



IBP1086_06

THE INDUSTRIAL COGENERATION AS SYNONYMOUS OF ECONOMIC PROGRESS SOCIAL AND HUMAN

Liodoro de Mello¹, Luiz Marcelo de Oliveira Souza²

Copyright 2006, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico foi preparado para apresentação na *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*, realizada no período de 11 a 14 de setembro de 2006, no Rio de Janeiro. Este Trabalho Técnico foi selecionado para apresentação pelo Comitê Técnico do evento, seguindo as informações contidas na sinopse submetida pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho Técnico, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, seus Associados e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho Técnico seja publicado nos Anais da *Rio Oil & Gas Expo and Conference 2006*.

Resumo

O paper presente nos anais desta conferência consiste em parte do estudo sobre a demanda industrial de gás natural em Minas Gerais. Analisa o benefício ao município de Juiz de Fora, atualmente, responsável por 23% do consumo deste combustível no estado. Na mesma medida, por via da análise de sensibilidade, viabilidade técnica, econômica e financeira propõe-se a implantação da produção combinada de energia térmica e elétrica (sistema de cogeração) no contexto do parque industrial Benfica II. Região onde encontra-se instalada, uma usina de asfalto modelo contra fluxo, que utiliza o gás natural desde 2002, para abastecer o processo produtivo. Como resultado desta alternativa moderna de busca da eficiência energética espera-se diminuir a emissão de poluentes, responsáveis pelo aquecimento global, os custos da energia elétrica demandada, aumentando-se a competitividade industrial e o bem estar humano.

Abstract

Present paper in annals of this Conference consists of part of the study on the industrial natural Gas demand in Minas Gerais. It analyzes the benefit to the city of Juiz de Fora, currently, responsible for 23% of the consumption of this fuel in the state. In the same measure, for it saw of the sensitivity analysis, viability technique, economic and financial it is considered implantation of the agreed production of thermal and electric Energy (cogeração system) in the context of the industrial park Benfica II. Region where one meets installed, asphalt plant model against flow, that uses the natural Gas since 2002, to supply the productive process. As result of this modern alternative of search of the Energy efficiency one expects to diminish the emission of pollutants, responsible for the global heating, the costs of the demanded electric Energy, increasing it industrial competitiveness and the welfare human.

¹ Mestrando em Engenharia da Energia – Universidade Federal de Itajubá/UNIFEI, Grupo de Estudos Energéticos/GEE – Especialista em Economia e Planificação Energética – Universidade Federal de Comunhe/Instituto de Economia e Energia/IDEE, Economista – UNISANTOS

² Mestre em Engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ – Centrais Elétricas Brasileiras S.A – ELETROBRÁS

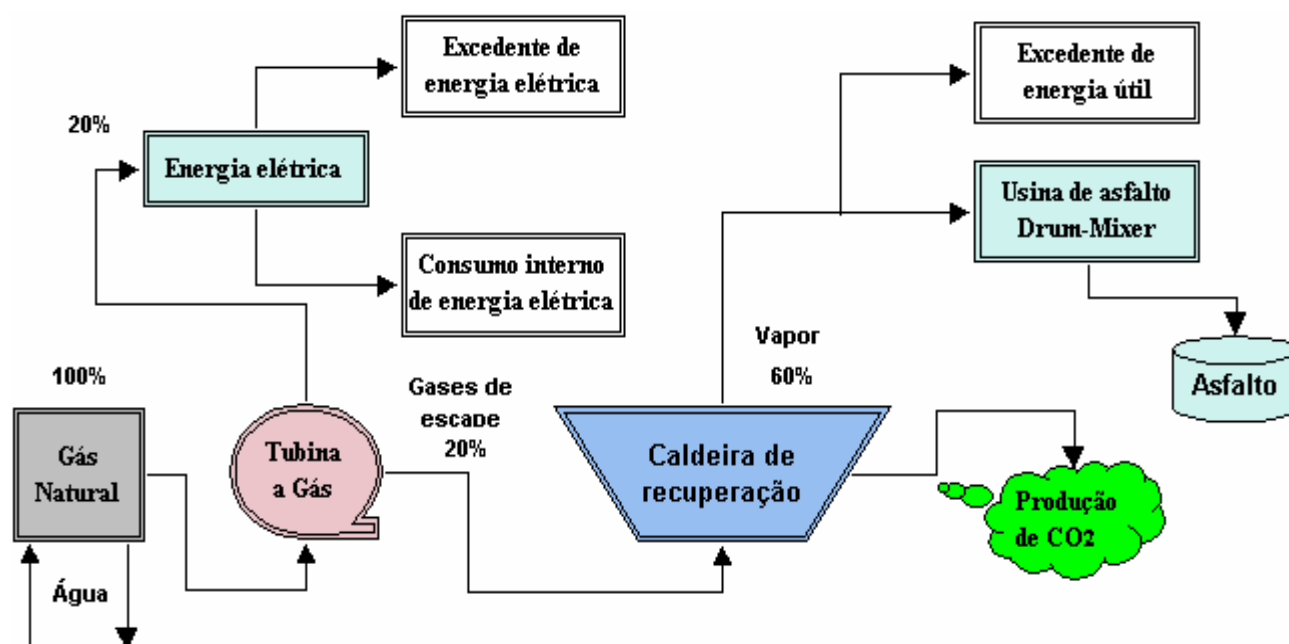
1. Introdução

A rede de distribuição de gás natural no Estado de Minas Gerais é de aproximadamente 40 km – somente no município de Juiz de Fora são 6 km e esta expansão da malha de dutos representou um aumento do consumo médio de gás natural para 322.700 m³/dia. Esta nova etapa iniciada em 2002 e concluída em maio do mesmo ano exigiu recursos da ordem de R\$2,3 milhões e deste, R\$ 500 mil foram gastos para contemplar a Usina de Asfalto da Empresa Municipal de Pavimentação Urbana do município, entidade comprometida com os trabalhos de pavimentação e urbanização de toda região da Zona da Mata Mineira.

A Empav utilizando-se do sistema Drum-Mixer de contra fluxo, alimentado pelo gás natural, com uma demanda de 78.890 m³/mês, aumentou sua produção de asfalto em 23%. Na mesma medida, impôs uma redução de 20,80% nos custos de energia elétrica, para uma média de massa asfáltica superior à 4.708.06t/mês. Por outro lado, 80% do calor gerado no processo produtivo, sob a forma de gases de exaustão vem resultando num prejuízo material, econômico e ambiental.

De fato, num processo industrial qualquer o calor gerado, quando não aproveitado por outro tipo de sistema pode representar um desperdício de energia primária. Com a preocupação em melhorar as condições produtivas sobretudo ambientais do município de Juiz de Fora, na luz da conservação de energia, formulou-se um estudo técnico de viabilidade econômica e financeira da implantação do sistema de cogeração, como alternativa de produção simultânea e combina de calor útil podendo gerar energia térmica, mecânica e elétrica.

Figura 1 – Diagrama de Fluxo de energia típica de uma Turbina a Gás natural



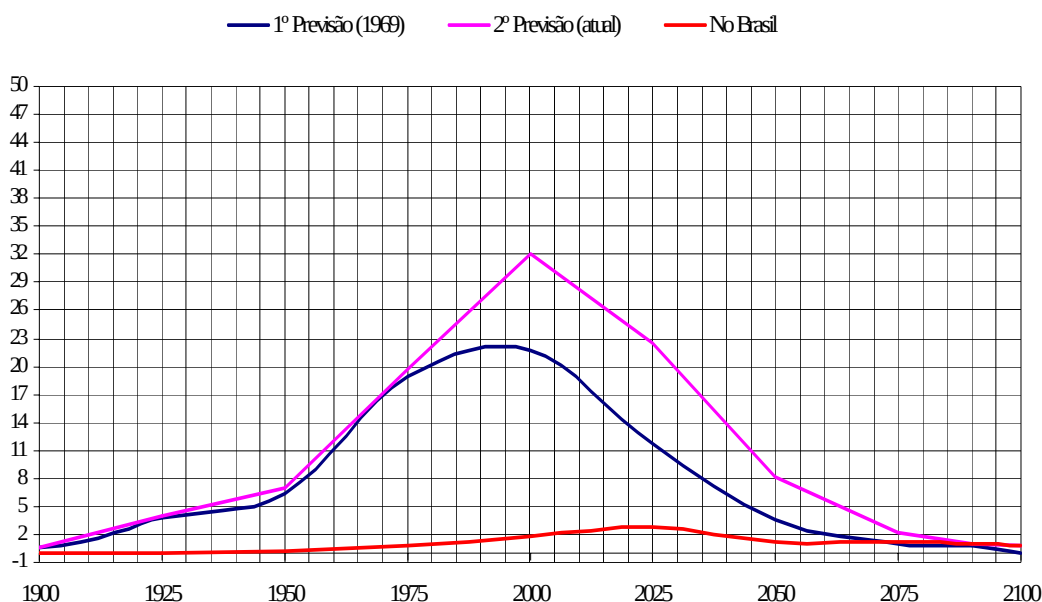
Fonte: modificado Schmitz and Koch, 1996 apud NOGUEIRA (2004)

Como se sabe, um sistema industrial convencional convertido a cogeração os fluxos e estoques naturais (energia primária do combustível) entram com 100% (Figura 1). Esta energia se encaminha aos centros de transformação neste caso em uma turbina a gás e segue para a caldeira de recuperação. A energia secundária se encaminha à usina de asfalto, e aos equipamentos de uso final, para mais tarde disponibilizar o produto ao usuário, normalmente empresas públicas. Apesar de atender às necessidades de recomposição e pavimentação asfáltica da região, a Empav, ainda mantém grande desperdício em seu processo produtivo.

Estas perdas são provenientes do limitado aproveitamento do combustível (gás natural), justamente num momento em que se avista o pico da produção mundial de petróleo que segundo a Curva de Hubert está próximo de

(2010-2015). E neste caso, mesmo o Brasil em meio à auto-suficiência produtiva (equilíbrio das funções oferta e demanda interna) poderá sofrer impactos de demanda e preço, em curto prazo, o que deverá elevar também os preços do asfalto betuminoso (CAP-20), subproduto refinado do petróleo, que ainda hoje possui uma sistemática de cálculo onde os preços são fixados nas refinarias, de acordo com a fórmula paramétrica mantendo-se defasados em cerca 43% em relação aos preços internacionais.

Gráfico 1 – Curvas de produção de petróleo no mundo e no Brasil (em 10^9 barris/ano)



Fonte: modificado (HUBBERT, Energy Resources, p.196 1969) – (2006)

A premissa básica é a de que o pico da oferta de petróleo no mundo (Gráfico 1) poderá ser atingido a partir de 2010. E neste ponto a produção em franco declínio não mais atenderá a demanda mundial, principalmente nas economias energointensivas de países industrializados e emergentes. A tendência é a de que pela primeira vez, em escassez na humanidade, esta fonte de energia primária, que fomenta a indústria de bens e serviços, assim como o subproduto, asfalto betuminoso (CAP 20), em médio prazo possa sofrer um desequilíbrio de oferta e preços, o que explica a preocupação com novas alternativas energéticas, como é o caso do sistema de cogeração.

2. A gênese da massa asfáltica e o sistema de cogeração

Pode ser que uma outra mistura homogênea no futuro substitua às convencionais de massa asfáltica, composta basicamente de cimento de petróleo (CAP 20) – e que, com novas exigências, desempenhe o papel tanto funcional, quanto estrutural e de sustentação do sistema de circulação de mercadorias nas rodovias. Estas últimas no Brasil em condições precárias, o que onera os custos de frete, consequentemente dos produtos em uma economia de escala.

Nestes tempos o asfalto betuminoso deixa de ser visto como um custo de produção, para ser tratado mais como um produto que compõe e complementa outros custos. E sua importância cresce na medida em que no futuro, como derivado não energético do petróleo poderá um dia se exaurir. Enquanto este dia não chega a produção de asfalto cresce chegando a 11% em relação aos não energéticos, o coque 12%, a nafta 59%, a parafina 6% e os outros combustíveis 12% (Quadro 1).

Pode ser que em curto prazo, a capacidade de refino no país, venha a crescer visto que as refinarias ainda trabalham com margens, que permitem acomodar um aumento real da demanda – já a produção de asfalto segue os mesmo rumo. Portanto, maior produção de petróleo significa crescimento econômico, mais asfalto e maior competitividade, a partir de novas alternativas energéticas.

Quadro 1 – Participação dos Derivados na indústria petrolífera nacional (mil barris)

Derivados		mil m ³	2002	2003	2004	2005	%
Não Energéticos	Asfalto	1.652,86	10.396,18	10.625,93	10.860,76	11.100,79	1,70%
	Coque	1.803,12	11.341,28	11.496,66	11.654,16	11.813,82	1,86%
	Outros	1.727,99	10.868,73	13.316,37	16.315,21	19.989,40	1,78%
	Parafina	841,46	5.292,60	6.006,04	6.815,65	7.734,41	0,87%
	Nafta	9.000,57	56.611,90	50.203,43	44.520,40	39.480,69	9,27%
Sub Total		15.026,00	94.510,69	91.654,72	90.166,20	90.119,11	15,47%
Total Energéticos		82.088,00	516.317,92	508.285,38	500.904,58	494.139,30	84,53%
Total Geral		97.114,00	610.828,61	599.940,10	591.070,77	584.258,41	100,00%

Fonte: modificado Anuário Estatístico do petróleo e gás-ANP (2006)

Do total dos combustíveis (energético e não energético) o asfalto representa 1,70% quase 1.652 mil m³ produzidos e distribuídos às empresas – o asfalto convertido em barril representou em 2005 11.100 mil. A partir da lei 9.478 (Lei do Petróleo) houve um aumento dos investimentos privados no setor petrolífero brasileiro o que gerou crescimento, sob novas tecnologias aproximando-se o sonho da auto-suficiência. Este aumento qualitativo na capacidade de produção de petróleo foi de 9,43% e de 4,39% em relação ao gás natural (Quadro 2).

Quadro 2 – Produção brasileira de hidrocarbonetos

Meses		2000	2001	2002	2003	2004	2005	%
Petróleo	Jan/a Jul	39.587.195	43.255.795	49.320.397	50.211.858	49.610.704	54.311.357	8,66%
	Ag/a dez	32.056.499	31.764.167	35.078.570	36.607.839	36.356.276	40.604.394	10,4%
	Total	71.643.694	75.019.962	84.398.966	86.819.697	85.966.980	94.915.751	9,43%
Gás Natural	Jan/a Jul	7.547.195	8.024.912	9.251.037	8.974.244	9.772.127	10.307.207	5,19%
	Ag/a dez	5.735.682	5.973.886	6.274.117	6.817.820	7.199.029	7.444.068	3,29%
	Total	13.282.877	13.998.798	15.525.153	15.792.064	16.971.156	17.751.275	4,39%

Fonte: ANP - Boletim Mensal de Produção submetido à ANP- (2005)

Em alguns estágios da cadeia de comercialização de hidrocarbonetos, os preços são liberados - não há, portanto, ressarcimentos relativos ao transporte. Cabe ressaltar que em relação ao CAP-20 de demanda exclusiva do setor público a demanda é inelástica. Por conta disso, o setor privado quase não consome o asfalto betuminoso – somente as “prefeituras, os governos dos estados e a União – e neste caso, se os preços caírem à custa de uma pequeníssima redução da lucratividade destes grupos privados vai-se alavancar enormemente a capacidade de investimento público na manutenção de estradas e vias urbanas, PIMENTEL (2003).

Segundo o antigo DNER (2202) atualmente substituído pelo DNIT “em 2001, quando os preços do asfalto experimentaram uma queda e mesmo assim foram gastos 418,70 milhões de reais com a recuperação e manutenção de estradas federais. E outros 474,6 milhões utilizados para duplicação e construção de novas rodovias”, Por outro lado, neste período ocorreu um outro fator determinante: a pressão eleitoral, que acabou provocando um acúmulo de obras – mesmo que distantes no tempo, estas afirmações, ainda podem ser consideradas verdadeiras.

Em curto prazo a Empav, poderá experimentar um provável aumento de preços da massa asfáltica o que poderá representar também, um aumento nos custos ainda mais quando se produz asfalto utilizando-se um combustível de hidrocarboneto. Ao acessar a tecnologia de cogeração, a empresa pode atingir níveis de produtividade elevado com qualidade ambiental, ao contrário do que ocorre hoje em função dos problemas de tarifação do gás e de utilização inadequada da energia térmica (energia primária).

Com a tendência de desvalorização cambial, em médio prazo, ocorreu no período entre 2004-2006 (17, 94%), os preços dos equipamentos (turbina a gás e caldeira de recuperação), podem diminuir e ficará mais barato a conversão da Empav ao sistema de cogeração.

2.1. Fundamentos básicos

Houve deste o início, uma preocupação em conhecer a produção de asfalto da EMPAV a partir de uma usina a gás natural. Esta nova unidade de contra fluxo veio a substituir a antiga, que exigia estoque de combustível A1 (óleo diesel). Implantada em 2000, com aporte de capital da ordem de 2,30 milhões de reais, o novo equipamento garantiu uma economia aproximada de 13% sobre o saldo da energia primária gerada.

De modo a compensar ainda mais todo este investimento apresentou-se em 2004, um estudo técnico, econômico de sensibilidade e viabilidade de implantação do sistema de cogeração. Naquela época, como acontece atualmente, o objetivo é conseguir maximizar a economia de energia primária, sob a forma de aproveitamento térmico, inclusive, com a produção simultânea e combinada de energia útil (energia elétrica, térmica e mecânica).

Mesmo assim, estão estabelecidas algumas barreiras para a efetiva implantação do sistema de cogeração na Empresa Municipal de Pavimentação Urbana de Juiz de Fora (EMPAV). Mas se são tantas as vantagens deste sistema, o porquê, de não ter sido ainda implantado na empresa? Em primeiro lugar, aparecem as dificuldades culturais, ou seja, não há política responsável e de conservação de energia na usina. Desde sua fundação a Empav, mantém um nível de produção de asfalto que atende exclusivamente a demanda política emergencial da região, e por isto mesmo a preocupação sócio-ambiental e produtiva está relegada a segundo plano.

Em segundo lugar, o estado não se capacita para gerir o crescimento urbano, sem que haja uma contrapartida política, e neste caso institucional – ao contrário historicamente o valor dos bens depende, não somente da utilidade e quantidade (elementos da teoria da utilidade marginal). Consideram-se como causas do valor o consenso social (valor social). O que obriga deixar à margem apreciações de cada indivíduo, para centralizar a análise no contexto dos grupos de indivíduos.

O asfalto aí se torna fundamental para satisfazer às necessidade coletivas – sua produção e conseqüente aplicação urbana e ou rural representam a disposição das autoridades em fomentar o desenvolvimento pessoal, à margem da importância com o ser humano e ao acesso mais fácil às mercadorias, com um menor custo.

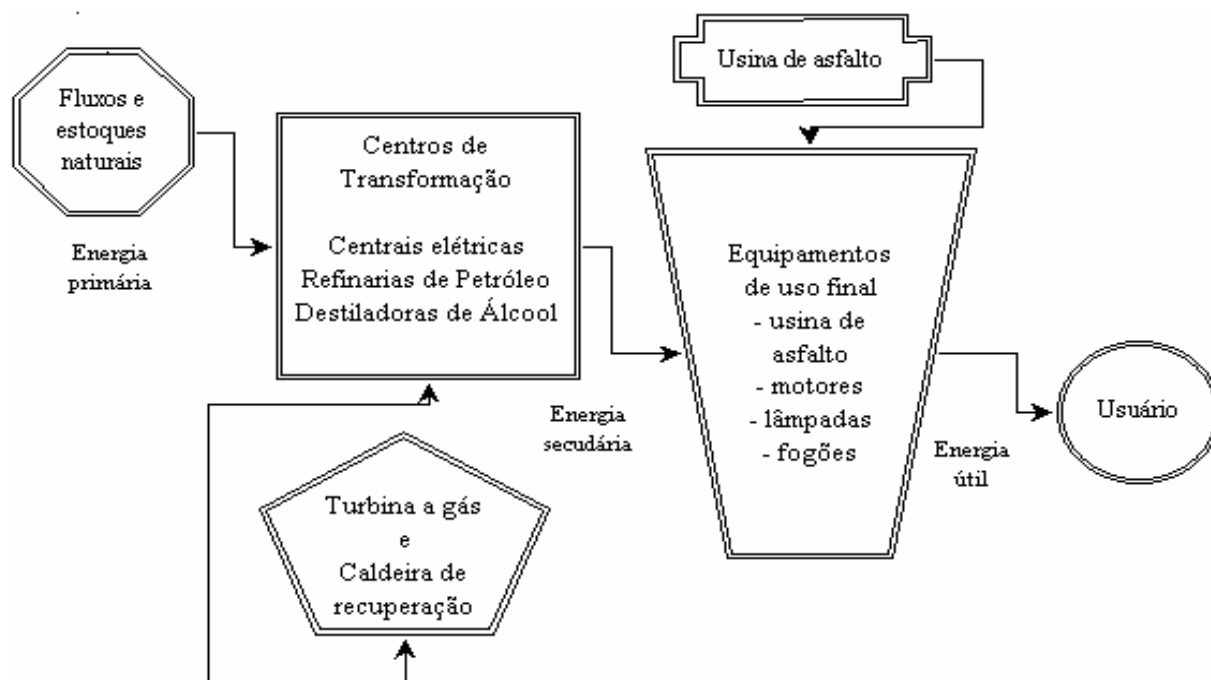
Em meio às críticas construtivistas há de se pensar que a cogeração proposta, sobretudo, como sistema de ampliação do bem estar comum, pode com recursos da economia e venda dos excedentes de energia elétrica produzidos pelo aproveitamento do sistema de cogeração na usina poderá custear no futuro outros investimentos.

2.2. Os sistemas: convencional de transformação de energia e de cogeração

Nestas condições têm-se estimativas socialmente aceitas da importância que se há de atribuir ao asfalto produzido sob o sistema de cogeração, isto como meio de satisfazer necessidades. De fato, a Empav possui às condições ideais para a implantação do sistema de produção combinada e simultânea de energia útil (cogeração), quais sejam: resíduos no processo produtiva, demanda de calor e de energia elétrica, potência de máquinas, espaço físico e possibilidades de financiamento.

A (Figura 2) a seguir mostra a configuração do processo de produção de asfalto na Usina da Empav após a instalação do sistema de cogeração. Neste exemplo a energia primária do gás natural (combustível que abastece o processo produtivo) chega no sistema com 100% e é assim distribuído: 20% em energia elétrica, 20% em gases de exaustão e outras perdas e 60% em energia térmica reutilizável no próprio sistema.

Figura 2 – Sistema energético



Fonte: modificada NOGUEIRA (2002)

3. Conclusões

A “cogeração como produção simultânea de potência mecânica ou elétrica e calor útil a partir de uma única fonte de calor”, NOGUEIRA (2004) representa um procedimento bastante empregado nos países industrializados – já no Brasil ainda há algumas resistências. Mas com a proximidade do “peak oil” da produção mundial de petróleo a preocupação com a exaustão de energia primária passa a fazer parte das grandes discussões. O sistema, então, devido suas características de conservação toma contornos institucionais.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) editou medidas que estimula a geração distribuída. Foram criadas a COGEN-SP e a COGEN-RJ, com apoio da ONIP e de diversas concessionárias de gás natural. E o próprio Instituto Brasileiro do Petróleo e Gás Natural (IBP) tem proposta para um núcleo de estudos sobre as possibilidades da cogeração. Por conta disso desenvolvem-se projetos de implantação do sistema, com insumos agrícolas e a gás natural. Na usina de asfalto da EMPAV a cogeração, além de outros benefícios, poderá permitir maior produtividade e um menor custo em m³ ou Km² de asfalto produzido e implantado.

3.1 Análise

Para atender a demanda por asfalto de modo a maximizar a produção conservando-se a energia primária na forma de gases de escape, a cogeração proposta foi retirada da (Tabela 2) a seguir.

Desta maneira construiu-se dois cenários – o primeiro convencional (sem cogeração) e o segundo (com cogeração). A base foi à análise das demanda térmicas e elétrica da Empav e os respectivos preços de energia elétrica e do gás natural. Como mostra a (Tabela 1) os dados a seguir representam a configuração atual e prospectiva da produção de asfalto na usina da Empav no período 1997/2005 levando-se em conta a média de recomposição, pavimentação e taba buraco neste mesmo período.

Quadro 3 – Evolução da produção de asfalto nos últimos cinco anos EMPAV

mento/	Ano Base	1997/2002	2002	2003	2004	2005	Media
	Recomposição	7.835,57.	8.642,46	9.245,70	10.859,12	13.859,54	10.651,71
	Pavimentação	18.799,25	45.273,82	13.673,03	18.956,45	21.548,75	24.863,01

Tapa buracos	7.080,80	9.224,88	8.295,42	8.825,45	9.856,12	9.050,47
Procução mês	12.809,64	5.261,76	2.601,18	4.871,12	6.098,18	4.708,06
Em R\$	435.493	815.572	403.182	755.023	945.217	729.749
Em US\$	190.533	356.823	176.397	330.332	413.544	319.274

Fonte: modificado EMPAV (2006)

Quadro 4 – Dados base para a análise do sistema (com cogeração)

Demanda	Descrição	Mínima	Média	Máxima	Preços	Gás	Gás cogorado	Energia elétrica	Energia cogorada	% Energ elétrica
	Elétrica	17.417,91	28.201,46	38.985,00		0,686958	0,283640	0,598181	0,398909	-33,31%
	Térmica	14.050,00	12.954,00	11.858,00						
	Gás	59.912,00	78.890,00	97.868,00						
Fórmula matemática										
Yec	Wcm	Yed Dmax	Dmax	Yconv	Qu	Eb	Wdef	Yed	Dcont	
0,59818	28.201,4	0,59818	23.320,0	0,68665	23.955,8	0,17	0,00	0,59818	0,00	
Yvec	Wexc	Ycog	Wcog	ncog	Yconv	Qcomp	O&M	Obras civil	Invest. (1) e (2)	
0,39890	10.363,2	0,28364	28.201,4	0,3	0,68695	0	0,40%	0,70%		
Valor do investimento em equipamentos c/dólar em						31/12/2004 (1)		1.791.073,61		
						31/01/2006 (2)		1.508.051,59		
						Saldo/Diferença		283.022,02		

Fonte: desenvolvimento próprio (2006), para Dmax = anual e Wexc = 80% da demanda média

Quadro 5 – Dados de referência dos sistemas (convencional e com cogeração)

Sistema convencional		
[- (Yec.Wcm)+(Yed .Dmax)+(Yconv.Qu/eb)]		
Yec.Wcm	-16.869,57	Preço de compra da energia p/consumo médio de energia
Yed.Dmax	13.949,63	Tarifa de energia elétrica pela demanda máxima contratada pelo valor da demanda máxima
Yconv.Qu/eb	96.804,06	Preço combustível do sistema convencional pela demanda média de energia térmica útil /pelo rendimento
Total	93.884,12	Valor total do sistema convencional
Sistema com cogeração		
[- (Yec.Wdef)+(Yed.Dmax)-(Yev.Wexc)+ (Ycog.Wcog/ncog)+ Yconv.Qcomp)+(O&M . I)+(Ocivil.I)]		
Yec. Wdef	-	Preço de compra de energia elétrica pela energia elétrica média a ser comprada da concessionária
Yed. Dmax	-	Tarifa de demanda contratada de energia elétrica pela valor da demanda contratada
Yev. Wexc	-4.133,97	Preço de venda do excedente de energia elétrica pela energia elétrica excedente média a ser vendida
Ycog.Wcog/ncog	26.663,55	Preço do combustível do sistema de cogeração pela energia elétrica cogorada média
Yconv. Qcomp	-	Preço do combustível do sistema convencional pela energia térmica complementar

Fonte: desenvolvimento próprio (2006)

Em princípio, os dados foram retroalimentados pela fórmula $[-(Yec. Wcm)+(Yed. Dmax)+(Yconv. Qu/eb)]$, e o resultado (custo do sistema convencional) foi de R\$ 93.884,12 valor único para 2004-2006. Em seguida com base na fórmula $[-(Yec. Wdef)+(Yed. Dmax)-(Yev. Wexc)+ (Ycog. Wcog/ncog)+ Yconv. (Qcomp)+(O&M. I)+(Ocivil. I)]$ encontrou-se o valor de R\$ 42.231,39 como total da produção de asfalto, sob o sistema de cogeração em 31/12/2004. Os equipamento (turbina a gás e uma caldeira de recuperação) totalizaram R\$ 1.791.073,61. Com a variação da taxa de câmbio este valor caiu para R\$ 1.508.051,59, com uma economia de 15.81% cerca de R\$ 283.022,02, para um sistema com valor total de R\$ 39.118,15. Como mostra as (Quadros 3, 4 e 5) o benefício financeiro mensal deste sistema era de R\$ 51.652,70 e passou a ser 6,02% menor, ou seja, de R\$ 54.765,90. O cenário 1 (sem cogeração) é função do preço de compra da energia elétrica, do consumo médio desta energia elétrica, da tarifa de eletricidade pela demanda máxima, do

preço do combustível (em base energética), da demanda média de energia térmica útil e do rendimento já no Cenário 2 (com cogeração) a base é a taxa de câmbio.

Quadro 6 – Alimentação matemática simplificada da análise dos sistemas (convencional e com cogeração)

Influência da variação cambial						
Dados	Ano 2004	Ano 2006	Descrição			
O&M _x I em.	7.164,29	6.032,21	Organização e método pelo investimento			
Obras civil _x I	12.537,52	10.556,36	Obra civil pelo investimento			
Resultado Final	42.231,39	39.118,15	Valor total do sistema de cogeração na data do projeto e nos dias atuais			
Resultado da análise econômica financeira e de viabilidade do investimento						
Elementos técnicos	Valores R\$ 30/11/2004	Valores R\$ 30/01/2006	Economia em 30/01/2006			
	2,714607	2,285650	US\$	R\$	%	
Turbina a gás	1.698.297,55	1.429.935,82	268.361,73	117.411,56	15,80%	
Caldeira recuperação	92.776,06	78.115,76	14.660,30	6.414,06		
Total Geral	1.791.073,61	1.508.051,59	283.022,02	123.825,62		
Análise dos sistemas						
Descrição dos cenários	Sistema de cogeração proposto em 31/12/2004			Sistema de cogeração proposto para 31/01/2006		
	Diário	Mensal	Anual	Diário	Mensal	Anual
Sem cogeração	3.129,40	93.884,10	1.126.609,40	3.129,40	93.884,10	1.126.609,40
Com cogeração	1.407,70	42.231,30	506.776,60	1.303,90	39.118,10	469.417,70
Benefícios/sistema	1.721,70	51.652,70	619.832,70	1.825,50	54.765,90	657.191,60
Investimento/benefício	1.040	35	3	826	28	2

Fonte: desenvolvimento próprio (2006), para Dmax = anual e Wexc = 80% da demanda média

3.2 Desafios e questões relevantes

Os fatores institucionais, de mercado (custo benefício, financiamento) concorrem a favor da implantação do sistema de cogeração na EMPAV. A empresa poderá aproximar a sociedade desta grande discussão, qual seja: a conservação dos recursos da natureza. Enquanto que a responsabilidade tende a aumentar na medida em que se esta exaurindo um recurso (gás natural) de ciclo finito. Desde sua criação em 1974 a Empav não produz calor útil, os resíduos da produção de asfalto estão sendo conduzidos através das torres de resfriamento – para a água de resfriamento dos condensadores ou para a atmosfera. Mas com a tecnologia de cogeração, mecanismo que pressupõe o empréstimo do fluxo de calor para o processo de produção, com excedentes: térmicos e elétricos, isto poderá ocorrer e assim diminuirão as perdas de calor provenientes da queima do gás natural com melhores rendimentos.

3.2 Dos resultados

Apresenta-se no (Quadro 7) a composição do custo de 1 ton./asfalto produzido pela EMPAV e distribuído nos cenários sem e com cogeração. Com base no consumo de 78.890 m³ de gás natural para se produzir 6000t de asfalto/mês chega-se a um desembolso da ordem de R\$ 782,40 referente a energia elétrica para cada 100 t de massa asfáltica produzida”, CASTRO (2003). Neste caso os preços da confecção, aplicação e tapa-buraco por tonelada e os de transporte, por tonelada/km. Para se saber o preço da massa asfáltica aplicada a uma distância, pôr exemplo, de 10 km, procede-se da seguinte forma:

$$\text{Preço (PJF)} = (\text{Conf} + \text{apl}) + (\text{tp} \times \text{Km}) \quad (1)$$

Em palavras, o preço da tonelada asfalto na PJF = (155,00 + 14,27) + (0,56 X 10) = 169,27 + 5,6 = R\$174, 87, para 1.800/t (Tapa buracos) a R\$ 417.600,00, 1.200/t (pavimentação) para um faturamento total de R\$627.444,00.

Quadro 7 – Dimensionamento dos custos

Confecção do CBUQ (Conf)		Aplicação do CBUQ (apl)		Tapa buraco (tb)		Transporte (tp)	
PJF	Particular	PJF	Particular	PJF	Particular	PJF	Particular
R\$ 155,00	R\$ 184,00	R\$ 14,27	R\$ 30,00	R\$ 232,00	R\$ 268,00	R\$ 0,56	R\$ 0,65

Fonte: modificado EMPAV (2006)

A moderna literatura sobre o desenvolvimento industrial aponta a economia de mercado e seus instrumentos como capazes de gerar excedentes produtivos em favor da diminuição dos custos unitário dos produtos. Com a implantação do sistema de cogeração a Empav poderá aumentar suas receitas, minimizar custos e manter um controle ambiental mais adequado. Neste contexto o (Quadro 8), mostra que para se produzir 1 ton./asfalto a Empav tem um custo de R\$ 8,89 de gás natural, e R\$ 2,77 de energia elétrica. Com a cogeração os custos caem para R\$ 3,67 somente com as possibilidades de melhores tarifas junto à GASMIG e há uma economia R\$2,20 referente à energia útil.

Quadro 8 – Composição de custo

Descrição 6.098,15 toneladas	Dados base			Sistema convencional		Sistema de cogeração			
						31/12/2004		31/01/2006	
	C/Cog	S/Cog	%	Custos	P/ton.	Custos	P/ton.	Custos	P/ton.
Energia elétrica	0,5981	0,3989	33,31	47.711,93	7,82	15.894,30	2,61	13.388,46	2,57
Gás natural	0,6869	0,2836	58,71	46.172,19	7,57	26.337,09	4,32	25.729,69	4,22
Média	0,6425	0,3413	46,01	49.991,13	7,70	21.115,69	3,46	19.559,07	3,39

Fonte: modificado EMPAV (2006)

Quadro 9 – Composição de custo

Cálculos efetivos		Gás 100%	E. elétrica 20%	Exaustão 80%	Vapor 0%	Gás 100%	E. elétrica 20%	Exaustão 80%	Vapor 60%
Gás m ³	Quantidade	78.890	15.778	63.112	-	78.890	15.778	15.778	47.334
	Valor total (R\$)	54.194,12	10.838,82	43.355,29	-	22.376,36	4.475	4.475	13.426
	Tonelada (R\$)	8,89	1,78	7,11	-	3,67	0,73	0,73	2,20
Eg kWh	Quantidade	28.201	28.201	22.561	-	28.201	28.201	5.640	16.921
	Valor total (R\$)	-	16.867,29	-	-	-	11.249,56	-	-
	Tonelada (R\$)	-	2,77	-	-	-	1,84	-	-

Fonte: modificado EMPAV (2006)

Por outro lado, o desconhecimento técnico e talvez a falta de boa vontade em tornar a empresa mais eficiente aparecem como as principais barreiras à implantação do sistema de cogeração na empresa que historicamente vem trabalhando fora das possibilidade de rendimento máximo do gás natural, e com prejuízos acumulado.

4. Referências

- CASTRO, LUCIANA NOGUEIRA DE “Gasoduto Minas etapa Juiz de Fora” UFJF–COPPE/UFRJ–DNIT, 2003.
- CARVALHO FABIANO DA ROSA e TEIXEIRA, FLÁVIO NEVES e NOGUEIRA, LUIZ AUGUSTO HORTA “Disseminação de Informações em Eficiência Energética” ELETROBRÁS/PROCEL, Rio de Janeiro-RJ, 2004.
- _____. Jornal O Estado de Minas, “Estudo da Petrobrás comprova que em ano eleitoral o ritmo da pavimentação aumenta” PIMENTEL, FERNANDO, Belo Horizonte-MG, 2001.
- NOGUEIRA, LUIZ AUGUSTO HORTA “Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos” ELETROBRÁS/PROCEL–UNIFEI, Itajubá-MG, 2001.