Custos Específicos) para a situação atual;
- ✓ Determinação das alternativas e dos potenciais de recuperação e/ou minimização das perdas em equipamentos e processos;
- ✓ Orçamento das alternativas, melhorias e sistemas de recuperação e/ou minimização das perdas identificadas e estudadas;
- ✓ Análise econômico-financeira das alternativas identificadas e estudadas;
- ✓ Análise de custo / benefício das alternativas identificadas e estudadas.

Os trabalhos foram conduzidos com base em levantamentos em campo, medições e avaliações por métodos analíticos, abordando todas as fases do processo produtivo, incluindo as áreas da Sinterização, Alto-Forno e Periféricos, Carros Torpedos, Convertedor LD, Forno Panela, Máquina de Lingotamento Contínuo, Laminação e Fornos de Aquecimento de Tarugos e Utilidades (vapor, ar comprimido, etc.). A figura 1 a seguir apresenta o fluxograma básico de produção.

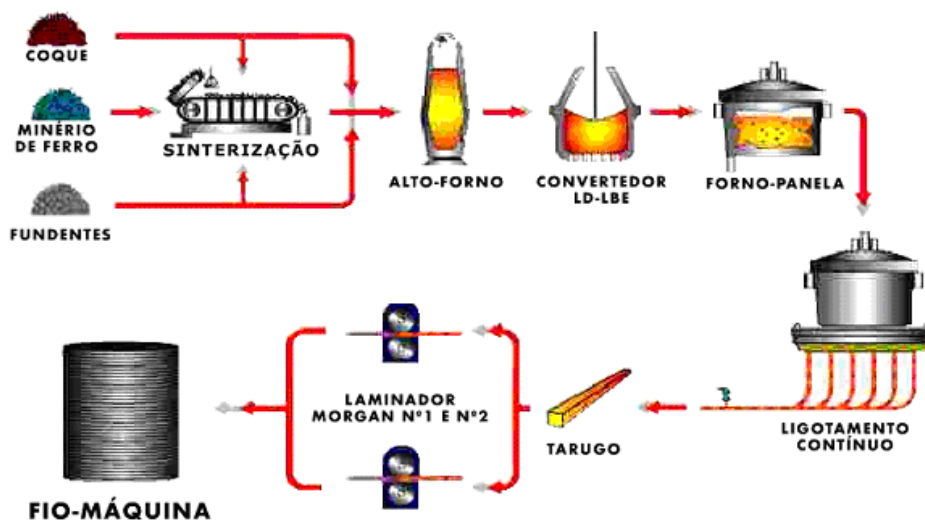


Figura 1 - Fluxograma Básico de Produção – Belgo - Usina de João Monlevade

Para possibilitar a avaliação criteriosa, a Matriz Energética foi construída no formato de diagramas ou fluxogramas / figuras, onde constam os estudos dos usos e fontes de energia em todas as fases do processo industrial, objetivando identificar e priorizar as ações para otimização da mesma e, conseqüentemente, para a redução dos consumos e dos custos específicos de produção.

Para as análises foram utilizados, como referência, os dados consolidados entre os meses de maio a novembro de 2003, período considerado típico e representativo das atividades da Usina. Entretanto, visando possibilitar o acompanhamento sistemático dos índices que retratam o desempenho energético da Usina e o conhecimento detalhado dos consumos e dos custos específicos de produção, a Matriz Energética foi montada de forma a viabilizar a atualização periódica dos dados, representando uma importante ferramenta de gestão das informações.

## **Metodologia**

O conceito de Matriz, na sua própria definição, pode ser considerado bastante amplo e, muitas vezes, genérico. Neste trabalho, entretanto, a Matriz Energética tem foco bem definido, sendo construída a partir de uma grande base de dados composta de todos os energéticos utilizados nos processos (com suas características físico-químicas e seus consumos e demandas correspondentes), das matérias-primas utilizadas (incluindo suas características e composição) e dos volumes de produção, por fase, área ou setor, levando-se em consideração as particularidades inerentes a cada processo produtivo. Neste contexto e apoiados nos balanços de massa e energia, são feitos diversos cruzamentos desta grande base de dados, produzindo-se vários índices e informações balizadoras importantes para o gerenciamento dos custos de produção com energéticos. Estes índices e informações são, então, analisados, avaliados e, algumas vezes, complementados em função das características peculiares de determinados processos, passando-se à fase de priorização das ações e medidas para a otimização da Matriz Energética, com base em análises técnicas e econômico-financeiras das oportunidades identificadas.

A seguir é feita uma abordagem, de forma resumida, da metodologia empregada.

A primeira etapa dos trabalhos é dedicada ao detalhamento de todas as fases dos processos produtivos a serem analisados, por área, objetivando-se, além do conhecimento de suas particularidades, a montagem dos diagramas e fluxogramas representativos dos mesmos. A lógica de montagem destes diagramas e fluxogramas é definida em função das características de cada processo, tendo-se em vista o planejamento dos trabalhos das equipes de profissionais envolvidos, o que significa que a Matriz Energética montada tem caráter exclusivo e particular para cada indústria. Nesta etapa, portanto, relacionam-se todos os equipamentos consumidores de energéticos, que são organizados de forma a retratar fielmente o processo produtivo, sendo os mesmos tratados individualmente ou em grupos, conforme a necessidade e a importância do mesmo na Matriz. Paralelamente, todas as características dos equipamentos e processos são cadastradas e lançadas em planilhas especificamente preparadas para o tratamento e o refinamento dos dados. A partir dos dados levantados é montada a Matriz Energética da Usina, por área, que é apresentada no formato de diagramas ou fluxogramas, com todos os blocos representativos dos equipamentos (ou conjunto de equipamentos) integrados entre si, retratando o processo produtivo. Cada um destes blocos possui um “link” que, quando acionado, remete a novos diagramas com o detalhamento daquele equipamento / processo sob o ponto de vista da utilização de energéticos (balanços de massa e energia), além de todas as informações e índices resultantes dos cruzamentos de dados programados e efetuados na Matriz.

A montagem deste banco de informações e índices, alicerçado em levantamentos de campo e medições, deve ser feita de forma criteriosa, uma vez que se constitui na base de todo o trabalho desenvolvido e influi, decisivamente, na qualidade e na

confiabilidade do mesmo, razão pela qual esta etapa é considerada de fundamental importância.

Formatada a Matriz Energética da Usina de João Monlevade, com todos os fluxos de massa e de energia perfeitamente identificados e quantificados, tem início a segunda etapa dos trabalhos. Primeiramente as informações e índices calculados ou medidos são organizados de forma a indicar, em ordem prioritária de importância, onde devem ser concentradas as análises e avaliações. Especial atenção é dedicada à avaliação dos consumos e custos específicos determinados na etapa anterior, objetivando o estudo de alternativas que levem à otimização do uso das fontes de energia disponíveis e, conseqüentemente, à redução dos custos com energéticos. Como produto principal desta etapa são relacionadas todas as ações estudadas que levem à melhoria da eficiência energética de equipamentos e processos, com a projeção dos custos de implantação e dos resultados prospectivos, permitindo a análise econômico-financeira das alternativas.

Na terceira etapa são projetados os impactos futuros das ações estudadas na Matriz Energética da Usina, detalhadamente por equipamento, processo e área, de forma a subsidiar a tomada de decisões sobre a implementação das mesmas.

Portanto, a metodologia utilizada, aqui descrita de forma resumida, permite a montagem da Matriz Energética de forma clara e didática, possibilitando a visualização dos consumos e dos custos correspondentes com cada um dos energéticos por equipamento e por fase do processo industrial. A Matriz Energética foi construída, também, de forma a permitir a atualização sistemática dos dados, além de simulações diversas, gerando inúmeras informações e índices indispensáveis para a gestão contínua dos custos de produção com energéticos da Usina.

## **Resultados**

As oportunidades de otimização do uso de insumos energéticos são analisadas no trabalho, sendo as mesmas priorizadas em função do seu impacto na Matriz Energética da Belgo – João Monlevade. Por tratar-se de uma Usina que pode ser considerada como referência em termos de eficiência no uso de insumos energéticos e de água dentro do seu segmento, os trabalhos foram concentrados em pontos específicos das instalações, num processo de “garimpagem” que somente tornou-se possível a partir da aplicação da metodologia descrita no item anterior. Com relação à energia elétrica, destacam-se diversas oportunidades de aplicação de conversores de frequência para o controle da velocidade em motores elétricos, especialmente naqueles relacionados com processos de exaustão de áreas, despoejamento e ventiladores, além de bombeamentos diversos. Já com relação à análise de processos e de uso de energia térmica, que envolve a utilização de energéticos como o Gás de Alto Forno (GAF), o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), Coque Metalúrgico e Óleo Combustível, além de gases como o O<sub>2</sub>, o N<sub>2</sub>, entre outros, algumas oportunidades foram diagnosticadas.

Na tabela 1 a seguir são relacionadas algumas das ações avaliadas, com seu impacto potencial na Matriz Energética da Usina, por área. É importante destacar que algumas oportunidades de efficientização energética identificadas, apesar de produzirem resultados bastante significativos, têm sua aplicação limitada por quesitos técnicos exigidos pelos próprios equipamentos ou pelos processos no qual estão inseridos.

Tabela 1 – Ações de eficiência energética avaliadas (energia elétrica)

Área	Descrição da Carga	Consumo Atual (kWh/mês)	Aplicação	Potencial de Economia (kWh/mês)	%
Sinterização	Exaustor sucção Sinter	2.800.600	Conversor*	1.140.300	40,7
	Exaustor Coque Breeze	43.642	Conversor	26.185	60,0
	Despoeir. Sist. 3	108.781	Conversor	65.268	60,0
	Despoeir. Sist. 5	98.389	Conversor	75.000	76,2
	Despoeir. DRC	51.264	Conversor	25.632	50,0
	Compressor Ar 1 - DRC	55.862	Elim. Vazam.	10.055	18,0
Alto-Forno	Despoeir. Carreg. Sinter	30.480	Conversor	19.812	65,0
	Despoeir. Carreg. Coque	110.550	Conversor	82.912	75,0
	Bombas Granulação INBA	62.129	Conversor	11.574	18,6
	Ventiladores TR 03	11.718	Conversor/Autom.	2.930	25,0
	Ventiladores TR 04	9.126	Conversor/Autom.	2.262	24,8
	Ventilad. Resfr. Circ. Sec. 01	37.145	Conversor/Autom.	9.286	25,0
	Ventilad. Resfr. Circ. Sec. 02	35.518	Conversor/Autom.	8.955	25,2
	Ventilad. Torre Resfriam. 1	34.713	Conversor/Autom.	8.678	25,0
	Ventilad. Torre Resfriam. 2	38.029	Conversor/Autom.	9.507	25,0
	Transport. Correia TCPR 01	24.763	Conversor	3.780	15,3
	Transport. Correia TCPR 02	32.649	Conversor	5.670	17,4
MLC	Exaustor de Vapor 1 - Spray	7.296	Desligamento	7.296	100,0
LD	Despoeir. Principal IDF'S 1	751.740	Conversor*	137.700	18,3
DEUT	Bomba BLG1 - ETAL	62.650	Conversor	9.600	15,3
	Bomba BLG2 - ETAL	63.014	Conversor	9.865	15,7
	Bomba Resf. Forno - ETAE	66.556	Conversor	16.639	25,0
	Bomba Alim. FLP'S - ETAE	92.988	Conversor	74.390	80,0
	Bomba Alim. FLP'S - ETAE	72.324	Conversor	57.859	80,0
DLA1	Ventilador de Ar Forno Davy	53.064	Conversor	34.440	64,9
DLA2	Tesoura Pendular	14.593	Conversor/ Deslig.	10.000	68,5

Nos casos destacados com “\*”, deve-se considerar que, por se tratarem de motores com rotor bobinado, alimentados em média tensão (6.600 V), a aplicação do conversor ainda depende de estudos criteriosos junto aos fabricantes dos mesmos. Em relação às análises de processos e da área térmica, de aplicação de outros energéticos, algumas oportunidades de melhoria podem ser destacadas, tais como a utilização de turbina de topo no Alto-Forno para geração de energia elétrica. No caso da Máquina de Sinter (Sinterização), pela própria característica do processo, que tem uma esteira longa e com uma grande área aberta em contato com a atmosfera, o montante das perdas térmicas é bastante expressivo, correspondendo a mais da metade do calor gerado pela queima dos energéticos utilizados (GAF, GLP e Coque). O isolamento parcial do leito fluidizado pode levar à redução significativa destas perdas e, portanto, do consumo destes energéticos. Entretanto a avaliação deve levar em conta o aumento dos gastos com o resfriamento do sinter na etapa seguinte, que pode inviabilizar a medida. Outra ação importante, também relacionada com este equipamento, refere-se ao isolamento térmico do duto dos gases de exaustão da máquina de sinter, trazendo como benefícios, além do aumento da vida útil do precipitador, a economia de energia elétrica no motor do exaustor, em função da redução da densidade destes gases.

Além dos impactos diretos na Matriz Energética da Usina, em função do potencial de implementação de diversas ações de eficiência, outros resultados proporcionados pelo trabalho, de igual importância, estão relacionados à melhoria da gestão dos custos de produção com energéticos, fruto da aplicação da metodologia desenvolvida para criação e acompanhamento dos índices de desempenho.

## Discussão

O trabalho realizado, que inclui a formatação de um grande banco de informações e de índices de desempenho relativos ao uso de energéticos em todas as áreas da Usina, detalhadamente por equipamento (de forma individual ou em grupo), permite o gerenciamento dos custos de produção com estes insumos de maneira diferenciada. Em função da amplitude do mesmo, apresenta-se, como exemplo, apenas algumas das telas referentes à Matriz Energética da Sinterização. Esta mesma configuração é adotada para os demais setores da Usina.

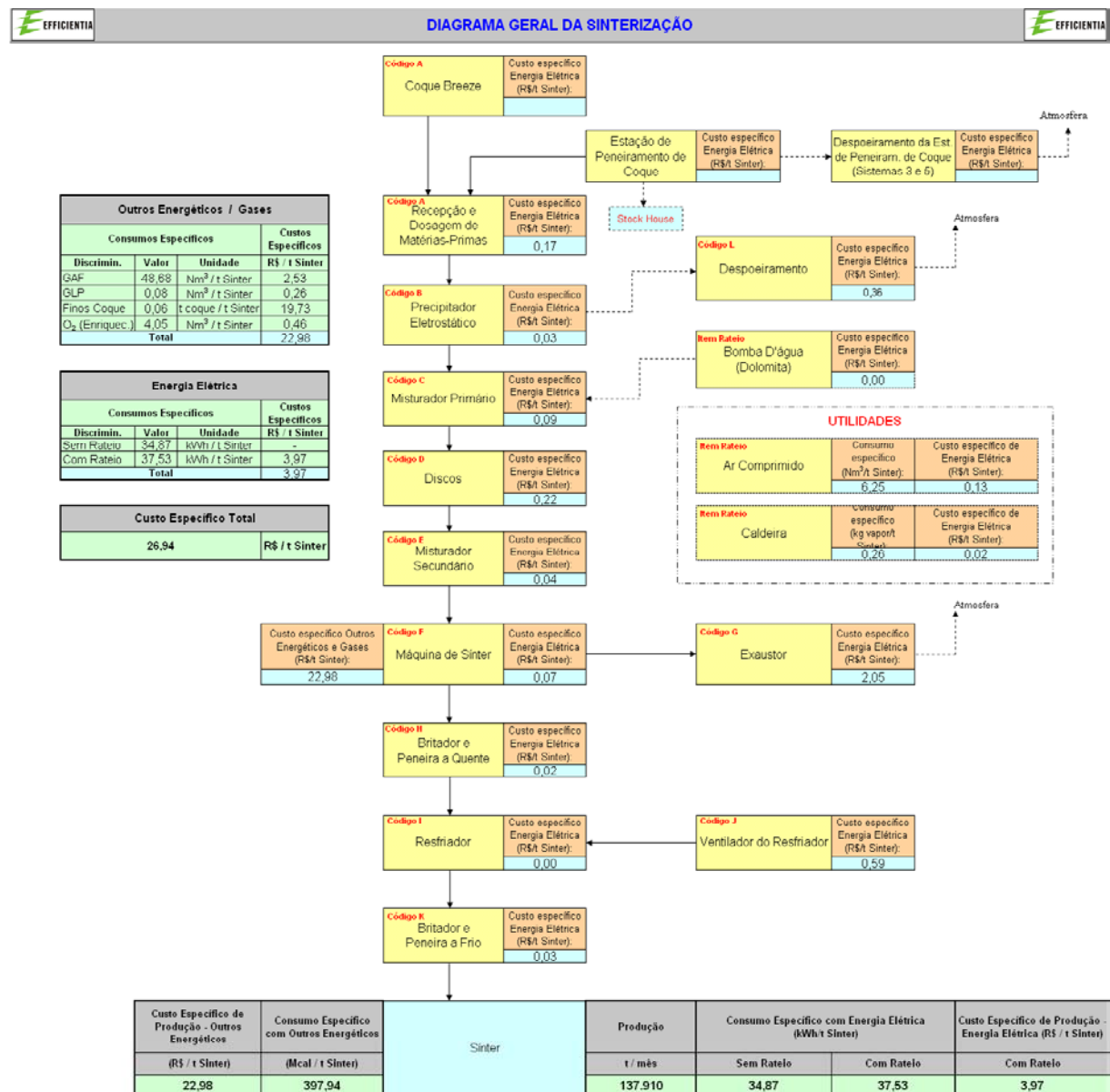


Figura 2 – Diagrama Geral da Sinterização

A forma de construção do Diagrama Geral da Sinterização, apresentado na figura 2 anterior, é feita obedecendo-se a diversos critérios específicos e particulares da planta da Usina, o que possibilita a organização e o tratamento dos dados de acordo com o planejamento dos trabalhos. Cada bloco do Diagrama corresponde a um equipamento (ou a um grupo de equipamentos) ou a uma área do setor da sinterização, que é analisado, sob o ponto de vista do uso de energéticos, de forma individual, consideradas suas especificidades. Esta análise é feita em diversas planilhas e diagramas de apoio, nos quais todos os dados são inseridos e trabalhados para que se transformem em informações e índices gerenciáveis. Reportando-se ao Diagrama Geral da figura 2 e para ilustrar o exposto, considere-se a figura 3 a seguir. Ela apresenta uma das telas do sistema, referente à Máquina de Sinter, que pode ser acessada através de um “link” colocado no Diagrama Geral.

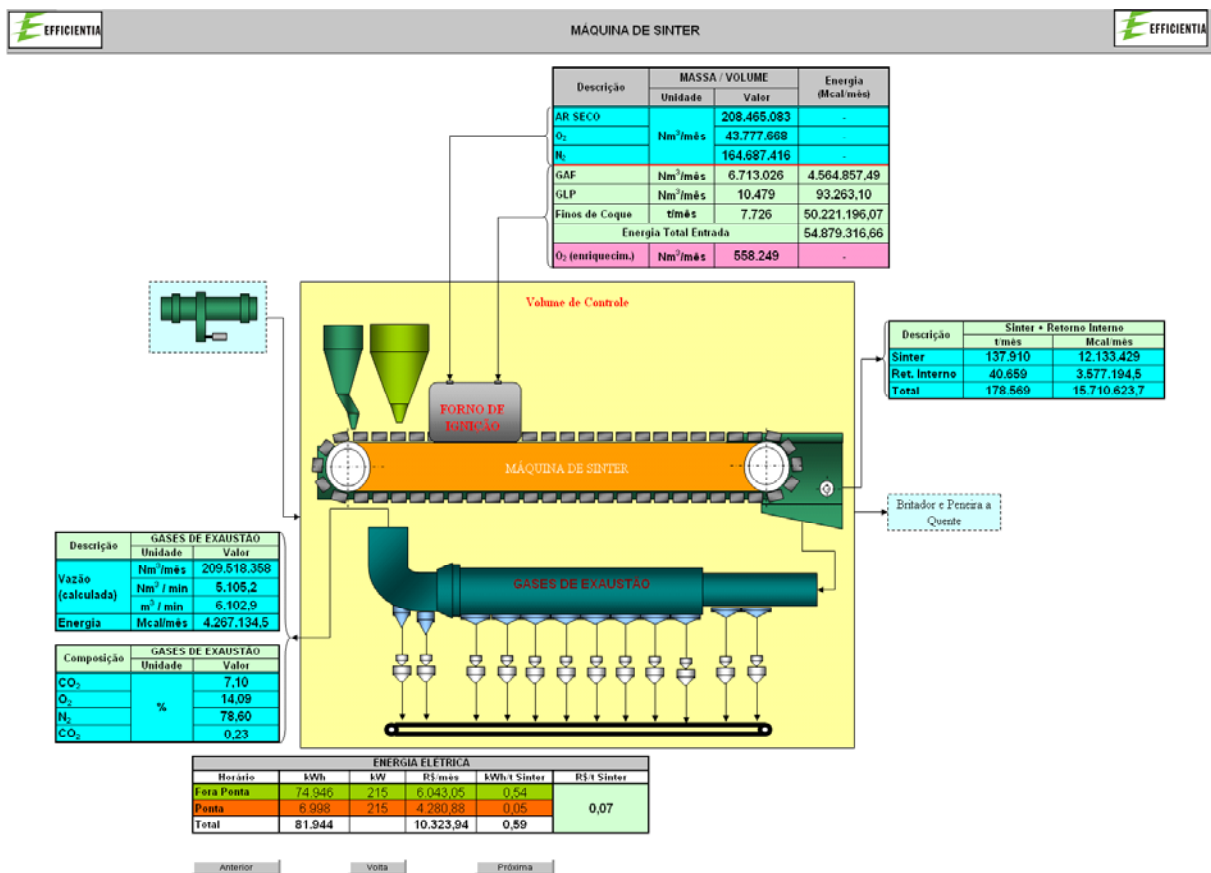


Figura 3 – Diagrama – Máquina de Sinter

Através deste diagrama pode-se visualizar algumas das informações e índices criados a partir do cruzamento de dados da Matriz Energética da Usina, incluindo todas as variáveis que podem influenciar a eficiência do processo e, conseqüentemente, os custos de produção. Nesta figura pode-se visualizar, por exemplo, os energéticos utilizados na Máquina de Sinter (GAF, GLP e Finos de Coque), a vazão de ar de combustão e a vazão de oxigênio para enriquecimento da chama, além da energia produzida na queima. Por outro lado têm-se todas as informações referentes aos gases de exaustão (composição química, vazão e energia contida nos mesmos) e à energia elétrica consumida no processo, além daquelas referentes à produção de Sinter. Todas estas informações estão agregadas aos balanços de massa e de energia da Sinterização, sendo os principais

índices transportados para o Diagrama Geral, conforme mostrado na figura 2. Este tipo de abordagem da Matriz Energética possibilita o acompanhamento periódico do desempenho energético específico de cada equipamento, formando uma importante base de informações (histórico) que permite o estabelecimento de “bench-marks” para os diversos processos da Usina (por equipamento, inclusive). Ainda com base no exemplo mostrado, referente à Sinterização, o tratamento dos dados permite, ainda, a priorização das análises e avaliações de acordo com a importância do equipamento no processo, conforme ilustrado na figura 4 a seguir, referente à energia elétrica.

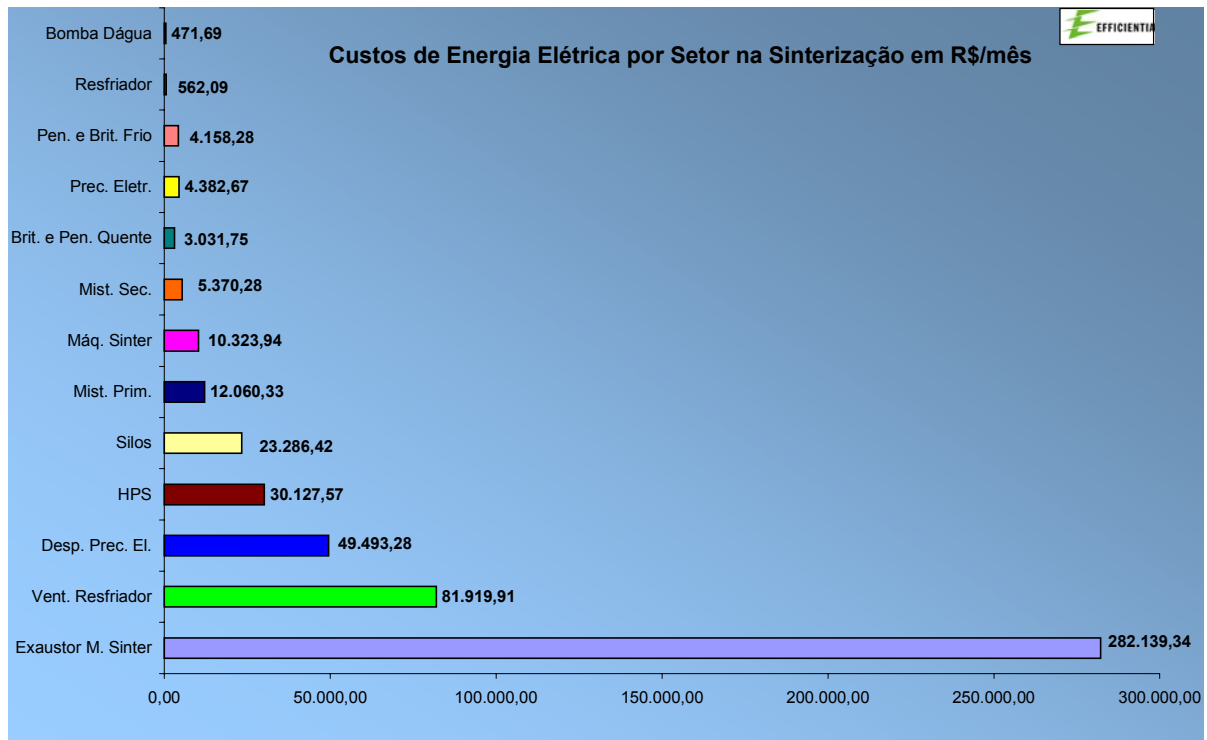


Figura 4 – Custos com energia por equipamento / processo - Sinterização

Com base nas informações mostradas na figura 4 pode-se concluir que as primeiras avaliações e intervenções devem ser dirigidas ao Exaustor da Máquina de Sinter, ao Ventilador do Resfriador e ao Despoeiramento do Precipitador Eletrostático, nesta ordem, que juntos representam mais de 80% dos custos com energia elétrica da Sinterização. Abordagem semelhante é adotada em termos dos outros energéticos. A título de informação, a Matriz Energética da Sinterização, aqui representada por algumas figuras, é constituída por mais de 35 telas com planilhas, tabelas, diagramas e desenhos ilustrativos, que trazem toda a base de dados, as interpretações e memórias de cálculo correspondentes.

Esta metodologia, utilizando-se as mesmas formas de apresentação e navegação, é utilizada para a construção da Matriz Energética das demais áreas da Usina, produzindo-se índices específicos utilizados para o gerenciamento sistemático dos custos de produção. Os índices criados são sempre comparados com aqueles divulgados por outras empresas do segmento, com processos de produção similares, de forma a produzir referências para o gerenciamento dos custos com energéticos, nas várias fases do processo produtivo.



## **Conclusão**

Neste trabalho apresentou-se, de forma bastante resumida, a formatação da Matriz Energética da Cia Siderúrgica Belgo Mineira – Usina de João Monlevade, além de alguns resultados produzidos a partir de avaliações da mesma. A metodologia desenvolvida permite o estabelecimento de diversas informações e índices de desempenho por equipamento, processo ou área, mostrados de forma clara e didática, criando uma poderosa ferramenta de gestão dos custos específicos de produção com energéticos. Entretanto, o que se tem verificado em indústrias deste e de outros segmentos é o acompanhamento de índices gerais que retratam, muitas vezes, apenas os consumos ou custos específicos de energia da empresa como um todo e, em alguns casos, de alguns setores determinados, mas sempre numa visão “macro”. Esta forma de acompanhamento, no entanto, não permite determinar, com precisão, alterações importantes que ocorrem, muitas vezes, em um determinado equipamento de um setor em particular e que geram impactos importantes diretamente nos custos de produção da indústria. A abordagem da Matriz Energética, da forma como comentado neste trabalho, tem o diferencial de possibilitar a obtenção destes índices com o detalhamento necessário que se pretende, partindo de uma visão geral da Usina e descendo até o nível de um equipamento ou processo específico. Neste contexto, o gerenciamento dos custos específicos com energéticos torna-se muito mais preciso, permitindo a adoção de ações preventivas ou corretivas bem direcionadas, maximizando os resultados em termos de otimização da Matriz Energética.

## **Abstract**

His work aims at the Optimization of Cia Siderúrgica Belgo Mineira’s Energy Matrix – João Monlevade’s Plant – in order to reduce production costs by using specific methodologies in all areas.

In this case, the Production Flow Sheets are carefully prepared for each area, containing mass and energy balances duly identified, quantified and clearly displayed in order to format the Energy Matrix, Current Situation, and preparatory phase for data organization as well as identification of opportunities to optimize the use of energy sources. This identification is made by the analyzing the particularities of the processes in all its phases relatively to the use of energy sources focusing on the determination of consumption and specific production costs. After the identification of these opportunities, technical and economic-financial studies are conducted in order to asses their viability by analyzing and showing their impact on João Monlevade’s Plant’s Energy Matrix and consequently on specific production costs. This aims to gather subsidies which allow the prioritization of actions and decision making. It is worth highlighting that this work is also an outstanding as well as complete tool for consumption management and specific costs of the Plant’s energy sources based on the formatted Energy Matrix. This makes periodic data update possible as well as systematic follow-up of control indexes generated, which allows managers to adopt corrective/preventive measures in order to optimize these indexes.

Key words: Energy Matrix – Energy Efficiency.