



Metodologia de Análise da Penetração do Gás
Natural na Matriz Energética da Vale: O Estudo
de Caso da Pelotização

Larissa Pinheiro Pupo Nogueira

Monografia em Engenharia Química

Orientadores:

Prof. Luis Eduardo Duque Dutra, DSc.

Ricardo Gorini de Oliveira, DSc.

Abril de 2009

METODOLOGIA DE ANÁLISE DA PENETRAÇÃO DO GÁS NATURAL NA MATRIZ ENERGÉTICA DA VALE: O ESTUDO DE CASO DA PELOTIZAÇÃO

Larissa Pinheiro Pupo Nogueira

Monografia em Engenharia Química, submetida ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenharia Química.

Aprovado por:

Prof. Adelaide Maria S. Antunes, DSc.

Prof. Flávia Chaves Alves, DSc.

Prof. Luiz Antonio d'Avila, DSc.

Ricardo Gorini de Oliveira, DSc.

Orientado por:

Prof. Luis Eduardo Duque Dutra, DSc.

Ricardo Gorini de Oliveira, DSc.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Abril de 2009

Ficha Catalográfica

Nogueira, Larissa Pinheiro Pupo.

Metodologia de Análise da Penetração do Gás Natural na Matriz Energética da VALE: O Estudo de Caso da Pelotização/ Larissa Pinheiro Pupo Nogueira. Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2009.

vii, 66 p.; il.

(Monografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2009.

Orientadores: Luis Eduardo Duque Dutra e Ricardo Gorini de Oliveira.

1. Vale. 2. Matriz Energética. 3. Gás Natural. 4. Monografia. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Luis Eduardo Duque Dutra. 6. Ricardo Gorini de Oliveira. I. Título.

*Aos meus pais,
aos meus exemplos...*

*“Seja lá o que você possa fazer, ou sonhe que pode, comece.
A ousadia tem genialidade, poder e magia dentro de si.”*

Goethe

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus orientadores, professor Luis Eduardo Duque Dutra, pelo interesse em participar desse trabalho, e Ricardo Gorini, pelo entusiasmo em levar a revisão da matriz energética da Vale para o âmbito acadêmico e por ter confiado no meu potencial, incentivando-me a participar desse projeto.

Ao Departamento de Energia da Vale, em especial à Gerência de Mercado de Gás Natural, pelo apoio durante toda a elaboração desse trabalho, durante e após o meu período de estágio na Vale.

À minha mãe, Angela, pelo apoio incondicional e por nunca ter medido esforços para me ver feliz e bem sucedida.

Ao meu pai, Reginaldo, pelo incentivo em todos os momentos e por ser o meu grande exemplo de força de vontade, dedicação e inteligência.

Ao meu irmão, Victor, por cumprir o seu papel de irmão mais velho dividindo comigo suas experiências e opiniões.

Ao meu namorado, Diogo, pelo companheirismo nos momentos bons e ruins desses três anos e meio de convivência e por ter encarado as crises de stress e ansiedade da melhor forma possível.

À minha família e aos meus amigos, que me transformaram em quem eu sou hoje.

E, finalmente, a Deus, por ter me iluminado em todo o meu caminho até aqui.

Resumo da Monografia apresentada à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para a conclusão do curso de Engenharia Química.

METODOLOGIA DE ANÁLISE DA PENETRAÇÃO DO GÁS NATURAL NA MATRIZ ENERGÉTICA DA VALE: O ESTUDO DE CASO DA PELOTIZAÇÃO

Larissa Pinheiro Pupo Nogueira (larissappn@yahoo.com.br)

Abril/2008

Orientador Responsável: Prof. Luis Eduardo Duque Dutra, DSc.

Co-orientador: Ricardo Gorini de Oliveira, DSc.

A Vale é uma das maiores empresas do Brasil e cada vez mais tem se posicionado como uma mineradora de caráter global. Por possuir portfólio diversificado e operações intensivas em energia, têm investido cada vez mais em projetos de geração de energia para abastecer suas plantas e, mais recentemente, ciente das vantagens atreladas ao consumo de gás natural, adquiriu blocos de exploração visando o auto-suprimento.

Dada a representatividade que o consumo de energéticos possui nos custos operacionais de empresas de grande porte como a Vale e o leque de opções energéticas disponíveis no Brasil e no mundo, uma ação de planejamento adequada capaz de analisar, de forma integrada, a efetiva disponibilidade e a utilização competitiva, em termos técnicos, econômicos e de mercado, das variadas fontes de energia e caminhos tecnológicos disponíveis, de forma a otimizar a eficiência energética dos processos sem incrementar os custos, se faz fundamental.

O presente trabalho propõe uma nova metodologia para a revisão da matriz energética de uma empresa de caráter industrial, capaz de estruturar e agregar os fluxos energéticos existentes, bem como analisar a competitividade das alternativas de substituição entre energéticos. A fim de ilustrar a aplicação prática do método, foi realizado um estudo de caso do processo de pelletização de minério de ferro de forma a avaliar o potencial de inserção de gás natural como insumo energético nessa operação.

ÍNDICE

1. Introdução	1
1.1. A Importância do Planejamento Energético Corporativo	1
1.2. Informações Gerais Sobre a Vale	2
1.2.1. A História da Vale	5
1.2.2. A Vale e o Negócio em Energia e Gás Natural	9
Investimentos no Setor de Energia	9
Investimentos na Exploração e Produção de Gás Natural	10
1.2.3. Objetivo do Trabalho	12
2. Diagnóstico Energético	13
2.1. Definição	13
2.2. O Balanço Energético	14
2.3. Indicadores	17
2.4. Descrição da Metodologia	19
2.4.1. Estruturação do Balanço Energético	19
2.4.2. Análise da Competitividade	22
3. Estudo de Caso na Pelotização	30
3.1. O Negócio de Pelotização na Vale	31
3.2. Levantamento de Informações	34
3.3. Exemplificação do Método	37
3.3.1. Avaliação do Potencial Técnico	38
3.3.2. Avaliação do Potencial Econômico	44
3.3.3. Avaliação do Potencial de Mercado	48
3.3.4. A Matriz Balanço Energético para a Usina X	52
3.3.5. Conclusões Sobre o Diagnóstico Energético da Usina X	59
4. Considerações Finais	61
5. Referências Bibliográficas	65

Capítulo 1

Introdução

1.1. A Importância do Planejamento Energético Corporativo

O planejamento energético envolve o conhecimento de variáveis de alta complexidade, vinculada à dinâmica específica do setor de energia e ao contexto econômico geral. Por isso, uma ação de planejamento exige um estudo sistemático e contínuo e requer pronto acesso a conjunto de conhecimentos e informações especializadas, que permitam realizar avaliações sistemáticas do comportamento das variáveis que integram a matriz energética. A questão do abastecimento de energia adequado é foco do interesse da sociedade, do setor privado e do poder público, além de ter um forte apelo tecnológico, o que também envolve aspectos de pesquisa e desenvolvimento. [1]

A evolução do consumo de energia, as dificuldades crescentes para se atender ao crescimento desse consumo, o custo crescente das alternativas de suprimento, o impacto negativo no meio ambiente que novas plantas de oferta de energia causam e a necessidade de empresas inserirem-se em um mundo globalizado e competitivo, que requer reduções de custo, justificam a elaboração de uma metodologia adequada que guie a gestão energética no ambiente corporativo da melhor forma possível.

A implantação de um programa de gestão energética adequado é o primeiro passo para a redução de custos com energia em uma empresa e deve ocorrer de forma integrada e estruturada, de maneira que não perca o seu efeito e que seus resultados se mantenham ao longo do tempo.

O programa de gestão energética visa aperfeiçoar a utilização de energia por meio de orientações, direcionamento, propostas de ações e controles sobre os recursos humanos, materiais e econômicos. Objetiva-se reduzir os índices globais e específicos da energia necessária à obtenção do mesmo resultado ou produto.

Em muitas empresas, no entanto, a preocupação com o planejamento e gestão de energia é de caráter pontual e descontínuo, tornando-a responsabilidade de escalões

inferiores e, por esse motivo, muito esforço já foi realizado no sentido de conscientizar cada vez mais os seus diretores e todos os seus níveis hierárquicos que o tema “gestão energética” merece atenção. [2]

A gestão energética de uma instalação ou de um grupo de instalações compreende medidas como o conhecimento das informações sobre fluxos de energia, regras, contratos e ações que afetam esses fluxos, conhecimento dos processos e atividades que usam energia e geram um produto ou serviço mensurável e das possibilidades de economia de energia.

Além disso, é importante monitorar índices de controle, como o consumo de energia (absoluto ou específico), custos específicos, preços médios, valores contratados e fatores de utilização dos equipamentos. O levantamento de informações deve ocorrer não só no sentido de acompanhar, mas também de indicar correções e propor alterações no sentido de nortear melhorias nesse acompanhamento.

Sendo assim, fica claro que a elaboração de um plano de gestão energética em um ambiente corporativo é de extrema importância na conjuntura atual nacional e global e que trata-se de um exercício complexo e pouco trivial, sendo necessária a adoção de uma metodologia adequada, capaz de considerar o contexto interno da empresa, bem como o contexto político, econômico, social e ambiental vigente.

1.2. Informações Gerais Sobre a Vale

A Vale é a segunda empresa de mineração e metais do mundo e a maior das Américas, baseado na capitalização de mercado. É a maior produtora mundial de minério de ferro e pelotas, a segunda maior produtora global de níquel e caulim e um dos maiores produtores de manganês e ferro ligas. Também produz, bauxita, alumínio, alumina, cobre, carvão, cobalto, metais preciosos, potássio e outros produtos. Para sustentar a sua estratégia de crescimento, a empresa participa ativamente da exploração mineral em 21 países no mundo inteiro. A Vale opera um grande sistema de logística no Brasil, incluindo ferrovias, terminais e um porto marítimo, integrado às suas operações de mineração. Diretamente e por intermédio de afiliadas e de *joint ventures*, possui importantes investimentos nos setores de energia e de aço. [3]

A tabela a seguir apresenta a composição de receitas brutas totais de cada uma das linhas de negócio:

	Exercício finalizado em 31 de dezembro			
	2005	2006	2006 (1)	2007
Minerais ferrosos				
Minério de ferro	53,2	49,2	39,0	36,0
Pelotas	13,5	9,7	7,7	8,3
Manganês	0,5	0,3	0,2	0,2
Ferro ligas	3,7	3,5	2,0	2,1
Subtotal	71,0%	63,7%	48,9%	46,6%
Minerais não ferrosos				
Níquel (2)	-	11,6	25,6	30,3
Alumínio e produtos relacionados	10,5	11,7	9,2	8,2
Culma	2,0	3,3	7,0	6,0
PGM (2)	-	0,1	1,0	1,0
Outros minerais processados (2)	-	0,1	0,7	0,3
Outros minerais não ferrosos	2,1	1,8	1,0	1,7
Subtotal	15,1%	31,0%	44,5%	47,5%
Correção	-	-	-	0,5%
Logística	5,1%	0,8%	0,4%	1,9%
Outros investimentos	0,2%	0,2%	0,4%	0,3%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

(1) Incluienda a receita bruta da Vale Inco em 2006, antes da aquisição.

(2) A receita inclui o aquecimento de peróxido de níquel em novas demonstrações financeiras consolidadas.

Tabela 1: Receitas totais (%) da Vale por unidade de negócio.[3]

O posicionamento da empresa e a diversidade dos campos de atuação no setor mineral particularmente podem ser constatados em seguida, onde, por mineral, são detalhadas as principais atividades da empresa.

- *Minério de ferro, pelotas, manganês e ferro ligas:* a Vale opera três sistemas no Brasil para a produção e distribuição de minério de ferro. Os sistemas Norte e Sudeste estão plenamente integrados e consistem de minas, ferrovias, terminais marítimos e instalações portuárias. O Sistema Sul consiste de minas da subsidiária MBR, as minas Oeste e os terminais marítimos da ilha de Guaíba e Itaguaí. No Brasil, opera nove instalações de produção de pelotas, cinco das quais são *joint ventures*. A empresa também possui participação de 50% em uma *joint venture* que possui duas usinas de pelotização no Brasil e uma participação de 25% em uma companhia de pelotas na China. A Vale realiza suas operações de cobre no Brasil no nível da empresa controladora e por intermédio de sua subsidiária Urucum. Produz vários tipos de ferro ligas de manganês por intermédio de suas subsidiárias no Brasil, França e Noruega.
- *Níquel:* as principais operações de processamento e de minas de níquel da Vale são realizadas pela sua subsidiária Vale Inco, que possui operações no Canadá e

na Indonésia. A empresa opera ou tem participação em refinarias de níquel no Reino Unido, Japão, Taiwan, Coréia do Sul e China.

- *Alumínio*: a Vale realiza operações de mineração bauxita, refino de alumina e fundição de alumínio. No Brasil, é proprietária de uma mina de bauxita e de uma refinaria de alumina, que estão, atualmente, em expansão. Também possui duas usinas de alumínio no país. Tem participação de 40% na Mineração Rio do Norte S.A. (MRN), produtora de bauxita, com operações também localizadas no Brasil.
- *Cobre*: a empresa possui operações de mineração de cobre no Brasil e no Canadá. No Brasil, a Vale produz concentrados de cobre em Sossego, Carajás, no estado do Pará. No Canadá, produz concentrado de cobre, anodo e catodo associado às suas operações de exploração de níquel em Sudbury e Voisey's Bay.
- *PGM (Metais do Grupo da Platina)*: a Vale produz metais do grupo da platina como subprodutos das operações de mineração e processamento de níquel no Canadá. Os PGM's estão concentrados nas suas instalações de Port Colborne, Ontário (Canadá) e são refinados na refinaria de metais preciosos em Acton, Inglaterra.
- *Outros metais preciosos*: produz ouro e prata como subprodutos de operações de mineração e processamento de níquel no Canadá. Alguns desses metais preciosos são aperfeiçoados nas instalações de Port Colborne, Ontário e refinados por terceiros no Canadá.
- *Outros minerais não ferrosos*: a Vale é a segunda maior produtora de caulim para a indústria de papel e a única produtora de potássio no Brasil. Produz cobalto como subproduto das operações de mineração e processamento no Canadá, refinado em Port Colborne.
- *Carvão*: em abril de 2007, a empresa adquiriu participação de 100% da AMCI Holdings Australia Pty, cujo nome foi oficialmente alterado para Vale Australia Holdings ("Vale Austrália"). A Vale Austrália opera ativos de carvão na Austrália a partir de suas subsidiárias e *joint ventures* não incorporadas. Também possui participações minoritárias em produção de coque metalúrgico e operações de carvão na China.

- *Logística:* a Vale é líder em fornecimento de serviços de logística no Brasil, com ferrovias e operações portuárias. Dois dos três sistemas de minério de ferro incorporam uma rede ferroviária integrada a um porto automatizado e terminais, que fornecem transporte ferroviário para produtos de mineração, carga geral e passageiros, armazenamento nos terminais, serviços de carregamento de navios para operações de mineração e para terceiros. Também possui 31,3% de participação na Log-In Logística Intermodal S.A., (Log-In), que presta serviços de logística de contêineres.
- *Outros investimentos:* a Vale tem investimentos em duas empresas siderúrgicas e em três *joint ventures* de produção de placas de aço no Brasil. Também possui participação em projetos de geração de energia

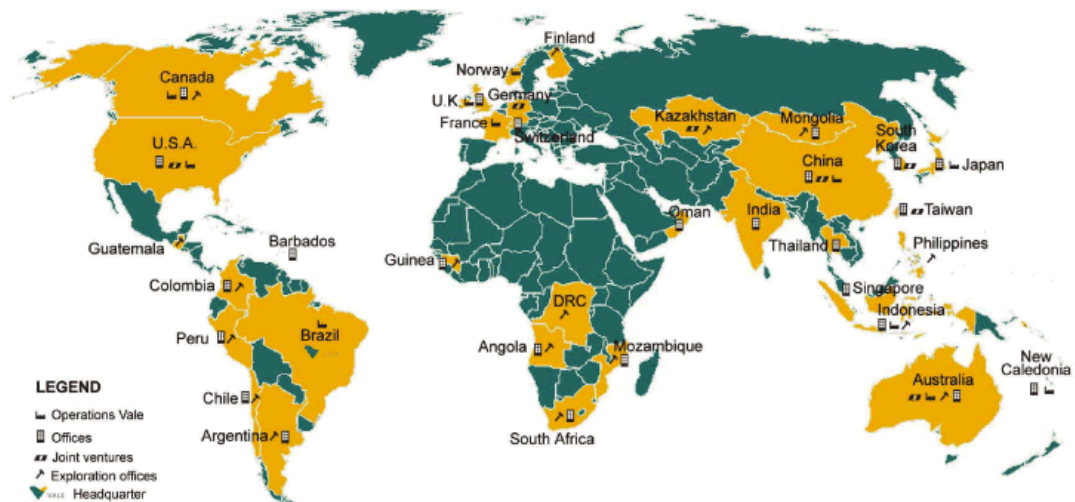


Figura 1: Mapa de países onde a Vale está presente. [3]

Com todas as atividades descritas, trata-se, portanto, de uma empresa de referência, entre as maiores em seu setor, entre as maiores do país, e entre as poucas empresas do Brasil com atuação verdadeiramente internacional.

1.2.1. A História da Vale

A Vale nasceu em 1º de junho de 1942 pelo Decreto-Lei no 4.352, criada pelo governo brasileiro como Companhia Vale do Rio Doce em decorrência dos Acordos de Washington. A empresa era uma sociedade anônima de economia mista, encampando a Companhia Brasileira de Mineração e Siderurgia, a

Companhia Itabira de Mineração, ambas controladas pelo empresário Percival Farquhar¹, e a Estrada de Ferro Vitória a Minas.

Em 1949, a Vale já era responsável por 80% das exportações brasileiras de minério de ferro e, em 1952, o Governo brasileiro assumiu o controle definitivo das suas operações.

Em 1960, foi criada a Companhia Siderúrgica Vatu, primeira subsidiária da Vale para o beneficiamento de minérios, fabricação e comercialização de ferro-esponja e, em 1962, a Vale já assinava contratos de longo prazo com siderúrgicas japonesas e usinas alemãs e criava a subsidiária Vale do Rio Doce Navegação S.A. (Docenave). Em 1966, foi inaugurado o Porto de Tubarão, em Vitória (ES), hoje o maior porto de exportação de minério de ferro do mundo.

Ainda na década de 1960, foi constatada a ocorrência de minério de ferro em Carajás, no Pará, e, junto com a US Steel Co., a Vale se tornou sócia majoritária do empreendimento. Concomitantemente, foi inaugurada a primeira usina pelotizadora da empresa em Tubarão (ES), com capacidade para a produção de 2 milhões de toneladas de pelotas de minério de ferro por ano. [4] Esta década, portanto, firmou a Vale ainda mais na posição de produtora, beneficiadora e exportadora global de minério de ferro.

O início da década de 1970 foi marcada pela fundação da Rio Doce Geologia e Mineração S.A. (Docegeo), subsidiária integral da Vale com o objetivo de realizar pesquisas e lavra de minério. Além disso, pelo convênio firmado com a Alcan Aluminium Ltd., do Canadá, para um projeto de exploração de bauxita na região do rio Trombetas. Em 1974, a Vale se tornou a maior exportadora de minério de ferro do mundo, sendo detentora de 16% do mercado transoceânico do minério.

¹ Entre 1905 e 1918, o americano Percival Farquhar foi o maior investidor privado do Brasil, canalizando para o país uma série de recursos vindos da Europa e dos Estados Unidos para empreendimentos em transporte, energia, comunicações, fazenda, frigoríficos, entre outros. Seu ambicioso projeto de extrair minério de ferro da região Itabira e instalar uma siderúrgica integrada iniciou-se em 1919. [18]

Em relação ao projeto Carajás, ainda nessa década o Decreto número 77.608 outorgou à Vale a concessão para a construção, uso e exploração da estrada de ferro entre Carajás, no Pará, e São Luís, no Maranhão. O início da construção da estrada de ferro se deu em 1978 e, em 1979, houve a implementação efetiva do Projeto, na época adotado como principal meta estratégica da Vale: a idéia era, a partir de 1982, iniciar a exportação do minério de ferro pelo Porto de Itaqui, no Maranhão. A aprovação por parte do Governo Federal se deu em 1980.

Em 1981, com o início das operações da Valesul S.A., no Rio de Janeiro, a Vale ingressa no segmento de alumínio, contribuindo para reduzir as importações brasileiras do metal. A inauguração do Projeto Ferro Carajás, incluindo a entrega da EFC (Estrada de Ferro Carajás), prevista para 1982, na verdade ocorreu em 1985. A capacidade produtiva da empresa aumentou significativamente e foi, então, estruturada em dois sistemas logísticos distintos (Norte e Sul).

Em 1986, foi iniciada a operação do Terminal Portuário de Ponta da Madeira, em São Luís e, em 1989, a Vale elabora o Plano Estratégico 1989-2000, conduzindo a empresa para a internacionalização de suas atividades.

Em 1992, a empresa foi pioneira na elaboração de Projeto de Desenvolvimento Sustentável no Brasil, o Projeto Pólos Florestais, na Conferência ECO 92, no Rio de Janeiro. Entretanto, o fato mais marcante dessa década certamente foi a inclusão da empresa no Programa Nacional de Desestatização pelo Decreto no 1.510, assinado pelo então presidente da República, Fernando Henrique Cardoso. [4]

Em 1997, a Vale foi privatizada em leilão realizado na Bolsa de Valores do Rio de Janeiro. O Consórcio Brasil arrematou 41,73% das ações ordinárias da empresa por R\$3.338 milhões em moeda corrente. A privatização gerou muita controvérsia por não ter considerado o valor potencial das reservas de minério de ferro em posse da companhia na época, sendo a valoração da empresa realizada pelo critério de fluxo de caixa existente à época, descontado. Dois anos depois, a Vale obteve o maior lucro de sua história até aquele momento: R\$ 1,251 bilhão.

Grande polêmica foi gerada em decorrência da privatização da Vale na época. Um argumento muito utilizado contra a privatização era o de que a empresa era agente de desenvolvimento econômico, social e cultural nas regiões em que atuava direta ou indiretamente, e que, se privatizada, deixaria de sê-lo. [5]

Em 2001, a Vale iniciou suas atividades no setor de energia, ao entrar no consórcio para construir e operar duas usinas hidrelétricas em Minas Gerais: Capim Branco I e II. Ainda no início do século XXI, a Vale inaugurou oficialmente a Usina de Pelotização de São Luís, no Maranhão e ingressou no negócio de cobre através da mina de Sossego, a primeira mina desse metal no Brasil. Espera-se que, em 2010, os projetos de cobre da Vale já estejam produzindo 650 mil toneladas anuais. Nesse mesmo período, a Vale iniciou a incorporação das ações da Caemi Mineração e Metalurgia S. A., adquirindo inicialmente 50% delas e posteriormente o restante.

Em 2006, a empresa inaugurou mais uma usina hidrelétrica, a de Aimorés, passou a deter 100% do capital total da Valesul Alumínio S. A. e inaugurou também o Projeto Brucutu, maior complexo mina/usina do mundo em capacidade inicial de produção de minério de ferro, localizado em Minas Gerais. No entanto, a transação da empresa mais importante nesse ano foi a aquisição da mineradora INCO, uma das principais produtoras de níquel no mundo. No ano seguinte, a Vale celebrou contrato de compra e venda para a aquisição da Australiana AMCI Holdings Australia Pty, que operava e controlava ativos de carvão² através de *joint ventures*, corroborando a estratégia da Vale de diversificar seu portfólio de produtos e tornar-se uma empresa global. [6]

Durante a presente década, a Vale também realizou altos investimentos em logística através de parceria com a Mitsui, empresa japonesa da área de logística, para negócio de transporte intermodal; através de expansão e melhorias de sua infra-estrutura e aquisição de 5.414 vagões e 125 locomotivas para utilização na Estrada de Ferro Carajás, na Estrada de Ferro Vitória a Minas e Ferrovia Centro-

² Ainda em relação à entrada da Vale no negócio de carvão, em 2007 a empresa obteve aprovação por parte do Governo de Moçambique para a exploração da mina de Moatize, na Província de Tete, no noroeste do país. [6]

Atlântica; através da inauguração, em conjunto com a Centronorte Logística Integrada, do Terminal Rodoferroviário de Cargas de Colatina, no Espírito Santo; e através da assinatura de contrato de frete de 25 anos com a Bergesen Worldwide (B.W. Bulk), que prevê a construção dos quatro maiores navios graneleiros do mundo, cada um com capacidade de 388 mil toneladas. [6] A importância estratégica do transporte para a realização do valor dos minérios e derivados justifica os investimentos neste tipo de ativo ao longo de toda a história da empresa.

1.2.2. A Vale e o Negócio em Energia e Gás Natural

A Vale é uma empresa mineradora, de dimensão global e integrada. É natural, portanto, que a gestão e o fornecimento eficaz de energia sejam prioridades. Como grande consumidora de energia, investir em projetos de geração de energia para atender às suas próprias operações protege contra a volatilidade dos preços da energia elétrica, das incertezas regulatórias e dos riscos de escassez de eletricidade. Nesse sentido, a empresa tem usinas de geração hidroelétrica no Brasil, Canadá e Indonésia e está utilizando a energia desses projetos para atender a necessidades internas. Em 2007, a Vale começou a investir na exploração de gás natural no Brasil, através de consórcios. Busca diversificar a sua base energética, utilizando carvão térmico, combustíveis renováveis e gás natural. [3]

Investimentos no Setor de Energia:

Por causa das incertezas às mudanças na estrutura regulatória e dos riscos de aumento das tarifas elétricas e de escassez de energia (como o Brasil enfrentou no segundo semestre de 2001), o gerenciamento e o fornecimento eficaz de energia no Brasil é uma prioridade para a Vale. Atualmente, a empresa possui sete usinas hidrelétricas em operação e uma em construção no país. Capim Branco II iniciou suas operações no primeiro trimestre de 2007, contribuindo para o fornecimento de uma parcela do consumo da empresa no sudeste do Brasil. Por ser grande produtora de eletricidade, a Vale acredita que o investimento em projetos energéticos ajuda a reduzir custos e protege contra a volatilidade do preço da energia. [3]

A lógica que levou aos investimentos em transporte é semelhante a que levou à energia: reduzir os custos de transação³ e, assim não depender de terceiros em atividades chaves. Desse modo, a empresa estará presente em todas as etapas da cadeia de produção.

Os projetos de energia em desenvolvimento no Brasil são:⁴

- *Usina Termoelétrica de Barcarena*: no segundo semestre de 2008, iniciou-se a construção de uma usina termoelétrica a carvão no Brasil, com capacidade de 600 MW. A conclusão está prevista para o segundo semestre de 2010 e o investimento total estimado no projeto é de US\$ 898 milhões.
- *Usina Hidrelétrica de Estreito*: no segundo semestre de 2007, foi iniciada a construção da usina hidrelétrica de Estreito, localizada no rio Tocantins, na fronteira entre os estados do Maranhão e Tocantins. A usina terá uma capacidade instalada de 1.087 MW. Sua conclusão está prevista para o segundo semestre de 2010. A empresa possui 30% de participação no consórcio que será estabelecido para operar a usina. Estima-se um investimento total de US\$ 514 milhões.

Investimentos na Exploração e Produção de Gás Natural:

A atenção dada à energia pela empresa foi confirmada recentemente quando a empresa ingressou nas atividades de óleo e gás (*O&G*).

Em setembro de 2007, a Vale firmou um memorando de entendimento com a Shell Brasil Ltd. (“Shell”) para a avaliação conjunta de oportunidades de desenvolver parcerias para atender à demanda energética da própria Vale. Como resultado dessa parceria, a Vale está participando de blocos de exploração na

³ Custos de Transação (Ronald Coase, 1936): são os custos de elaboração, negociação e assinatura dos contratos com fornecedores e clientes, bem como os riscos e as incertezas que envolvem a negociação com terceiros e os custos do mercado. Quando são altos, as empresas preferem fazer elas mesmas em lugar de irem ao mercado (*make or buy*).

⁴ A Vale detém 43,85% de um consórcio que tem uma concessão para construir a usina hidrelétrica de Santa Isabel, no rio Araguaia. A Vale continua com seus esforços para obter as licenças ambientais necessárias para dar início à obra.

Bacia do Espírito Santo, na costa sudeste do Brasil. Em novembro de 2007, a Vale adquiriu o direito de explorar blocos de exploração de gás nas bacias de Santos, do Parnaíba e do Pará/Maranhão em um leilão realizado pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis), segundo relatório divulgado no *site* oficial da Agência [7]. A Vale pretende usar todo o gás natural descoberto para atender à sua própria demanda energética. [3]

Bloco	Contrato	Bacia	Data de Assinatura	Participação	Operadora
ES-M-411	BM-ES-27	Espírito Santo	12-jan-06	17,5%	Petrobrás
ES-M-414	BM-ES-21	Espírito Santo	24-nov-04	10%	Petrobrás
ES-M-436	BM-ES-27	Espírito Santo	12-jan-06	17,5%	Petrobrás
ES-M-437	BM-ES-27	Espírito Santo	12-jan-06	17,5%	Petrobrás
ES-M-438	BM-ES-28	Espírito Santo	12-jan-06	17,5%	Shell
PAMA-M-187	BM-PAMA-9	Pará-Maranhão	12-mar-08	30%	Petrobrás
PAMA-M-188	BM-PAMA-10	Pará-Maranhão	12-mar-08	30%	Petrobrás
PAMA-M-222	BM-PAMA-11	Pará-Maranhão	12-mar-08	30%	Petrobrás
PAMA-M-223	BM-PAMA-12	Pará-Maranhão	12-mar-08	30%	Petrobrás
PN-T-66	BT-PN-2	Parnaíba	12-mar-08	20%	Devon Energy
PN-T-86	BT-PN-3	Parnaíba	12-mar-08	20%	Petrobrás
BM-S-4	BM-S-4	Santos	23-set-99	50%	Eni Oil
S-M-506	BM-S-55	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-615	BM-S-47	Santos	12-jan-06	25%	BG Group
S-M-616	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-617	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-670	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-672	BM-S-47	Santos	12-jan-06	25%	BG Group
S-M-673	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-674	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-675	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-728	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-731	BM-S-65	Santos	12-mar-08	40%	Petrobrás
S-M-789	BM-S-48	Santos	12-jan-06	12,5%	Repsol
S-M-791	BM-S-66	Santos	12-mar-08	30%	Petrobrás
S-M-792	BM-S-67	Santos	12-mar-08	30%	Petrobrás

Tabela 2: Blocos exploratórios que a Vale possui participação. [7]

As descobertas recentes na Bacia de Santos e no Espírito Santo tornam ainda mais atrativo o ingresso da empresa na exploração de O&G.

Como se constata pelas informações acima (tabela 1), em pouco tempo e com notável oportunidade a Vale assumiu uma posição bastante robusta no setor petrolífero brasileiro, com finalidade exclusiva de aproveitar o gás natural no fornecimento de energia em suas operações.

Em 22 de janeiro de 2008, a Vale anunciou por meio de um *press release* em sua página oficial na internet, que se encontra em negociação com a Woodside Energia Investimentos em Exploração de Petróleo Ltda (“Woodside”) para adquirir metade de sua participação nos consórcios BM-S-48 e BM-S-55, na Bacia de Santos. A aquisição somente se concretizará com a aprovação da ANP.

1.2.3. Objetivo do Trabalho

Uma vez exposta a importância do planejamento energético no ambiente corporativo, propõe-se como objetivo do presente trabalho a formulação de uma metodologia de revisão da matriz energética de uma empresa de grande porte através do seu diagnóstico energético. O diagnóstico deve ser capaz de estruturar o fluxo de energia e suas transformações adequadamente e também capaz de orientar a tomada de decisão no que diz respeito a substituição entre energéticos. O objetivo é reduzir os custos de operação sem comprometer a realização do valor do produto final.

Nesse contexto, a experiência adquirida com o caso Vale permite esboçar um plano de ação para elaborar e rever a matriz energética de uma grande corporação. Além disso, com as discussões sobre Mudanças Climáticas e em torno do que virá após o Protocolo de Quioto, a estratégia energética de grandes empresas ganham um novo condicionante. O gás natural, por constituir um combustível fóssil ambientalmente “limpo”, tem sido cada vez mais utilizado como insumo energético em empresas energointensivas, a exemplo da própria Vale. A primeira pergunta a se fazer é qual o potencial de substituição entre energéticos e, em seguida, é necessário avaliar de que forma e onde o gás natural deve ser inserido como fonte de energia em suas operações.

Para tanto, a primeira parte dessa monografia define alguns conceitos necessários para a utilização do método e descreve de forma sistemática a proposta metodológica. Na segunda parte, é realizado o estudo de caso a fim de validar a metodologia proposta, em um processo industrial específico. O estudo é inspirado pelo caso Vale, porém em razão da confidencialidade dos dados procurou-se não revelar valores ou informações de cunho estratégico. Por fim, o processo produtivo escolhido foi o de pelotização de minério de ferro.

Capítulo 2

Diagnóstico Energético

2.1. Definição

O diagnóstico energético visa definir, reunir e organizar os elementos de informação que permitem colocar em evidência as condições efetivas do funcionamento do sistema energético da operação e/ou empresa em questão e, também, os fatores que o condicionam.

O quadro evidenciado pelo diagnóstico deverá servir, para os responsáveis do planejamento energético, como base para a tomada de decisões relacionadas com as medidas possíveis de serem adotadas em relação ao sistema energético e seu entorno.

Para o diagnóstico, não são suficientes as descrições isoladas de cada componente envolvido na questão energética. São também necessárias as descrições detalhadas das relações mútuas existentes entre os vários fatores condicionantes do funcionamento da operação em análise, de modo que se possa apresentar uma imagem integrada da situação energética, e não uma imagem desconectada e fragmentada. Por exemplo, não basta dizer o quanto de energia primária se tem disponível para a uma operação, é relevante saber a destinação, a origem e como ela é transformada.

O conhecimento do sistema energético do país, região ou empresa, objetivo intrínseco do diagnóstico, se liga inseparavelmente a uma finalidade de ação em relação ao desenvolvimento futuro do próprio sistema energético. [8]

A partir das tendências de funcionamento do sistema, evidenciadas pelo diagnóstico, o planejamento energético orienta suas ações no sentido de buscar as direções que sejam mais satisfatórias e vantajosas para se alcançar os objetivos de desenvolvimento, definidos pelos diretores e departamentos responsáveis.

A realização de um diagnóstico é um processo iterativo [8], ou seja, é uma seqüência de operações em que o objeto de cada uma é o resultado da que a precede. Tal processo deve ter, necessariamente, objetivos claramente definidos pela administração do negócio, uma vez que estes condicionam o seu grau de profundidade e detalhamento.

Um diagnóstico tem a sua ação voltada essencialmente para a situação presente, apoiado pelas informações da evolução passada e está orientado na busca de melhores caminhos para o futuro da empresa. Ele deve identificar as condições que permitem a adoção de medidas que proporcionem maior eficácia, aumentando a capacidade das operações da empresa de atender quantitativamente e qualitativamente as suas necessidades, e eficiência, reduzindo a relação entre volumes produzidos e recursos consumidos, no funcionamento das unidades. [8]

Para a realização do diagnóstico, faz-se necessária a utilização de instrumentos eficazes para a análise da situação atual da empresa em estudo para a posterior avaliação das suas prioridades, que pode estar relacionada à substituição entre fontes de energia, à conservação de energia e à evolução de sua oferta e demanda.

2.2. O Balanço Energético

O balanço energético é um instrumento pertinente para o norteamento do planejamento energético de um sistema (região, país, empresa, etc...), pois introduz modificações e leva em conta todas as formas de energia utilizadas, convencionais e tradicionais.

Para o presente trabalho, a metodologia a ser adotada será a mesma do Balanço Energético Nacional – BEN. Tal metodologia propõe uma estrutura energética, suficientemente geral, de forma a permitir a obtenção de adequada configuração das variáveis físicas próprias do setor energético e mais relevantes para a empresa. [9]

A matriz balanço energético, síntese da metodologia, expressa o balanço das diversas etapas do processo energético em estudo: produção, transformação e consumo, conforme figura e conceituação apresentados a seguir:

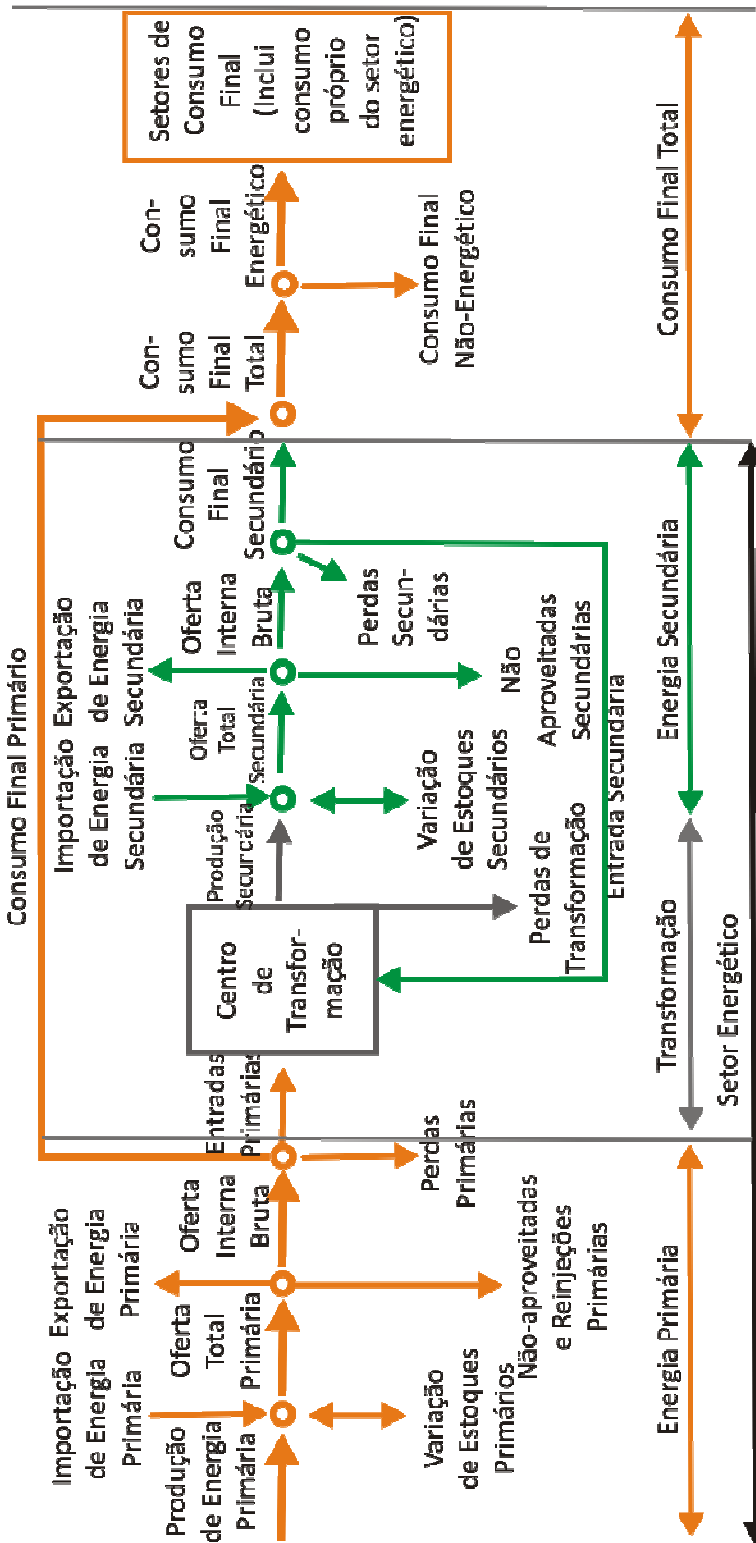


Figura 2: Estrutura Geral da Matriz Energética [9]

Conforme se observa, a estrutura geral do balanço é composta por quatro partes:
[10]

- Energia Primária: Produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral (vapor e metalúrgico), urânio (U_3O_8), energia hidráulica, lenha, produtos da cana (melaço, caldo de cana, bagaço e palha) e outras fontes primárias (resíduos vegetais e animais, resíduos industriais, resíduos urbanos, energia solar, eólica etc., utilizados na geração de energia elétrica, vapor e calor).
- Transformação: Agrupa todos os centros de transformação onde a energia que entra (primária e/ou secundária) se transforma em uma ou mais formas de energia secundária, com suas correspondentes perdas na transformação.
- Energia Secundária: Produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm como destino os diversos setores do consumo e eventualmente outro centro de transformação. São fontes de energia secundária o óleo diesel, óleo combustível, gasolina (automotiva e de aviação), GLP, nafta, querosene (iluminante e de aviação), gás (de cidade e de coqueria), coque de carvão mineral, urânio contido no UO_2 dos elementos combustíveis, eletricidade, carvão vegetal, etanol e outros derivados de petróleo (gás de refinaria, coque e outros), produtos não-energéticos do petróleo, derivados do petróleo que, mesmo tendo algum conteúdo energético, são utilizados para outros fins (graxas, lubrificantes, parafinas, asfaltos, solventes e outros) e alcatrão (obtido na transformação do carvão metalúrgico em coque).
- Consumo Final: é a quantidade de energia consumida pelos diversos setores da economia, para atender a necessidade de diversos usos, como calor, força motriz, iluminação, etc. Não inclui nenhuma quantidade de energia que seja utilizada como matéria-prima para produção de outra forma de energia.

Definidas essas quatro partes pertinentes, o balanço energético apresenta um quadro-síntese dos fluxos de todas as modalidades de energia, dando uma visão abrangente da origem (compra ou auto-produção) das fontes, das transformações das fontes de energia disponíveis na natureza (petróleo, gás natural, térmica, carvão, etc.) e as modalidades de uso final (eletricidade, gasolina, diesel, gás natural seco, etc.), segundo as principais classes de consumo.

O preparo deste quadro exige uma consistência estrutural das informações coletadas em diversas fontes, o que está na base de uma excelente organização dos dados. [11]

Pelotização Vale ES - 10 ³ tep Ano	Gás Natural Úmido	Carvão Térmico	Carvão Metalúrgico/Antir- ácido	Energia Hidráulica	Outras Fontes Primárias	Energia Primária Total	Gás Natural Seco	C5+ e GLP	Óleo Diesel	Biodiesel	Óleo Combustível	Coque de Petróleo	Eleticidade	Energia Secundária Total	Total
Auto-Produção (+)															
Aquisição (+)															
Oferta Total															
Venda (-)															
Não-aproveitada (-)															
Reinjeção (-)															
Oferta Disponível															
Total Transformação ¹⁾															
Plantas de Gás Natural															
CTG															
Hidrelétrica															
Termoelétrica															
Carvoeiras															
Outras Transformações															
Perdas Dist. Armazenagem															
Consumo Final															
Consumo Final Não Energético															
Consumo Final Energético															
Descarga do Minério															
Empilhamento															
Moagem e Classificação															
Espessamento e Homogeneização															
Filtragem															
Prensa															
Adição de Aglomerantes															
Mistura															
Pelotamento															
Tratamento Térmico															
Peneiramento															
Empilhamento e Recuperação															
Outros															

Figura 3: Matriz Balanço Energético

Sabe-se, entretanto, que o balanço é insuficiente para descrever completamente a situação energética do objeto em estudo. A apreensão e operacionalização do modo de funcionamento de um sistema energético implicam na utilização conjunta de métodos de investigação diferenciados e complementares, elucidando, cada um deles, aspectos que os outros por suas naturezas não retratam. [12] Sendo assim, o balanço energético deve estar incluído no processo de diagnóstico e intimamente relacionado com os outros métodos utilizados durante a sua elaboração, de forma a ser estendido a novos domínios de investigação e tornar o meio de análise da situação energética do objeto ainda mais profundo.

2.3. Indicadores

A fim de identificar o grau de adequação obtido em cada atividade energética dos processos, como, por exemplo, adequação de recursos, entre formas de energia e de utilização ou entre disponibilidade e consumo, é importante realizar um trabalho de seleção para determinar uma lista de elementos de informação que seja suficientemente extensa de modo que englobe todos os elementos essenciais e, ao mesmo tempo, evite a reunião de informações supérfluas.

Embora sejam múltiplas as relações e a energia, é possível estabelecer um conjunto de indicadores, em que cada um constitui um resumo da informação disponível e define a relação entre as variáveis energéticas e não energéticas. A escolha destes indicadores depende dos objetivos a serem atingidos em cada fase da elaboração do diagnóstico.

A finalidade dos indicadores energéticos é contribuir para a análise do sistema energético e de seus processos de mudança através de julgamento conciso sobre os seus principais aspectos passíveis e pertinentes de mensuração, além da constituição de um banco de dados para a elaboração dos modelos de análise da previsão de oferta de demanda de energia. [12]

Os indicadores caracterizam a cadeia energética das diversas formas de energia (produção, transformação e consumo) e também a relação de energia com os fatos econômicos e ambientais. Construídos para caracterizar a situação presente e passada, indicadores encontram-se igualmente aptos a esclarecer as opções em vista da situação futura. [12]

Um indicador de energia pode ser definido como uma variável, ou uma relação entre duas variáveis estatísticas explicativas de um fenômeno. Ou seja, indicadores são variáveis que refletem ou representam outras variáveis. Por exemplo, o consumo de energia na pelletização relacionado com o valor agregado obtido no produto final do processo nos indica a intensidade energética desta produção. O fenômeno explicado nesse exemplo é a intensidade energética do processo e as variáveis explicativas ou explanatórias desse fenômeno são o consumo de energia na produção e o valor agregado.

De modo geral, a relação estabelecida entre as variáveis explanatórias e o que elas representam é de causa e efeito: a intensidade energética naquela atividade é alta porque o consumo de energia no processo de produção daqueles produtos é grande. Outra característica dos indicadores é de expressar o comportamento da variável explicada (o fenômeno) no ponto, o que significa dizer, de forma estática. [12] Por isso a importância de “séries históricas” desta estatística para observação de mudanças de tendência de seu comportamento.

Ainda em termos metodológicos, vale assinalar que indicadores não têm a propriedade de estruturar os elementos característicos do sistema energético de forma articulada, deixando transparentes as inter-relações existentes entre eles, o que acontece no caso do balanço energético.

Devido às características complementares do balanço energético e da elaboração de indicadores, o diagnóstico a ser descrito no presente trabalho abordará essas duas etapas no seu escopo.

2.4. Descrição da Metodologia:

Propõe-se a realização do diagnóstico energético de uma empresa através da estruturação do balanço energético consolidado em diversos níveis para que seja possível, em seguida, a realização da análise de competitividade de determinados energéticos frente o energético atualmente em uso. Tal estruturação em níveis, de forma a organizar adequadamente o fluxo energético, é importante principalmente para uma empresa de grande porte e portfólio diversificado.

A primeira etapa, de estruturação do balanço energético, está dividida em sub-etapas bem definidas, de forma mapear a situação atual de elaboração da matriz energética da empresa, as informações e as pessoas envolvidas, para que seja possível identificar as informações relevantes já existentes e as que precisam ser levantadas. A etapa seguinte, de análise de competitividade, organiza essas informações sob a forma de indicadores subdivididos em três categorias – técnica, econômica e de mercado - de modo a tornar possível a identificação das alternativas viáveis de implementação (conservação, substituição, cogeração, etc...).

Para o presente trabalho, há de se realizar o diagnóstico energético de modo a avaliar de que forma o gás natural pode ser inserido nos diversos processos industriais operados por diferentes empresas em substituição ao energético atual e nos projetos em andamento.

2.4.1. Estruturação do Balanço Energético:

Para a realização do diagnóstico energético, propõe-se a elaboração de um plano de coleta de dados e a definição da estrutura de contabilidade energética a ser

utilizada no decorrer do processo, compatível com a matriz consolidada de balanço energético anteriormente definida.

Para estruturar a coleta de dados, deve-se, primeiramente, mapear a situação atual da empresa em termos de fontes de informação de consumo de energia por insumo (histórico e projeção), fazendo um levantamento dos envolvidos. Quem é o responsável por coletar as informações de consumo e quem são os responsáveis por enviar tais informações sobre cada unidade de operação? De quanto em quanto tempo essas informações são atualizadas nos arquivos que estruturam a matriz? Como essas informações são coletadas pelas unidades de negócio e qual a confiabilidade do método utilizado no presente? O mapeamento exige uma resposta a essas perguntas.

Realizar esse tipo de levantamento é importante para identificar as possíveis fontes de erros na matriz energética atual em relação à realidade e quais os principais fatores que podem causar esses erros. Tais fatores podem ser equipamentos de medição antigos e/ou desregulados, falta de um sistema eficaz de consolidação de informações, ou ainda a distorção dos dados, repassados por diversos indivíduos, até o receptor final.

Após a definição dos atores envolvidos e das características principais das informações de consumo coletadas, pode-se estabelecer um plano de ação de forma a melhorar a qualidade da informação desejada e otimizar o fluxo de informação entre os responsáveis.

Tendo acesso a esses dados, a próxima etapa consiste na análise da estrutura de contabilidade de consumo de energia na empresa. Nessa etapa, faz-se essencial entender os processos produtivos de empresa em questão, identificando e classificando a energia útil por uso e proporção de cada energético nas etapas dos processos. Essas informações serão importantes também no próximo passo do diagnóstico, em que dados selecionados nortearão a tomada de decisão quanto ao uso de gás natural nas operações ou não.

Ainda nesse contexto, deve-se definir a metodologia de conversão dos energéticos utilizados na empresa, uma vez que cada um é medido em uma

unidade diferente (energia elétrica é medida em megawatt, gás natural em metros cúbicos, diesel e combustível em litros, carvão em toneladas). Mantendo a conformidade com a metodologia de balanço energético adotada pelo BEN, a unidade a ser usada nas análises será a tonelada equivalente de petróleo (tep).

Estruturado o sistema de contabilidade e levantados os dados de consumo de energéticos, bem como os seus respectivos usos finais, mais alguns dados são necessários para que haja o detalhamento requerido para o preenchimento da matriz energética: classificados os energéticos utilizados em primários ou secundários, deve-se identificar também quais deles e em que quantidades são adquiridos ou produzidos pela própria empresa, bem como identificar se algum excedente é comercializado ou não aproveitado. Para o caso dos energéticos primários, é importante também mapear quais as quantidades e de que forma são transformados em energéticos secundários, bem como possíveis perdas com distribuição e armazenagem.

Realizado esse levantamento para cada unidade de operação, pode-se mapear o fluxo energético em cada processo, consolidando os números de cada unidade em uma matriz. Tendo as matrizes completas para cada unidade, pode-se somar as matrizes das unidades que operam o mesmo processo produtivo, consolidando as informações por unidade de negócio. Finalmente, as informações por unidade de negócio também podem ser somadas, gerando a matriz energética final da empresa, em que o consumo final pode estar agregado da maneira mais conveniente para análise, como por diretoria da empresa ou por localização das operações.

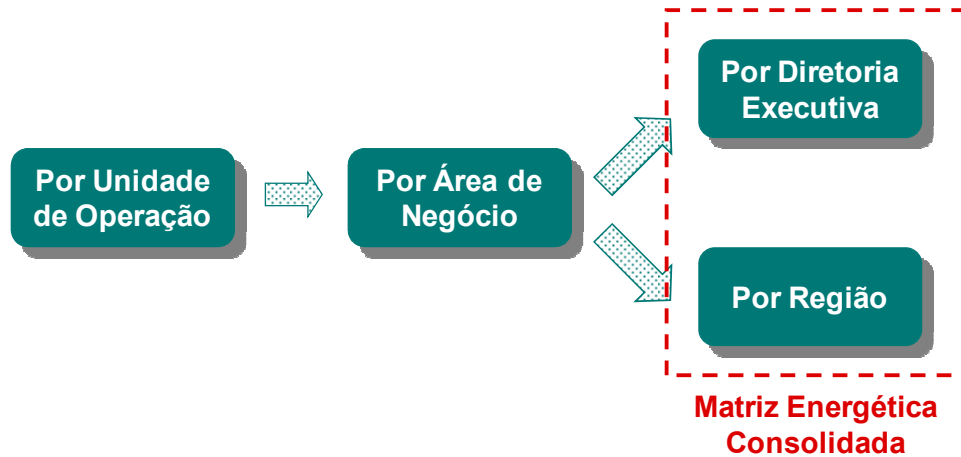


Figura 4: Esquema de consolidação do balanço energético de uma empresa.

A matriz energética consolidada explicitará em números o diagnóstico energético atual da empresa estudada, evidenciando a situação atual de oferta e demanda, em que será possível basear-se para a análise de alternativas viáveis de implementação, como cogeração, substituição e conservação. Para o presente trabalho, o foco estará na análise da substituição dos energéticos por gás natural.

2.4.2. Análise da Competitividade:

Nessa etapa do diagnóstico, é selecionada uma série de indicadores para que seja possível estabelecer um posicionamento estratégico para a tomada de decisão de forma a orientar a empresa a adotar o uso mais eficiente de energia, mantendo o processo produtivo competitivo em relação aos demais concorrentes. O objetivo principal nesse momento é realizar a análise de competitividade, mensurando o potencial de substituição dos energéticos da operação pelo gás natural.

As variações de eficiência energética se devem à combinação de diversos aspectos que envolvem questões tecnológicas, ambientais, regulatórias, de mercado, entre outros. Uma infinidade de aspectos pode ser levada em consideração, tornando a análise cada vez mais refinada e precisa, porém mais complexa, desgastante e custosa.

Para orientar os focos de análise durante o estudo, propõe-se agrupar os indicadores segundo três classes, a fim de mensurar o potencial de substituição

por gás natural de cada unidade em operação e potencial de inserção do gás natural nos projetos futuros, conforme a figura a seguir:

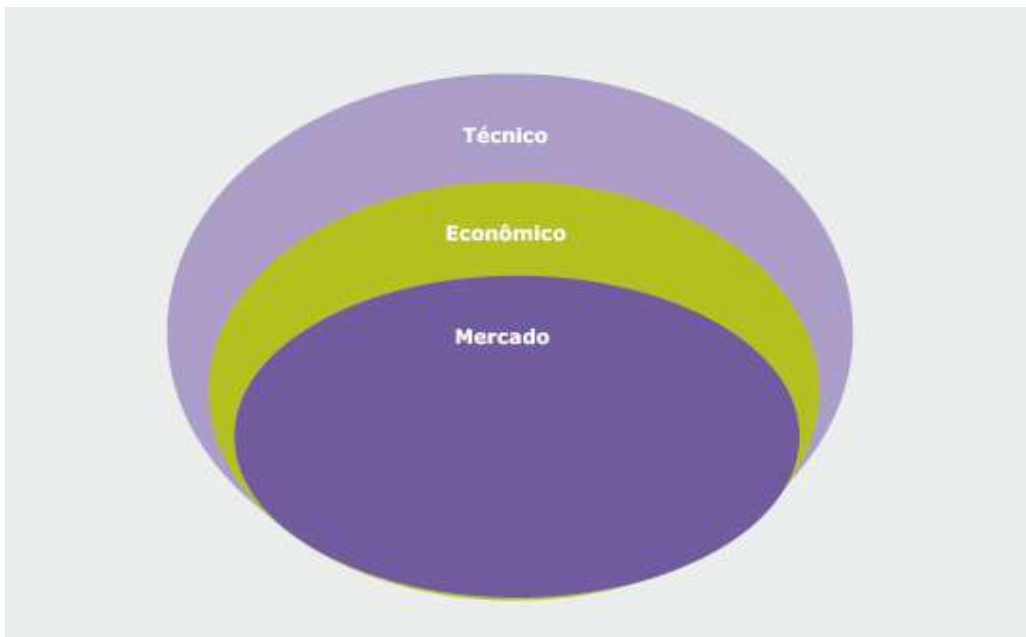


Figura 5: Potencial de substituição/inserção de gás natural na matriz energética de uma empresa. [13]

O potencial técnico tem por objetivo diagnosticar o consumo de energia nas operações da empresa e identificar o potencial de substituição de energéticos por gás natural com a tecnologia mais eficiente disponível em cada etapa dessas operações. Deve considerar as características tecnológicas dos equipamentos de consumo, bem como identificar o perfil qualitativo e quantitativo da demanda energética e possíveis configurações alternativas para o gerenciamento do consumo de energia observado. A análise desse potencial permite, portanto, determinar a viabilidade técnica de alternativas tecnológicas para o suprimento energético da unidade. [14] Esta etapa não considera custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia. Atua como um teto para balizamento de outros estudos. [13]

Para estimar esse potencial, propõe-se uma seqüência de indicadores, elaborados e organizados durante o desenvolvimento deste trabalho, que devem ser usados em ordem específica para a priorização da unidade da empresa a ser analisada, priorização da etapa do processo a ser avaliada e energético a ser substituído:

- Critério de prioridade de unidade a ser analisada: para que se possa definir em qual processo e/ou unidade de operação o diagnóstico deve ser iniciado, propõem-se dois indicadores. O primeiro indicador a ser usado deve indicar quais das unidades da empresa são mais intensivas em energia, explicitando que se deve priorizar as unidades mais representativas no consumo total de energia da empresa, ou seja, as maiores consumidoras.

$$\text{Consumo Total de Energia em cada UO (tep)}$$

O segundo indicador a ser utilizado para priorizar a análise é o indicador de eficiência ambiental, de modo a considerar o quanto as possíveis alternativas podem aumentar ou diminuir as emissões de CO₂ para a atmosfera. A importância desse dado está no fato de que há limites de emissão estipulados por agências reguladoras e pela própria empresa que devem ser respeitados e, nesse sentido, é importante identificar as unidades com menor eficiência ambiental e, ao mesmo tempo, descartar alternativas de substituição que podem tornar a operação menos eficiente nesse aspecto.

$$\frac{\text{Total de Emissões de CO}_2 \text{ para a atmosfera (ton)}}{\text{Consumo Total de Energia em cada UO (tep)}}$$

- Critério de prioridade de análise de energéticos: o indicador, nesse caso, deve explicitar o energético mais utilizado no processo, para que ele possa ser priorizado frente aos outros durante a análise.

$$\frac{\text{Consumo Total de Determinado Energético (tep)}}{\text{Consumo Total de Energia da UO (tep)}}$$

- Identificação preliminar do potencial de substituição: escolhido o energético para análise, o indicador deve mostrar de que forma o energético é utilizado no processo, ou seja, qual é a energia útil que ele

gera. Um mesmo energético pode gerar mais de um tipo de energia útil (calor de processo, força motriz, etc.), por isso essa etapa também define a priorização de análise do fim dado ao energético, identificando qual é o seu consumo final.

$$\frac{\text{Energia Útil Gerada (tep)}}{\text{Consumo Total do Energético em Análise (tep)}}$$

- Identificação do potencial técnico efetivo de substituição: sabe-se que em certas situações a utilização de determinado energético é fundamental para o funcionamento da operação devido a alguma particularidade do processo ou dos equipamentos utilizados, inviabilizando o potencial técnico de substituição. Sendo assim, esta etapa visa identificar qual energético e quais quantidades têm uso cativo no processo, sem possibilidade de substituição, bem como em qual parte do processo isso ocorre.
- Identificação das alternativas de substituição mais viáveis: nesta etapa, finalmente o potencial técnico de substituição do processo será avaliado medindo-se a economia de energia ocasionada pela troca do energético, ou seja, medindo-se a melhora da eficiência energética do processo..

$$\frac{\text{Energia Consumida na Situação Atual (tep)}}{\text{Energia Consumida após Substituição (tep)}}$$

Deve-se ressaltar que o processo de análise da competitividade é iterativo, de forma que ao fim da avaliação de cada possibilidade, uma nova deve ser avaliada até que todas as possibilidades tenham sido contempladas. A própria sequência de indicadores proposta irá orientar a ordem de priorização de possibilidades a ser seguida.

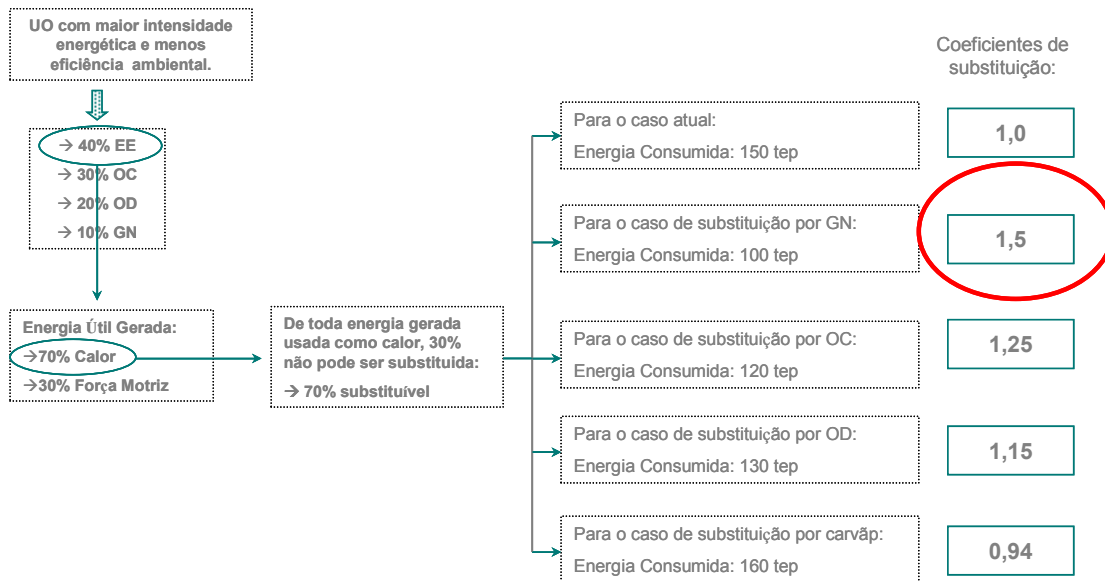


Figura 6: Exemplo de avaliação do potencial técnico de substituição por gás natural.

O potencial econômico é a seqüência natural da estimativa do potencial técnico, agregando-se-lhe os dados econômicos relativos aos equipamentos cuja viabilidade técnica mostrou-se possível [14], como o *capex*⁵, o *opex*⁶ e a carga tributária envolvida, para que seja possível mensurar os investimentos necessários para o *start-up* e continuidade da operação. Pode se basear em critérios de atratividade econômica como taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) ou tempo de retorno de investimento. Como informação relevante, o potencial econômico não considera explicitamente outros aspectos relacionados à viabilização dos investimentos, como barreiras de mercado.

Identificadas as alternativas de substituição entre energéticos mais viáveis, pode-se iniciar a análise do potencial econômico priorizando a operação ou processo a ser avaliado primeiro de acordo com o valor agregado de produção. Para isso, propõe-se um indicador que mostra qual alternativa de substituição agrega mais valor ao produto final consumindo menos energia.

$$\frac{\text{Energia Consumida pelo Energético (tep)}}{\text{Valor Agregado da Produção (US\%)}}$$

⁵ *Capital Expenditure*- capital utilizado para adquirir ou melhorar os bens físicos de uma empresa.

⁶ *Operational Expenditure*- despesas operacionais, ou seja, os preços contínuos para dirigir a operação.

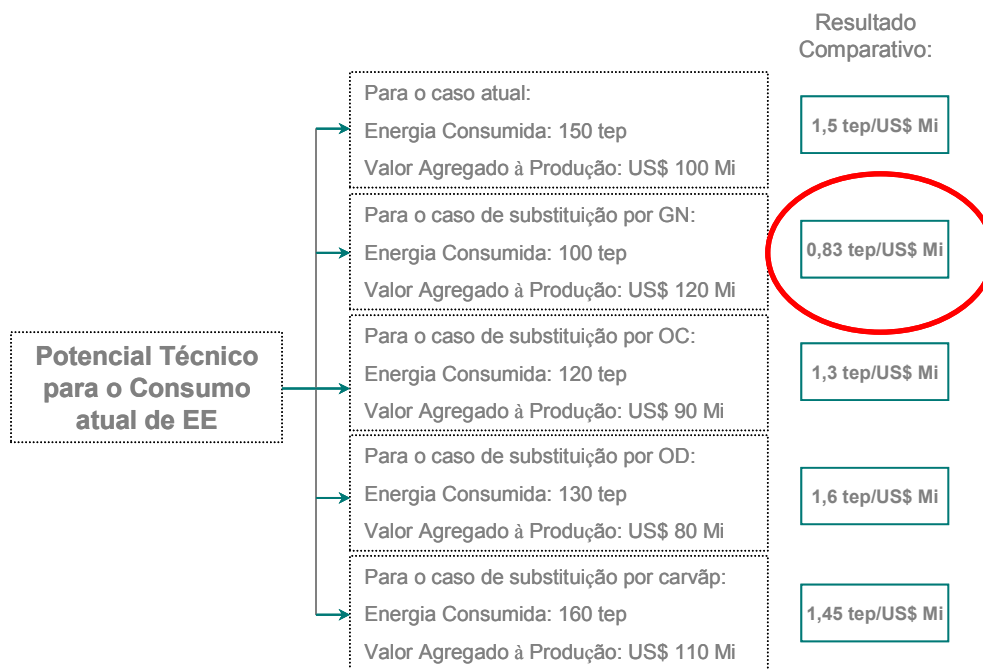


Figura 7: Exemplo de avaliação do potencial Econômico de substituição por gás natural.

Após selecionar as unidades para análise, deve-se determinar o cenário de preços de equipamentos novos e de aquisição de energéticos para o cálculo dos custos, que deve estar de acordo com as premissas estipuladas pela empresa em questão no seu planejamento estratégico. Os cálculos deverão ser feitos para cada alternativa tecnicamente viável previamente hierarquizada, para que a comparação possa ser feita a fim de identificar alternativas mais econômicas.

Calculados e projetados os custos e receitas advindas da substituição em análise, é possível calcular o Valor Presente Líquido da unidade, indicador escolhido para mensurar o potencial econômico de substituição.

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

Onde:

VPL – Valor Presente Líquido;

FC_t – Fluxo de caixa no tempo t;

n – Duração total do projeto;

i – taxa de juros.

Ainda dentro da avaliação do potencial econômico, pode-se também realizar análises de sensibilidade, a fim de quantificar as incertezas atreladas a ela.



Figura 8: Sequência de Indicadores Econômicos Adotados

O potencial de mercado corresponde à parcela de mercado realmente realizável, levando em consideração aspectos normativos, institucionais e logísticos relacionados ao uso do gás natural dentro do contexto vigente. [14] Trata-se de uma estimativa sobremaneira influenciada por imperfeições no mercado, variando de acordo com as suas características, como volatilidade de preços, restrições e tributos atrelados a aspectos ambientais e de transporte, entre outros.

O primeiro e mais importante indicador a ser avaliado é a demanda dos diversos produtos finais da empresa no Brasil e no mundo no longo prazo, uma vez que a principal finalidade do estudo é otimizar o uso da energia através da substituição, para que seja possível reduzir custos e aumentar o valor agregado do produto final. Nesse sentido, é evidente que a análise de substituição de um processo produtivo de um produto sem expectativas de aumento de demanda seria menos importante frente aos demais produtos do portfólio da corporação.

Depois, serão considerados indicadores de logística que explicitem a presença de estrutura adequada para o transporte dos energéticos, no caso do gás natural, a presença de gasodutos e/ou plantas de regaseificação próximas as unidades da empresa, bem como a facilidade de acesso à esses meios, contemplando o seu traçado e as restrições regulatórias. Nessa etapa, pode-se ainda avaliar os impactos da construção de uma nova estrutura logística, como gasodutos, a nível da região e a nível da empresa, para o caso de novos projetos ou incrementos viáveis no capex.

Serão considerados, também, indicadores que contemplem fatores sócio-ambientais limitantes para a efetivação da substituição, tais como a legislação local em relação à emissão de gases estufa, particulados e desmatamento, políticas governamentais de proteção à população em torno da operação e metas de sustentabilidade estipuladas pela empresa.

Por último, todos os aspectos regulatórios ainda não mencionados também devem ser contemplados, tais como os de acesso a portos, construção de Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN's) nas proximidades, aspectos técnicos.

Por possuir em muitos casos características predominantemente qualitativas, que variam de acordo com o ponto de vista de análise, o potencial de mercado é de difícil estimativa e dependerá de levantamentos detalhados, quase sempre realizados em campo.

Capítulo 3

Estudo de Caso na Pelotização

O estudo de caso será desenvolvido para um tipo de operação pertencente ao portfólio Vale, porém utilizando-se de informações e valores que preservem as informações de circulação somente interna. O estudo será dividido em duas etapas: a primeira consiste no levantamento de informações dentro de uma grande empresa para a aplicação da metodologia proposta no capítulo anterior de forma a descrever todo o processo de obtenção de dados e avaliar a capacidade de ajuste da empresa à nova metodologia. Sendo assim, o objetivo principal dessa etapa é fazer uma análise do processo de coleta de informação, sugerindo melhorias de forma a tornar a aplicação da metodologia mais ágil. A segunda etapa consiste na formulação de um exemplo com valores fictícios, baseado nas informações recolhidas na primeira etapa, em que a metodologia proposta será aplicada para que uma análise crítica dos resultados obtidos seja realizada. Pode-se, assim, verificar a eficiência do método.

Para objeto do estudo, foi escolhido o negócio de pelletização. O fato de ser um processo industrial intensivo em energia e de algumas pelletizadoras da Vale já terem tido suas operações convertidas para o uso de gás natural justifica esta escolha.

Deve-se ressaltar que a escolha do processo de pelletização como foco do estudo de caso não se baseou criteriosamente nos indicadores de priorização de unidade de negócio (consumo total de energia e eficiência ambiental), uma vez que para a realização dessa etapa seria necessário levantar informações de consumo total de energia e emissões de Dióxido de Carbono para todas as unidades da empresa, o que aumentaria muito o tempo requerido para a realização do trabalho. No entanto, isto não deverá influir no objetivo final do estudo de caso, que é validar e testar a metodologia da matriz energética e de análise de competitividade entre energéticos, principalmente o gás natural, no ambiente corporativo de uma empresa intensiva em energia.

3.1. O Negócio de Pelotização na Vale:

O Brasil tem a quinta maior reserva mundial de Minério de Ferro. A Vale nasceu como empresa mineradora e o Minério de Ferro é, até hoje, seu principal produto.

Até a década de 1960, a exploração de Minério de Ferro gerava, como rejeito, finos de minério inadequados para a produção de ferro primário e, para viabilizar o aproveitamento econômico desses finos de minério, a Vale iniciou a instalação de um complexo de usinas de pelletização em Vitória (ES). Na Usina de Pelotização, o minério fino (*pellet feed*) é transformado em esferas (pelotas), gerando um produto de qualidade superior para as usinas siderúrgicas.

O complexo de Vitória é atualmente constituído por sete usinas de pelletização em operação sendo uma oitava em construção. Duas usinas pertencem exclusivamente à Vale e as demais foram implementadas em regime de coligadas. [6]

Em março de 2002, deu-se início à operação de uma nova planta, construída na área do Terminal Marítimo de Ponta da Madeira (TMPM), em São Luís, Maranhão e, a partir da incorporação da Ferteco Mineração S.A. em agosto de 2003, a Vale passou a operar mais uma usina - Fábrica -, localizada no Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais.

O produto final, denominado Pelota, é utilizado tanto em alto fornos como em reatores de redução direta, dependendo da composição química, das propriedades e características metalúrgicas. As pelotas específicas para altos-fornos são as do tipo “alto-forno” e “alta sílica”, utilizadas para a produção de ferro-gusa, enquanto as pelotas utilizadas em reatores de redução direta são conhecidas como “pelotas de redução direta”, utilizadas para a produção de ferro-esponja. O fluxograma de produção com as etapas do processo de pelletização se encontra a seguir:

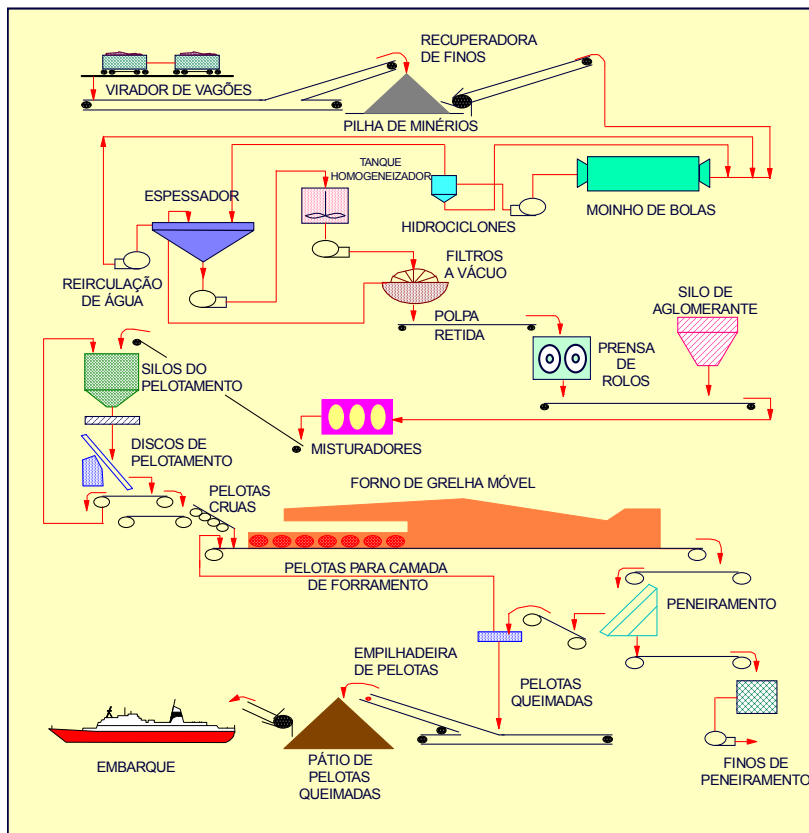


Figura 9: Fluxograma do processo de pelotização de minério de ferro. [15]

O minério de ferro, na maioria das jazidas, é lavrado a céu aberto, sendo encontrado, principalmente, na forma de hematita (Fe_2O_3) e de magnetita (Fe_3O_4). Após moagem em moinho de bolas e classificação em hidrociclones, etapas mais onerosas do processo devido à utilização de corpos moedores e o grande consumo de energia elétrica, a fração fina é posteriormente tratada para o aumento do teor de ferro, utilizando-se células de flotação ou separadores magnéticos e, finalmente, moída e filtrada a vácuo. A granulometria desejada após a moagem é de, pelo menos, 85% menos que 45 μ m. O produto desse processo é a matéria-prima para a usina de pelotização, chamado *pelletfeed*.

O processo de produção de pelotas, compreende as etapas de mistura de aditivos e aglomerantes, formação de pelotas verdes e endurecimento ou queima: [16]

- *Mistura de aditivos e aglomerantes*: ao *pelletfeed* proveniente da filtragem são adicionados aglomerantes e aditivos, tais como dolomita, bentonita, calcário e cal. Os aglomerantes são adicionados para facilitar a formação de

pelotas nos circuitos de pelotamento proporcionando melhor distribuição granulométrica e maior rigidez mecânica às pelotas verdes. Os aditivos como dolomita e calcário servem para corrigir propriedades químicas da pelota, principalmente basicidade. Podem ser ainda adicionados combustíveis sólidos, como coque de petróleo ou carvão antracito para auxiliar o processo de queima, reduzindo também o consumo de óleo combustível ou gás natural utilizado para o aquecimento dos gases no processo de queima da pelota. Alternativamente, alguns dos insumos citados anteriormente podem ser adicionados durante o processo de moagem do concentrado, possibilitando assim o uso de aditivos de maior granulometria, o que representa uma redução significativa nos custos desses insumos.

- *Formação de pelotas verdes:* a produção de pelotas de 8 a 16 mm é obtida com o uso de discos ou tambores de pelotamento. As pelotas verdes não podem ser utilizadas diretamente nos alto-fornos, pois não possuem resistência mecânica adequada.
- *Forno de endurecimento de pelotas:* as pelotas verdes alimentam uma grelha móvel que percorre as diversas zonas que compõem o forno. Gases quentes atravessam a camada de pelotas, em um perfil crescente de temperatura, secando e queimando as pelotas até 1.300 °C. Finalmente são resfriadas por ar ambiente forçado. As pelotas, após o processo de queima, possuem resistência à compressão em torno de 300 kgf e á abrasão (% de finos menor que 0,5 mm) em torno de 6%.



Figura 10: Pelotas de minério de ferro. [15]

3.2. Levantamento de Informações:

Para o levantamento de todas as informações necessárias para a realização do diagnóstico energético, durante o desenvolvimento desse trabalho foi elaborado um questionário com diversas perguntas relativas às informações necessárias para a realização do balanço energético atual e futuro das unidades, bem como para a obtenção dos indicadores técnicos, econômicos e de mercado para a análise de competitividade. Enfatizando-se que o questionário foi elaborado especialmente para esse fim e não se baseou em nenhuma referência externa, mas apenas nas observações de informações necessárias durante a experiência corporativa. Esse questionário poderá servir como base para a elaboração dos questionários específicos que serão enviados para cada unidade de negócio da empresa durante o futuro exercício do seu diagnóstico energético.

Para o preenchimento do questionário, foram identificados pontos focais nas unidades de pelletização e, durante todo processo, a equipe do projeto esteve disponível para quaisquer esclarecimentos e para explicar o motivo da solicitação e a finalidade do projeto de revisão da matriz energética da empresa. Tais explicações foram realmente necessárias, dado a quantidade e a importância das informações solicitadas. Algumas dúvidas surgiram ao longo do processo, porém essas indagações eram esperadas, uma vez que a metodologia está sendo aplicada pela primeira vez e o objetivo do estudo é justamente identificar as dificuldades a serem enfrentadas na implementação do projeto para que adaptações e correções possam ser realizadas para o exercício futuro da corporação.

Nesse sentido, após análise crítica do exercício de coleta de dados proposto, algumas observações foram identificadas:

- Uma vez que as informações requisitadas no questionário eram muito abrangentes, varrendo aspectos técnicos, econômicos, ambientais, regulatórios e logísticos, foi constatada a necessidade de solicitar informações a diferentes áreas da empresa, uma vez que nenhuma área possuía toda a inteligência necessária para o preenchimento completo do questionário. Dessa forma, a grande quantidade de pessoas envolvidas

atrelada à necessidade de checar constantemente a consistência das informações recebidas acabou tornando o processo muito lento e trabalhoso.

- Considerando que a empresa em estudo é de grande porte e possui operações diversificadas, é de se esperar que haja dificuldade em uniformizar o tratamento de dados e conceitos para todas as suas unidades e que algumas perguntas do questionário sejam interpretadas de diferentes formas, de acordo com o poder analítico do respondente. Tais discrepâncias nas respostas do questionário podem tornar os balanços energéticos de duas unidades distintas de uma mesma empresa não equivalentes, o que posteriormente dificultará comparações de resultados e a soma dos diagnósticos, durante a consolidação dos diagnósticos energéticos das unidades de negócio e da própria empresa.
- Em linha com o comentado anteriormente, foi observado, que algumas informações básicas e fundamentais à metodologia proposta não puderam ser obtidas, como é o exemplo dos custos de Opex e Capex para o caso de substituição entre energéticos.
- Por fim, em razão dos fatores acima, constatou-se que, apesar de todo o esforço feito pela equipe para estabelecer prazos e estar disponível para quaisquer esclarecimentos necessários, o processo de coleta de dados ainda sim tomou grande quantidade de tempo, o que revela as dificuldades para realização do estudo em uma empresa de grande porte.

Sendo assim, foi possível perceber que a divulgação e o esclarecimento das motivações e dos objetivos do projeto de revisão da metodologia da matriz energética da empresa é fator preponderante para tornar o processo de tomada de informações mais dinâmico e eficiente. A realização de um diagnóstico energético rápido, com alto grau de qualidade, credibilidade e sem necessidade de idas e vindas dos questionários exige um planejamento anterior e a justificativa para a necessidade de se obter dados específicos. Uma vez que a empresa, como um todo, tiver conhecimento sobre o projeto e se conscientizar da importância da sua execução, as pessoas envolvidas estarão dispostas a seguir prazos e cooperar com o fornecimento de dados.

Nesse sentido, a seguir são apresentadas algumas propostas de ações que poderiam facilitar o processo de coleta de dados e melhorar a qualidade das informações em termos de conteúdo e quantidade:

- É importante e necessário o engajamento da direção superior da empresa e de todo o seu corpo funcional, técnico e administrativo, na busca de um objetivo comum, mediante um trabalho conjunto. A empresa deve demonstrar claramente sua intenção e seu objetivo de realizar o seu diagnóstico energético. Isso pode ser feito, por exemplo, através do treinamento de pessoal e fixação de procedimentos operativos específicos. [2] Entende-se que, dessa forma, quando os respondentes forem acionados para o fornecimento de dados, o projeto e a sua utilidade já serão conhecidos e, por isso, não haverá tantas dúvidas, o que tornará o processo mais dinâmico. A equipe responsável pela execução do projeto, no entanto, deve permanecer disponível para os esclarecimentos que se façam necessários durante todo o processo.
- Ainda no sentido de não gerar dúvidas e também de tornar as informações recebidas de cada unidade homogêneas e equivalentes, é preciso esclarecer o conceito de cada informação solicitada de forma que um mesmo dado fornecido por duas unidades distintas possuam significado prático igual. As discrepâncias podem ocorrer quando diferentes unidades usam parâmetros de monitoramento e controle, seja de produção, econômico ou de mercado, distintos, o que no caso de uma empresa com diferentes operações em diferentes regiões pode ser bem freqüente. Nesse caso, seria importante não apenas esclarecer o conceito das informações solicitadas, mas também que as unidades passem a adotar esses conceitos nos seus parâmetros de análise para quaisquer atividades que venham a realizar. Dessa forma, os dados envolvidos não só no projeto proposto, mas em todos os que por ventura forem executados serão sempre consistentes. Além disso, nos exercícios de revisão do diagnóstico, em anos seguintes, os dados já estarão sob monitoramento e chegarão mais rápido.
- Em linha com a intenção de tornar o processo ágil e eficiente, seria interessante criar um sistema que facilitasse o fluxo de informações a

serem transmitidas quando solicitado, principalmente se a empresa em análise for de grande porte, pois nesse caso é inviável agregar o monitoramento de todos os parâmetros necessários em uma área só. Caso a criação desse sistema não seja possível, é sugerido que mais de uma equipe seja envolvida para cada unidade de operação estudada devido aos diversos âmbitos dos dados requeridos e que todo o processo de comunicação com essas equipes seja feito pela própria área que executa o projeto, e não terceiros, para que fique mais fácil monitorar o nível da informação recebida.

3.3. Exemplificação do Método:

Na presente etapa desse trabalho, será elaborada uma referência de planta de pelotização de forma a aplicar a metodologia proposta no capítulo dois. Através desse exercício, será possível acompanhar o processo de execução do método, bem como analisar e criticar os resultados gerados, avaliando a sua eficácia. A partir desses resultados, será possível estabelecer de que forma o gás natural poderá ser inserido na matriz energética da unidade analisada, caso o modelo constate que isso é realmente possível.

Optou-se por montar um exemplo fictício porque, conforme dito anteriormente, era imperativo preservar todos os dados que possuíssem caráter sigiloso ou estratégico e, portanto, não deviam ser divulgados fora da empresa. Além disso, uma dificuldade suplementar foi que nenhum dos questionários respondidos retornou completo. As premissas e valores adotados são aproximados, estão na mesma ordem de grandeza, dos números informados pelos sites, assim como as informações qualitativas, que também estão em linha com os dados recebidos e com o que foi vivenciado no decorrer da coleta de dados. Repita-se, com tudo, não representam a situação na Vale nem de seu todo nem de suas partes.

Para o exercício proposto, será considerada uma Usina, denominada Usina X, produtora de pelotas de minério de ferro, com capacidade de produção total anual de 14.000 quilotoneladas de pelotas, consumidora de energia através de eletricidade, óleo combustível e carvão metalúrgico do tipo antracito.

3.3.1. Avaliação do Potencial Técnico:

É conhecido o consumo de energia no ano de 2008:

Consumo de Energia - 2008		
Eletricidade	600.000 Mwh	51.591 tep
Óleo Combustível	200.000 ton	191.800 tep
Carvão	200.000 ton	148.000 tep
Consumo Total:		391.391 tep

Tabela 3: Consumo de Energia na Usina X

É importante destacar que foi adotada a premissa de que toda a energia consumida na planta é adquirida de terceiros através de contratos. Para o caso dessa usina, nenhum tipo de energia é auto-produzida. Já foi observado que este não é o caso da Vale que integrou em seu escopo de atuação a produção de energia.

Com o consumo dado, o indicador técnico da metodologia que indica o energético mais utilizado na unidade de operação e orienta a priorização da análise dos diferentes tipos de energéticos pode ser calculado dividindo-se o consumo total de cada energético da empresa pelo consumo total de energia da operação, segundo é proposto no capítulo 2 desse trabalho:

Eletricidade: 0,13

Óleo Combustível: 0,49

Carvão: 0,38

Logo, o energético consumido em maior quantidade na operação é o óleo combustível, sendo esse o insumo energético a ter seu potencial de substituição por gás natural analisado primeiramente, seguido do carvão e da energia elétrica.

Para prosseguir com o exercício, é preciso conhecer como os insumos energéticos são consumidos no processo e para qual fim. Sabe-se que energia útil é gerada durante o processo de pelletização sob a forma de força motriz e energia calorífica e que a análise do consumo energético da planta pode ser

realizada agrupando as diversas fases do processo em três etapas principais: a etapa 1 engloba a alimentação de matéria-prima à planta e a moagem do minério; a etapa dois inclui as fases que vão do espessamento até o pelotamento; e a etapa três envolve a fase final de queima para geração do produto final. O detalhamento do consumo de energia, em valores aproximados, da unidade de referência se encontra na tabela a seguir:

(tep)	Eletricidade		Óleo Combustível		Carvão	
	Força Motriz	Energia Calorífica	Força Motriz	Energia Calorífica	Força Motriz	Energia Calorífica
Etapa 1	20.000	-	-	-	-	-
Etapa 2	5.000	-	-	-	-	-
Etapa 3	26.000	-	-	190.000	-	150.000

Tabela 4: Distribuição do consumo por etapa e por geração de energia útil da Usina X.

Dessa forma, pode-se observar que toda energia elétrica é usada em equipamentos que geram força motriz, sendo que 39% é consumida na etapa 1, 10% na etapa 2 e 51% na etapa 3. O indicador que identifica a utilidade do energético no processo é 1 para os três insumos, uma vez que toda a energia elétrica é destinada à geração de força motriz, independente da etapa do processo em que é utilizada, enquanto todo o óleo combustível e todo o carvão consumido gera energia calorífica como energia útil na etapa 3 do processo .

Distribuição do Consumo de Energéticos por Etapa do Processo

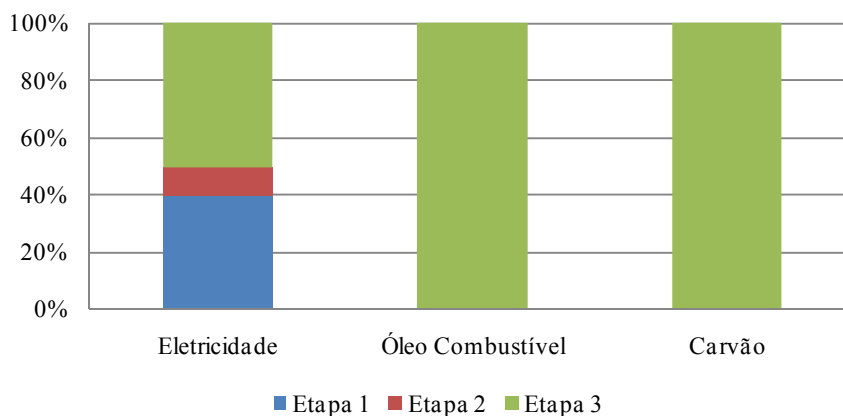


Figura 11: Gráfico da distribuição percentual de consumo de energéticos por etapa do processo.

Distribuição do Consumo de Energéticos por Energia Útil Gerada

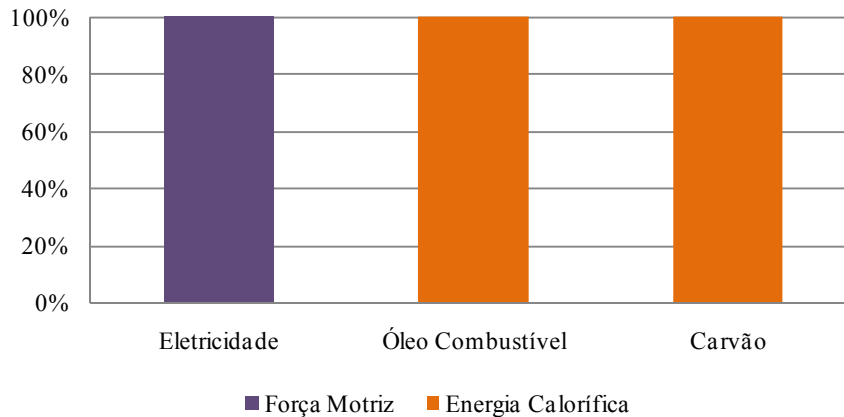


Figura 12: Gráfico da distribuição percentual de consumo de energéticos por energia útil gerada no processo.

Obtidos os indicadores de priorização de energéticos e de identificação de utilidades, inicia-se a análise do potencial técnico de substituição do óleo combustível. O passo seguinte é avaliar se há algum entrave técnico para a substituição desse energético. As pelletizadoras, que anteriormente usavam óleo combustível, realizaram a conversão de seus equipamentos para que pudessem receber gás natural como insumo energético. Assume-se então que é possível a conversão dos equipamentos de uma pelletizadora genérica para a utilização de gás, logo, assume-se também que a Usina X é passível de sofrer essa modificação.

Identificada a possibilidade de substituição, é essencial agora avaliar a economia de energia obtida no caso da substituição. Para isso, deve-se conhecer qual seria o consumo aproximado de gás natural após realizada a substituição. No presente caso, foi estimado que o consumo total de gás natural após a substituição do óleo seria em torno de 210 milhões de metros cúbicos, o que corresponde a um pouco mais que 180.000 tep.

Pode-se, então, calcular o indicador que identifica a melhora na eficiência energética do processo, dado pela divisão da energia consumida na situação atual pela energia consumida após a substituição, ambas em tep:

Consumo energético na situação atual: 191.800 tep

Consumo energético no caso de substituição: 180.600 tep

Indicador de eficiência energética: 1,062

Ao valor obtido dá-se o nome de coeficiente de substituição, conforme definido no capítulo 2. Tal valor nos indica que ao substituir óleo combustível por gás natural na fase de queima, o gasto energético diminui, melhorando a eficiência energética do processo e gerando uma economia de energia de aproximadamente 6%. Sendo assim, deve-se prosseguir com a análise de competitividade dessa alternativa de substituição, seguindo para uma análise do seu potencial econômico.

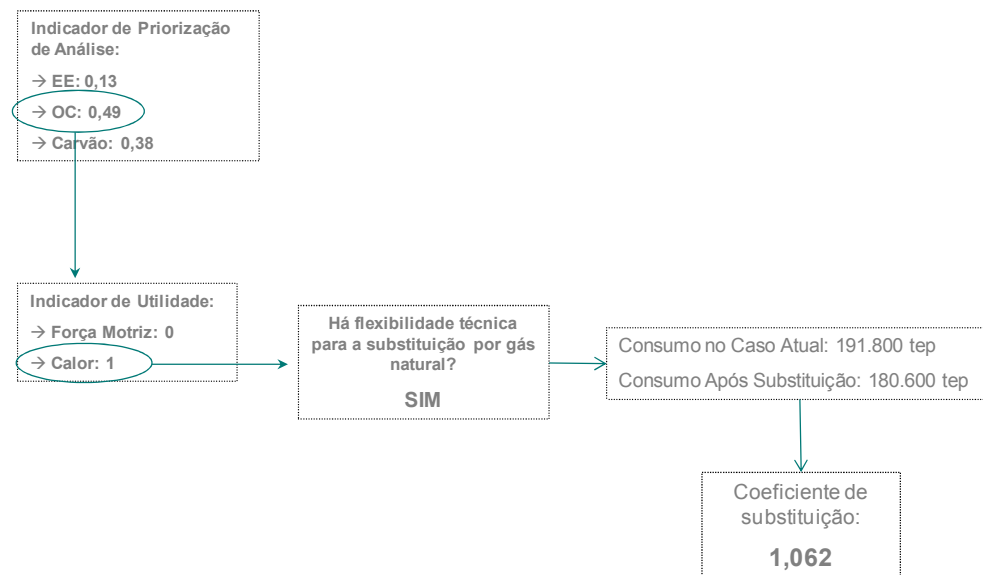


Figura 13: Esquema de análise do potencial técnico de substituição de óleo combustível por gás natural.

O próximo passo, no entanto, é esgotar a análise do potencial técnico avaliando a possibilidade de inserir o gás natural na planta de pelletização substituindo os energéticos restantes. De acordo com o indicador de priorização, o próximo energético a ser analisado é o carvão, uma vez que é o segundo mais consumido na usina.

Conforme já mencionado, o carvão é utilizado integralmente na fase de queima para a geração de calor. Da mesma forma que o óleo combustível, a natureza dos equipamentos utilizados permite uma flexibilidade para a realização da substituição por gás natural, sob a condição de implementar as adaptações e/ou trocas necessárias. Sabe-se, também, que para o caso de substituição por gás natural, 200.000 toneladas, ou 148.000 tep, de carvão deverão ser substituídas por cerca de 200 milhões de metros cúbicos, ou 172.000 tep, de gás para que se possa gerar a mesma quantidade de energia calorífica. Sendo assim, o indicador de eficiência energética para esse caso pode ser calculado:

Consumo energético na situação atual: 148.000 tep

Consumo energético no caso de substituição: 172.000 tep

Indicador de eficiência energética: 0,86

Pode-se observar que, apesar da alternativa de substituição de carvão por gás natural ser possível tecnicamente, o consumo energético na fase de queima apresentará um aumento considerável para uma mesma geração de calor. O coeficiente de substituição 0,86 indica que a troca não representa economia energética ao processo, uma vez que haverá uma queda de eficiência energética em torno de 14%. Sendo assim, é possível concluir que existe a possibilidade de substituir carvão por gás natural no processo de pelletização da Usina X, mas tal alternativa não é vantajosa, possuindo baixo potencial técnico, não sendo necessário, portanto, prosseguir com a análise de competitividade dessa alternativa.

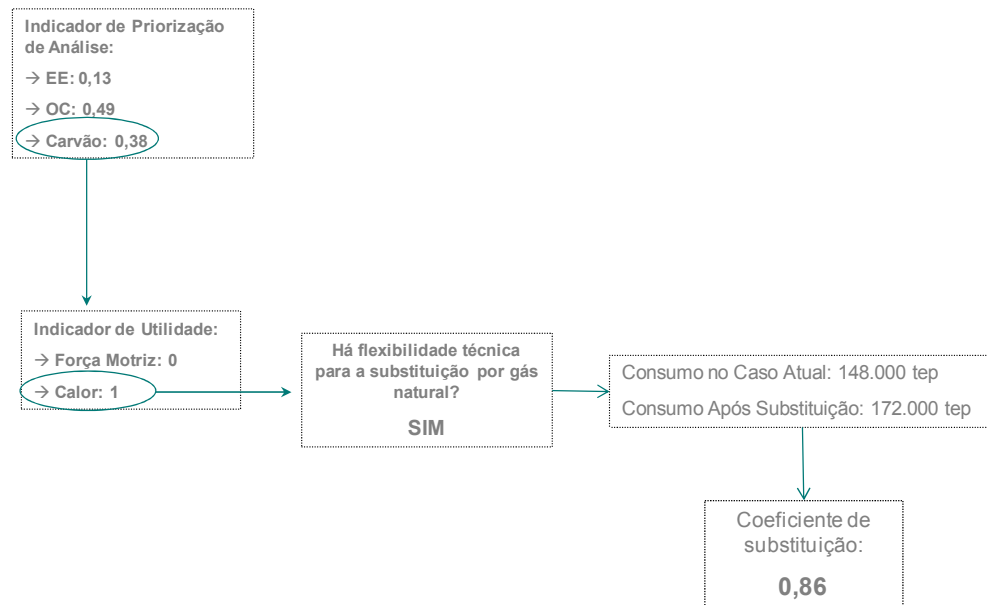


Figura 14: Esquema de análise do potencial técnico de substituição de carvão por gás natural.

Por fim, resta analisar o potencial de substituição de energia elétrica no processo. Sabe-se que energia elétrica é consumida nas três etapas do processo para a geração de força motriz e que todos os equipamentos utilizados são elétricos, sem flexibilidade de substituição. Isso significa que é inviável realizar a substituição de energia elétrica por qualquer outro tipo de energético, uma vez que os equipamentos utilizados não estão preparados e nem podem ser adaptados para o recebimento de energia sob quaisquer outras formas. Para isso, seria necessário uma mudança na tecnologia empregada no processo, o que não constitui o objetivo desse exercício. Dessa forma, a substituição de eletricidade por gás natural não é tecnicamente viável sob nenhum aspecto e, por isso, não há necessidade de prosseguir com uma avaliação do potencial econômico dessa alternativa.

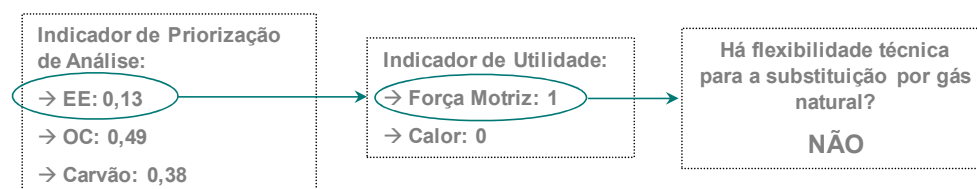


Figura 15: Esquema de análise do potencial técnico de substituição de energia elétrica por gás natural.

Esgotada as análises das alternativas de substituição por gás natural levantadas, é possível constatar que apenas a substituição do óleo combustível apresenta potencial técnico elevado. A próxima etapa, portanto, é realizar uma análise econômica dessa alternativa de forma a estimar o potencial de substituição nesse aspecto.

3.3.2. Avaliação do Potencial Econômico:

Segundo a metodologia proposta, o critério de priorização de análise do potencial econômico é obtido através do cálculo do indicador que explicita qual alternativa de substituição agrega mais valor ao produto final da operação com o menor gasto energético, para que se possa iniciar a análise pela alternativa que tenha o maior gasto energético por unidade monetária obtida com a produção. Como no nosso exemplo temos apenas uma alternativa a ser analisada, não seria necessário o cálculo desse indicador para fins comparativos. É interessante, no entanto, estar de posse dessa informação, já que nos dá uma base inicial para a estimativa do potencial econômico. Conhecidos o valor agregado à produção e o consumo de óleo combustível em 2008, é possível obter o indicador em questão para a situação atual:

Valor agregado à produção estimado em 2008: US\$ 800.000.000

Consumo energético total na situação atual: 391.391 tep

Gasto energético por valor agregado à produção: 0,489 tep/ 1000 US\$

Sendo assim, diz-se que para cada US\$ 1000 de valor agregado ao produto final, gasta-se apenas 0,489 tep de energia, o que é considerado um valor baixo em comparação ao padrão dessa indústria e indica que o processo, em termos de gasto energético, é economicamente eficiente.

Prosseguindo com a análise para o caso da substituição de óleo por gás natural, é necessário levantar os custos atuais de operação (opex) da planta com óleo combustível para fins de comparação com o custo operacional da planta após a substituição. No caso da substituição, é importante também conhecer o investimento inicial (capex) necessário para a realização da substituição,

relacionado à adaptação e/ou trocas dos equipamentos para o recebimento de gás natural em substituição ao óleo combustível.

Para a estimativa do capex, foi obtida uma relação entre o capex de substituição das pelletizadoras da Vale que já realizaram essa troca e o consumo antigo de óleo combustível nessas usinas. Dessa forma, foi estimado o preço unitário da substituição; ou seja, quanto custa em média substituir uma tonelada de óleo combustível por gás natural em uma planta de pelletização. Conhecendo o consumo atual de óleo combustível na Usina X, foi constatado que o capex de substituição do óleo por gás fica em torno de US\$ 100.000,00.

Para a obtenção dos custos de operação e mantendo a premissa anterior de que toda a energia da Usina X é adquirida, serão considerados os custos de aquisição do óleo combustível e do gás natural de acordo com as premissas de preço de aquisição e de demanda de insumos energéticos até o ano de 2030. Preservando essas informações, que fazem parte do planejamento estratégico da empresa e possuem caráter sigiloso, os valores aproximados de capex e opex (demanda multiplicada pelo preço unitário) já consolidados encontram-se na tabela a seguir:

Ano	Caso Atual (Milhões US\$)		Substituição (Milhões US\$)	
	Óleo Combustível		Gás Natural	
	Capex	Opex	Capex	Opex
2009	-	95,0	0,1	-
2010	-	90,0	-	85,0
2011	-	89,0	-	82,0
2012	-	84,0	-	80,0
2013	-	78,0	-	75,0
2014	-	76,0	-	70,0
2015	-	72,0	-	64,0
2016	-	68,0	-	58,0
2017	-	67,0	-	54,0
2018	-	68,0	-	55,0
2019	-	68,0	-	55,0
2020	-	69,0	-	56,0
2021	-	69,0	-	56,0
2022	-	70,0	-	56,0
2023	-	70,0	-	56,0
2024	-	71,0	-	57,0
2025	-	71,0	-	57,0
2026	-	72,0	-	57,0
2027	-	73,0	-	58,0
2028	-	73,0	-	58,0
2029	-	74,0	-	58,0
2030	-	74,0	-	59,0

Tabela 5: Estimativas de capex e opex para o uso de óleo combustível e para o caso de substituição por gás natural na Usina X.

A partir desses valores é possível trazer para valor presente a quantia economizada ou o gasto adicional ocasionado pela substituição do óleo combustível pelo gás natural. Para isso, será calculado um VPL considerando como saída, ou seja, o investimento inicial, o capex de substituição do óleo pelo gás em 2009, e como entradas nos anos seguintes a diferença entre os custos de operação atuais e os da substituição. O tempo do projeto será de 22 anos, a partir de 2009 até 2030, e a taxa de desconto aplicada será de 10% ao ano. A taxa de câmbio considerada para 2009 é de 2,3 (R\$/US\$).

Gastos e Ganhos de Substituição (Milhões US\$)*	
2009	- 0,1
2010	5,0
2011	7,0
2012	4,0
2013	3,0
2014	6,0
2015	8,0
2016	10,0
2017	13,0
2018	13,0
2019	13,0
2020	13,0
2021	13,0
2022	14,0
2023	14,0
2024	14,0
2025	14,0
2026	15,0
2027	15,0
2028	15,0
2029	16,0
2030	15,0

Tabela 6: Entradas e saídas dadas pela substituição de óleo combustível por gás natural na Usina X.

Com as entradas e saídas de fluxo monetário estimados e as premissas estipuladas, obteve-se um valor presente líquido de aproximadamente 73 milhões de dólares – US\$ 73.281.810,00 – o que significa dizer que apesar do dispêndio inicial, a substituição do óleo combustível por gás natural é economicamente atrativa. Considerado o custo de substituição, o valor líquido gerado é expressivo particularmente com uma taxa de atualização de 10% ao ano.

É necessário observar que o cálculo do valor presente líquido da substituição do óleo combustível pelo gás natural foi calculado considerando que todo o gás natural consumido no tempo considerado no projeto (2009 a 2030) será adquirido via contratos, e não auto-produzido. Se a Usina X pudesse receber gás

produzido pela própria empresa para a utilização em suas operações, então a partir do ano em que isso acontecesse, não haveria mais a margem de aquisição desse energético considerada na avaliação econômica realizada nesse exercício, tornando o uso desse insumo ainda mais competitivo economicamente do que o uso do óleo combustível.

Deve-se ressaltar, também, que para o presente exercício foram adotadas as premissas de preço e demanda de energéticos de acordo com um cenário pré-crise e, portanto, não incluem possível diminuição na produção de curto prazo, de acordo com a conjuntura global, ocasionando redução da demanda por energia e nem a flutuação dos preços de combustíveis fósseis e derivados de petróleo nesse mesmo período. Espera-se, no entanto, que essas discrepâncias com a conjuntura atual não venham a comprometer significativamente a análise de competitividade, pois a análise econômica é realizada no longo prazo, considerando os custos até 2030, e espera-se que a situação de crise seja atenuada no curto prazo.

Além da presente volatilidade dos preços, a diferença de preço relativo entre óleo combustível e gás natural pode ser assumida no longo prazo por um lado em razão das perspectivas de auto-produção e, por outro em razão de políticas tributárias de cunho ambiental que devem encarecer o uso do óleo combustível.

Sendo assim, identificado que a alternativa de substituição em questão tem potencial econômico, deve-se prosseguir para a última etapa da análise de competitividade, que consiste na avaliação do potencial de mercado da substituição.

3.3.3. Avaliação do Potencial de Mercado

O último passo para identificar se a substituição do óleo combustível por gás natural é realmente viável consiste em agregar à análise indicadores que explicitem todos os aspectos até agora não abordados e que podem de alguma forma influenciar na competitividade da troca. Esses indicadores, denominados indicadores de mercado, devem servir para nortear medidas cuja adoção traria redução de custos ao usuário.

Serão abordados quatro aspectos que em geral estão contidos em estudos de viabilidade econômica: demanda do produto final no mercado, aspectos logísticos, aspectos regulatórios e aspectos ambientais.

- Demanda do Produto Final:

A intensificação da crise financeira global a partir de setembro de 2008 aprofundou de maneira substancial o seu impacto recessivo sobre a economia global.

Uma das conseqüências desse processo é o forte efeito negativo sobre a produção do aço, tendo em vista sua relevância para a produção industrial e construção civil. Desse modo, em diversas regiões do mundo, a indústria siderúrgica vem anunciando significativos cortes da produção, estimados em aproximadamente 20% da produção global em 2007. [6] Tendo em vista que a única utilização do minério de ferro e suas pelotas é na fabricação do aço, sua demanda tem sofrido direta e imediatamente o efeito da retração e da produção siderúrgica.

Sendo assim, no curto prazo, o presente cenário global tem exigido que a Vale ajuste seus programas de produção a fim de adequá-los à redução da demanda mundial por seus produtos. Até o momento, quatro plantas de pelletização, localizadas no Espírito Santo, estão paralisadas para manutenção, impactando diretamente a demanda por insumos energéticos no curto prazo.

A Vale, no entanto, confiando nos fundamentos de longo prazo dos mercados de minério e metais, implementará seu plano de investimentos para 2009, conforme anunciado em *Press Release* publicado no *site* oficial da empresa em 31 de outubro de 2008, e adotou como premissa a hipótese de que a situação de retração da demanda global por minérios e metais não perdurará. Sendo assim, acredita-se que no curto prazo, todas as unidades de pelletização voltem a funcionar normalmente e que a demanda energética seja regularizada.

Portanto, pode-se dizer que, no longo prazo, a demanda pelas pelotas de minério de ferro da Usina X será mantida ou aumentada e que, nesse caso, investimentos para melhorar a eficiência energética da planta de forma a agregar mais valor ao produto final são válidos.

- Aspectos Logísticos:

Caso a Usina X esteja localizada em região onde não haja rede de gasodutos adequada para que o gás natural possa ser distribuído à planta, há então um entrave logístico para a inserção desse insumo energético no processo. Nesse caso, portanto, seriam necessários estudos aprofundados, a fim de avaliar a possibilidade de investir em estrutura adequada de gasodutos para abastecer a pelletizadora. Para que a avaliação seja o mais realista possível, alguns pontos fundamentais devem estar incluídos no estudo, como a estimativa dos custos de instalação dos gasodutos, de forma a constatar se a instalação é economicamente atrativa ou não; aspectos regulatórios, para que sejam conhecidos os impostos atrelados à instalação dessa infra-estrutura e as licenças necessárias para o acesso às áreas de instalação; e aspectos sócio-ambientais, para que se possa estimar os impactos que essa infra-estrutura pode causar nas comunidades que vivem a cerca das instalações e ao meio ambiente, já que será necessária a abertura de clareiras para a construção da linha de gasodutos.

A viabilidade do uso de gás natural, portanto, está estreitamente relacionada a seu acesso e ao custo deste. Na formação de custo do gás, o transporte é o fator preponderante e, assim, a substituição pretendida pode ser inviabilizada ou fortemente encarecida, pela simples falta de acesso porque não existe infra-estrutura de transporte.

- Aspectos Regulatórios:

Para o caso de substituição do óleo combustível por gás natural, os modelos contratuais adotados atualmente no Brasil podem gerar incertezas no que diz respeito ao abastecimento de gás natural na Usina.

Os modelos “flexíveis” de contrato de compra de gás natural têm sido adotados com o intuito de garantir o despacho termelétrico nas ocasiões de baixa geração hidrelétrica (períodos de poucas chuvas) e estão divididos em duas categorias principais: categoria “firme-flexível”, modelo em que o suprimento de gás natural pode ser interrompido a qualquer momento pela Petrobrás, mas sem risco de indisponibilidade de insumo energético à planta, sendo o volume de gás não fornecido substituído por óleo combustível e os impactos financeiros daí decorrentes suportados pela própria Petrobrás; e categoria “interruptível”, sob o qual a Petrobrás também pode suspender o suprimento a qualquer momento, mas os custos de interrupção e substituição por outro energético é de responsabilidade do cliente, a Usina. [17]

Deve ser observado, no entanto, que esse risco de abastecimento existe apenas enquanto os volumes de gás natural forem adquiridos por terceiros via contrato. Caso a empresa que opera a Usina X adquira blocos de exploração e inicie a produção de gás para consumo próprio, esse risco será mitigado. Desta forma, são evitados os denominados custos de transação, o que favorece a “internalização” das atividades e justificaria as aquisições de licenças de exploração de gás natural.

- Aspectos Ambientais:

No Brasil, existem limitações e restrições legais no que diz respeito à emissão de poluentes em indústrias, tais como CO, NO_x, SO_x e particulados. Nesse sentido, por constituir uma fonte energética mais limpa do que o óleo combustível, a utilização do gás natural é vantajosa. A redução das emissões de poluentes é um recurso para demonstrar uma atuação pró-ativa ambientalmente e poderia até, no futuro, gerar créditos de carbono, se o investimento for enquadrado como um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) nos termos do Protocolo de Kyoto.

Analisando os quatro aspectos de mercado escolhidos para a avaliação da Usina X, é possível perceber que, para a inserção do gás natural como insumo energético, alguns investimentos de infra-estrutura podem vir a ser necessários. A questão principal é o suprimento de gás de forma que ele possa chegar até a planta adequadamente. Além disso, é preciso monitorar e avaliar com mais clareza os riscos atrelados à aquisição deste insumo, caso não haja auto-produção na empresa. Pode-se dizer, entretanto, que existe um potencial de mercado para a substituição do óleo combustível pelo gás natural, devido às vantagens relativas aos aspectos ambientais e à manutenção da demanda global pelo produto final do processo no longo prazo.

3.3.4. A Matriz Balanço Energético para a Usina X

A estruturação do balanço energético atual da Usina X poderia ter sido descrita na primeira parte da exemplificação do método, quando os principais insumos energéticos e suas destinações na planta de pelotização foram evidenciados. Optou-se, entretanto, por realizar essa etapa da metodologia após a etapa de análise de competitividade, de forma que seja possível comparar a matriz balanço energético antes e após a substituição considerada mais competitiva.

Assim, foram escolhidos o ano de 2008 e o ano de 2020 para serem estruturados na matriz balanço energético. Na matriz de 2008, será possível observar o fluxo energético na Usina X que incluiu o óleo combustível como insumo, enquanto na de 2020, o fluxo energético inclui a utilização de gás natural em substituição ao óleo e os outros insumos energéticos nas quantidades projetadas anteriormente.

Para o caso do balanço energético de 2020, serão consideradas duas hipóteses: a de aquisição e a de auto-produção de gás. Como premissa, será considerado que 10% do gás natural produzido e encaminhado para a UPGN é perdido e 10% do gás produzido na UPGN e enviado à Usina é também perdido na distribuição e armazenagem.

Deve-se observar que os consumos de eletricidade e carvão, que permanecem no balanço sob a forma de aquisição, apresentarão valores diferentes dependendo

do ano que a matriz reflete. A variação ocorre de acordo com a premissa de variação anual de demanda de energéticos estipulada pela empresa, também contemplada no cálculo do opex que gerou o VPL calculado na análise do potencial econômico (item 3.3.2).

Sendo assim, para o ano de 2008, a estrutura geral do balanço fica sob a seguinte forma:

- Energia Primária: carvão metalúrgico entra por meio de aquisição.
- Transformação: não existe.
- Energia Secundária: eletricidade e óleo combustível entram por meio de aquisição.
- Consumo Final: eletricidade é consumida nas três etapas do processo de pelotização, enquanto óleo combustível e carvão são consumidos na etapa de queima.

Usina X - 10 ³ tep 2008		Gás Natural Umido	Carvão Térmico	Carvão Metalúrgico/ Antracito	Energia Hidráulica	Outras Fontes Primárias	Energia Primária Total	Gás Natural Seco	C5+ e GLP	Óleo Diesel	Biodiesel	Óleo Combustível	Coque de Petróleo	Eleticidade	Energia Secundária Total	Total
Auto-Produção (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aquisição (+)	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,8	0,0	51,6	243,4	391,4
Oferta Total	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,8	0,0	51,6	243,4	391,4
Venda (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Não-aproveitada (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reinjeção (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oferta Disponível	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,8	0,0	51,6	243,4	391,4
Total Transformação ²⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plantas de Gás Natural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CTG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrelétrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Termoelétrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carvoas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outras Transformações	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Perdas Dist. Armazenagem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Final	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,8	0,0	51,6	243,4	391,4
Consumo Final Não Energético	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Final Energético	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,8	0,0	51,6	243,4	391,4
Alimentação e Moagem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,1	20,1	20,1
Espessamento ao Pelotamento	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	5,2	5,2
Queima	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	148,0	0,0	0,0	0,0	0,0	191,8	0,0	26,3	218,1	366,1
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 7: Matriz balanço energético para a Usina X em 2008.

Para o ano de 2020, assumindo a hipótese de aquisição de gás, tem-se a seguinte estrutura para o balanço energético:

- Energia Primária: carvão metalúrgico entra por meio de aquisição.
- Transformação: não existe.
- Energia Secundária: eletricidade e gás natural seco entram por meio de aquisição.
- Consumo Final: eletricidade é consumida nas três etapas do processo, enquanto gás natural seco e carvão são consumidos na etapa de queima.

Usina X - 10 ³ tep 2020	Gas Natural Umido	Carvão Térmico	Carvão Metalúrgico/Antracito	Energia Hidráulica	Outras Fontes	Energia Primária Total	Gas Natural Seco	C5+ e GLP	Óleo Diesel	Biodiesel	Óleo Combustível	Coque de Petróleo	Eletricidade	Energia Secundária Total	Total
	Auto-Produção (+)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aquisição (+)	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Oferta Total	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Venda (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Não-aproveitada (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reinjeção (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oferta Disponível	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Total Transformação ¹⁾	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plantas de Gás Natural	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CTG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrelétrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Termoelétrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carvoarias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outras Transformações	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Perdas Dist. Armazenagem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Final	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Consumo Final Não Energético	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Final Energético	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Alimentação e Moagem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	20,9	20,9
Essamento ao Pelotamento	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	5,4	5,4
Queima	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	211,1	382,8
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 8: Matriz balanço energético para a Usina X em 2020, hipótese de aquisição.

Para o ano de 2020, assumindo a hipótese de auto-produção de gás natural, a estrutura do balanço energético é:

- Energia Primária: carvão metalúrgico entra por meio de aquisição e gás natural úmido é auto-produzido.
- Transformação: gás natural úmido é transformado em gás natural seco via UPGN. Há perdas por distribuição e armazenagem.
- Energia Secundária: eletricidade é adquirida e gás natural seco é obtido via transformação, havendo perdas no processo.
- Consumo Final: eletricidade é consumida nas três etapas do processo, enquanto gás natural seco e carvão são consumidos na etapa de queima.

Usina X - 10 ³ tep 2020	Energia Primária										Energia Secundária				Total
	Gas Natural Umido	Carvão Térmico	Carvão Metalúrgico/Antracito	Energia Hidráulica	Outras Fontes Primárias	Total	Gas Natural Seco	C5+ e GLP	Óleo Diesel	Biodiesel	Óleo Combustível	Coque de Petróleo	Eletricidade	Total	
Auto-Produção (+)	227,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	227,0
Aquisição (+)	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	53,7	225,3
Oferta Total	227,0	0,0	171,7	0,0	0,0	398,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	53,7	452,3
Venda (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Não-aproveitada (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Reinjeção (-)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oferta Disponível	227,0	0,0	171,7	0,0	0,0	398,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	53,7	452,3
Total Transformação ¹⁾	204,2	0,0	0,0	0,0	0,0	204,2	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	183,8	20,4
Plantas de Gas Natural (UPGN)	204,2	0,0	0,0	0,0	0,0	204,2	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	183,8	20,4
CTG	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Hidrelétrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Termoelétrica	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Carvoarias	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Outras Transformações	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Perdas Dist. Armazenagem	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8
Consumo Final	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Consumo Final Não Energético	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Consumo Final Energético	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	53,7	237,4	409,1
Alimentação e Moagem	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	20,9	20,9
Espessamento ao Pelotamento	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	5,4	5,4
Queima	0,0	0,0	171,7	0,0	0,0	171,7	183,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,4	211,1	382,8
Outros	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 9: Matriz balanço energético para a Usina X em 2020, hipótese de auto-prod.

3.3.5. Conclusões Sobre o Diagnóstico Energético da Usina X

Após a realização da análise de competitividade do gás natural frente aos outros energéticos atualmente utilizados na Usina X, foi constatado que a única alternativa tecnicamente viável era a de substituir óleo combustível por gás natural devido à flexibilidade dos equipamentos utilizados e da ligeira melhora, em torno de 6%, na eficiência energética do processo. O uso do gás em substituição ao carvão não se mostrou viável devido a baixa eficiência energética dessa alternativa, enquanto o uso do gás em substituição à energia elétrica é inviável devido à natureza dos equipamentos utilizados.

Seguindo com a análise, a alternativa de substituição do óleo por gás mostrou bom potencial econômico devido à redução dos custos de aquisição do insumo energético, mas durante a avaliação do seu potencial de mercado, foram identificados alguns entraves que devem ser superados para que a pelletizadora possa receber gás natural adequadamente, como as restrições logísticas e de aquisição desse insumo. O ideal talvez seja que a modificação técnica nos equipamentos da fase de queima do processo se desse de forma a tornar a Usina bi-combustível. Ela estaria apta a receber o gás natural e o óleo combustível como insumos energéticos para a sua produção. Dessa forma, caso o suprimento de gás natural após a substituição seja comprometido por qualquer razão, óleo combustível poderá ser usado novamente como insumo, de forma a não comprometer a produção em nenhum momento. O sobrecusto desta alternativa não foi objeto de análise.

Estruturando o uso dos energéticos pela Usina X sob a forma da matriz balanço energético, foi possível observar que tanto para o uso do óleo combustível, como para o uso de gás natural, a quantidade total de energia disponível para uso é igual à quantidade consumida no processo produtivo (391,4 tep para o caso da utilização do óleo combustível em 2008 e 409,1 tep para o caso da utilização do gás natural em 2020), assumindo a hipótese de que o gás natural usado é adquirido via contrato de compra. Para a hipótese de auto-produção de gás, a energia proveniente do gás disponível para consumo, 183,8 tep, será cerca de 20% menor do que a quantidade de gás natural produzida no poço de exploração e destinada para uso na Usina X, 227 tep, devido às perdas por eficiência da

UPGN, distribuição e armazenagem, indicando que caso a Usina X venha a produzir gás natural para consumo próprio, o volume destinado ao consumo nessa operação deverá ser maior do que a quantidade real de gás consumida. Isso afeta diretamente o balanço energético da Usina, que não mais terá o valor total de energia disponível para uso igual ao seu consumo total de energia. Conseqüentemente, nesse contexto a energia total disponível para utilização, 452,3 tep, será maior em cerca de 10% do que a energia consumida na planta, 409,1 tep.

Capítulo 4

Considerações Finais

O presente trabalho aplicou uma metodologia conhecida para a análise energética de países e regiões, neste caso, para a elaboração do diagnóstico energético em um ambiente corporativo. A vivência obtida dentro da Vale permitiu ancorar o raciocínio dentro da realidade de uma empresa, entre as maiores do país e dentro de uma realidade energética dominada pela volatilidade e incerteza. Assim, foi possível entender as dificuldades na implantação de estratégias que, embora evidentes, encontram diversos obstáculos, internos e externos. A metodologia foi implementada com o intuito de testar a sua viabilidade em estudos de avaliação de competitividade entre energéticos, focando a inserção do gás natural como insumo energético.

A metodologia dividiu o diagnóstico energético em duas etapas principais: a análise de competitividade, através de uma série de indicadores organizados em três categorias – técnicos, econômicos e de mercado – que priorizam e hierarquizam as alternativas de substituição entre energéticos mais competitivas; e a estruturação do balanço energético através de uma matriz balanço energético, seguindo o mesmo formato do Balanço Energético Nacional, publicado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética, ligada ao Ministério de Minas e Energia. Os esquemas gerais de cada etapa do diagnóstico estão descritos nas figuras 16 e 17:

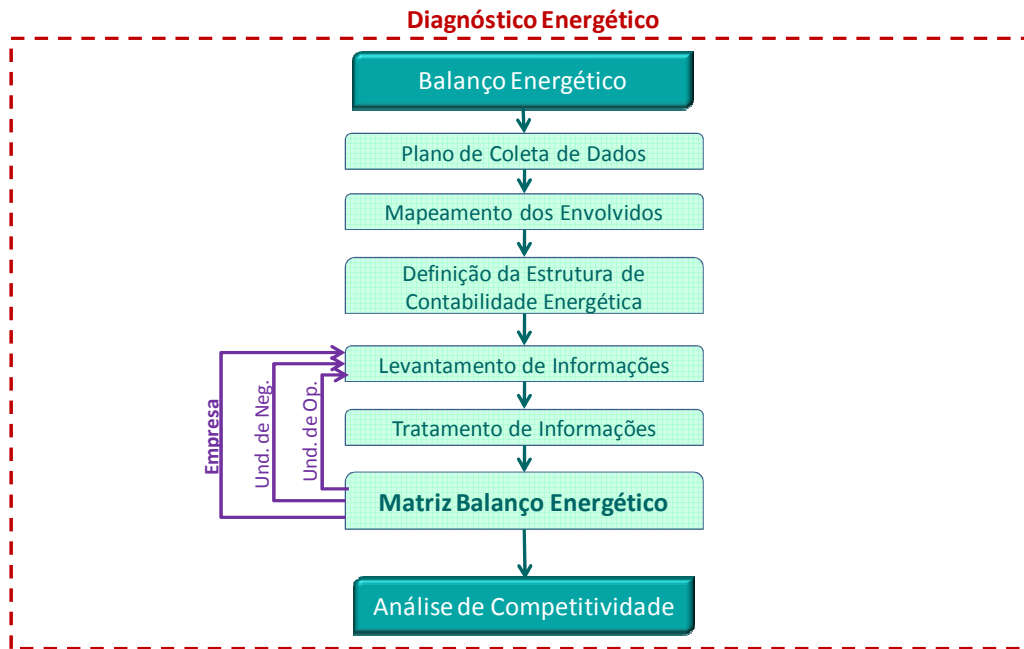


Figura 16: Resumo da metodologia proposta para o balanço energético.

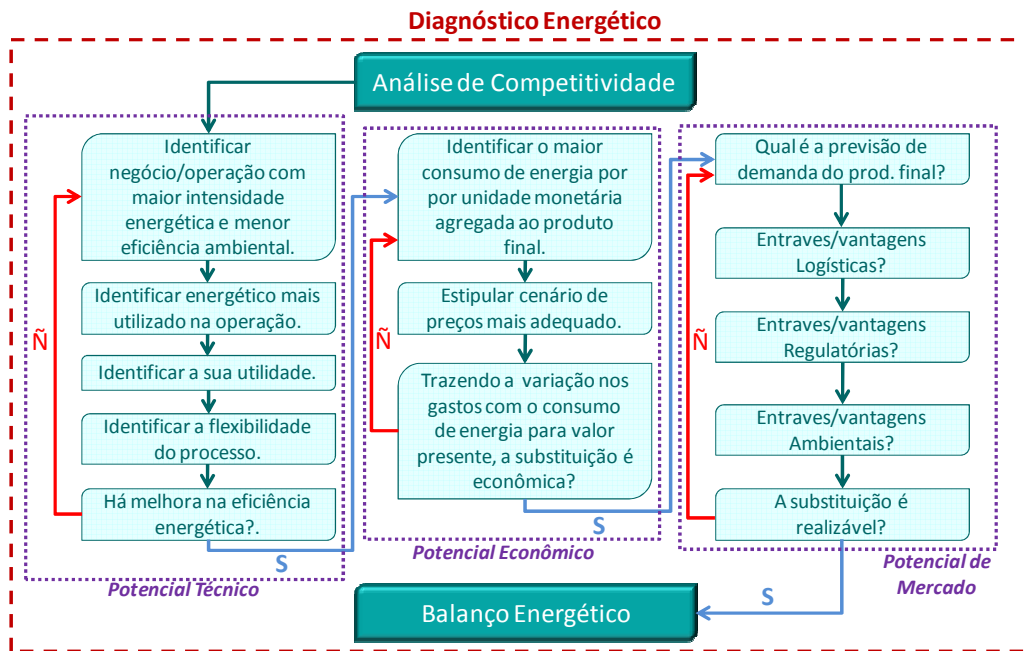


Figura 17: Resumo da metodologia proposta para análise de competitividade.

Como primeiro passo para a implementação da metodologia proposta, foi realizado um estudo de caso de forma a aplicar a metodologia com a finalidade de avaliar o potencial de inserção do gás natural no processo de pelotização.

O estudo de caso para a pelletização foi dividido em duas partes: na primeira parte, foi elaborado e implementado um plano de coleta de dados, para que fosse possível agregar todas as informações relevantes para a elaboração do diagnóstico energético de uma empresa. Na segunda parte, foi proposta uma usina de pelletização como referência. A metodologia descrita anteriormente foi aplicada nesse exemplo, sendo possível concluir que a alternativa mais competitiva de inserção do gás natural na matriz energética das operações de pelletização é o seu uso em substituição ao óleo combustível. Além disso, a estruturação do balanço energético da operação de acordo com o método proposto permitiu a observação dos fluxos energéticos das modalidades presentes na operação e das possíveis perdas atreladas a esses fluxos.

Ao aplicar a metodologia é necessário atentar para o tratamento das informações. Quanto mais homogêneos, simplificados e sistematizados forem questionários e respostas, mais preciso será o diagnóstico e menos custosa será a sua elaboração. Internamente, também é preciso o esclarecimento das razões e dos objetivos do projeto, sem o qual não se obterá o comprometimento dos funcionários com a pesquisa, nem o comprometimento dos dirigentes com a implementação do projeto de substituição.

Por fim, fica claro que, em grandes empresas com atuação em escala mundial e envolvidas com processos produtivos energointensivos, as decisões passam por diversos critérios de seleção: técnicos, econômicos e mercadológicos. Embora seja indiscutível as vantagens ambientais da substituição do óleo combustível pelo gás natural e que este energético tenha obtido sucesso em sua penetração na matriz brasileira, seu aproveitamento em unidades de pelletização (no lugar do óleo combustível) não é imediato e deve vencer certos obstáculos como o seu acesso físico (disponibilidade de infra-estrutura de transporte) e as indefinições regulatórias (quanto ao preço dos tributos ou à regulamentação da nova Lei do Gás).

A importância da energia na formação de custo de empresas mineradoras, assim como do transporte, podem justificar estratégias de incorporação de jazidas de gás natural e de novas infra-estruturas de transporte específicas para acessá-las. No caso da Vale, como pode ser inferido a partir do breve histórico contido no início desta monografia, o aumento da participação do gás natural em sua matriz é coerente com

a busca de uma maior eficiência energética e natural para uma empresa que nunca se limitou à mineração de ferro, embora seja em torno disto que tudo gire.

Pode-se concluir deste trabalho, portanto, que a aplicação da metodologia proposta para a realização de um diagnóstico energético dentro do ambiente corporativo pode ser bem sucedido no que diz respeito à organização de dados de forma estruturada e consistente e às identificações de alternativas de substituição entre energéticos que venham a buscar a otimização da matriz energética da empresa em análise.

Capítulo 5

Referências Bibliográficas

- [1] CARLONI, F. B. B. A., D'AVIGNON, A.; “Planejamento Energético e Gestão do Conhecimento”; XII Congresso Brasileiro de Energia, Anais 2008;
- [2] CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFFICIENTIA; “Gestão Energética”; Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005;
- [3] “Form 20-F”, 2008, Companhia Vale do Rio Doce, www.vale.com, acesso em 20 de agosto de 2008;
- [4] MAYRINK, G.; “Histórias da Vale”. São Paulo: *Museu da Pessoa*, 2002.
- [5] NUNES, R. C.; “Privatização e Ajuste Fiscal no Brasil”;
http://www.tesouro.fazenda.gov.br/Premio_TN/IIpremio/ajuste_fiscal/1tefpIIPTN/NUNES_Ricardo_da_Costa.pdf; acesso em 12 de abril de 2009;
- [6] www.vale.com, acesso em 27 de outubro de 2008;
- [7] http://www.brasil-rounds.gov.br/portugues_topo/blocos_sob_concessao.asp, acesso em 5 de abril de 2009;
- [8] PEIXE, P. R., 1985, “Definição do Funcionamento e Diagnóstico de Sistema Energético”, *Monografia PIMEB*;
- [9] “Balanço Energético Nacional 2007”, 2007, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética, Rio de Janeiro;
- [10] “Matriz Energética Nacional 2030”, 2007, Ministério de Minas e Energia, colaboração Empresa de Pesquisa Energética, Brasília;
- [11] “Ferramentas para Planejar Energia no Brasil”, 2005, INEE;
http://www.inee.org.br/eficiencia_downloads.asp?Cat=eficiencia, acesso em 30 de setembro de 2008;

[12] REBOUÇAS, M. M., 1987, “Reflexões Sobre Indicadores Energéticos”, Tese MSc, COPPE/UFRJ, Engenharia Nuclear;

[13] “Plano Nacional de Energia 2030”, 2007, Ministério de Minas e Energia, colaboração Empresa de Pesquisa Energética, Brasília;

[14] TOLMASQUIM, M.T., SZKLO, A.S., SOARES, J. B., 2003, “Mercado de Gás Natural na Indústria Química e no Setor Hospitalar do Brasil”, Edições CENERGIA, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil.

[15] Informação cedida pela Vale;

[16] MONTEIRO, A.M., BRAGA, A. P., CARVALHO, B. P. R.; “Modelagem Neural de um Processo de Produção de Pelotas de Minério de Ferro”, VII Seminário de Automação de Processos da ABM,, São Paulo, Brasil, 2003;

[17] www.comgas.com.br; acesso em 23 de março de 2009.

[18]

<http://portalexame.abril.com.br/revista/exame/edicoes/0880/gestaoepessoas/m0115470.html>, acesso em 12 de abril de 2009.