

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, 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, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

GERAÇÃO DISTRIBUIDA DE ENERGIA ELÉTRICA – APLICAÇÃO DE MOTORES BICOMBUSTÍVEL DIESEL/GÁS NATURAL

Ricardo H. Pereira¹, Sergio L. Braga¹, Carlos V. M. Braga¹ e L. G. de M. Freire²

¹ITUC / IEPUC / PUC-Rio, Rua Marquês de São Vicente 225, Gávea - Rio de Janeiro - RJ
CEP 22453-900 - Tel.21-3114.1535 - FAX.21-3114.1543
e-mail para correspondência: rhdp@ituc.puc-rio.br

²Gerência de Tecnologia de Desenvolvimento de Mercado – PETROBRAS
lgfreire.technip@petrobras.com.br

Resumo – A capacidade de produção e refino do petróleo brasileiro hoje quase garantem a auto-suficiência nacional. O elevado consumo de Diesel, entretanto, força a importação do derivado. O gás natural, caso a venha a ser consumido em motores do ciclo Diesel hoje existentes, mesmo que em substituição parcial do energético tradicional, pode modificar este quadro. Uma alternativa de compromisso para a redução da demanda de Diesel no Brasil pode ser realizada pela conversão dos motores originalmente Diesel para o consumo do gás natural em substituição parcial da totalidade de sua demanda por combustíveis. Nesta os motores operam num ciclo bicomcombustível, consumindo simultaneamente tanto óleo Diesel quanto o gás natural. São descritos tanto ensaios de laboratório quanto testes de campo de motores e grupos geradores originalmente Diesel que, após sua conversão Diesel/gás, tiveram seu desempenho e emissões de poluentes medidas. Verificou-se experimentalmente em diferentes motores, de potência extremamente variável (110 a 1600cv), que em funcionamento bicomcombustível Diesel/gás se pode obter rendimento térmico superior ao verificado na operação original Diesel. Também são expressivas as reduções de poluentes.

Palavras-Chave: Diesel, gás natural, motores de combustão interna, geração distribuída.

Abstract – The high Brazilian Diesel consumption imposes imports of this distillate. Natural gas, partially substituting the oil demanded by Diesel cycle engines, may contribute to reduce the country dependence of imported fuel. The dual fuel conversion may allow the use of the abundant and inexpensive gaseous fuel in existing engines. This paper presents experimental data on both dynamometer tested engines and field converted gensets. Experimental results show that the dual fuel conversion can both improve engine efficiency and reduce emissions.

Keywords: Diesel, natural gas, internal combustion engines

1. Introdução

A crise do petróleo dos anos 70 impôs a revisão da política energética em nível mundial, tendo como diretriz fundamental a economia de energia e a redução da dependência dos derivados de petróleo. Iniciativas têm, desde essa época, focado tanto no desenvolvimento de novas fontes de energia (renováveis ou não), como, também, no incremento da eficiência dos equipamentos que demandam os energéticos tradicionais. Fontes e Fontes (1995) observam que, dentre os combustíveis alternativos, é notória a evolução do gás natural no consumo total de fontes primárias de energia no Brasil. Este percentual de participação cresceu de 0,2% para 2,2% entre 1970 e 1992 (Cecchi, 1995). O aumento médio de consumo de gás foi, neste período, da ordem de 16,2% ao ano. As reservas nacionais de gás natural exploráveis provadas passaram de 72,4 bilhões de metros cúbicos em 1982 para 137,8 bilhões em 1993. Neste mesmo período a produção diária saltou de 3,7 para 19 milhões de metros cúbicos. Cita-se ainda que durante o ano de 2003 foram descobertas reservas adicionais de gás no litoral do Sudeste Brasileiro, incrementando de forma significativa os volumes das reservas do energético disponíveis no País. Incentivos ao desenvolvimento do mercado de gás brasileiro têm sido dados já há anos. Cabe citar o programa de gás natural para o uso automotivo, criado em meados da década de 80, com a elaboração do Plano Nacional de Gás Natural para o uso no Transporte (Plangás). Este tinha como principal objetivo a substituição do óleo Diesel pelo gás natural. O derivado não era, na época, produzido em volumes suficientes nas refinarias nacionais para o pleno atendimento da demanda brasileira. Esta situação em nada mudou nos últimos vinte anos.

O energético de maior consumo, dentre todos os demandados no país, é a eletricidade (BEN, 2002). Esta responde por 43,4% do total da demanda energética brasileira. Vem seguida pelos derivados de petróleo que, em conjunto, atendem 28,5% da demanda energética do país. Dentre os derivados destaca-se o óleo Diesel, atendendo 13% da demanda energética nacional. A lenha (6,2%), a gasolina e os produtos da cana, ambos responsáveis por 6,0% do consumo brasileiro de energéticos, seguem a eletricidade e o Diesel na seqüência dos energéticos individualmente mais demandados. Embora o setor da economia que concentra o consumo do derivado seja o de transportes, não se deve deixar de lado o Diesel demandado pelos outros setores.

Um grande número de grupos geradores, tipicamente acionados por motores Diesel, está instalado em diversos setores da economia. Citam-se tanto os grupos de geração de energia elétrica para serviço público quanto os de energia elétrica de emergência, instalados na indústria, hotéis e hospitais. A potência unitária dos geradores Diesel, se comparada a das grandes usinas termelétricas ou hidráulicas, tipicamente não é grande. Deve-se entretanto ponderar que o número de unidades instaladas é expressivo e que, em conjunto, respondem por uma fração significativa da potência total das usinas térmicas instaladas no país. Apenas as usinas Diesel hoje autorizadas a fornecer energia elétrica à rede respondem por cerca de 25% da potência total do parque termelétrico brasileiro. Normalmente este potencial fica ocioso devido ao custo do óleo Diesel - seu consumo na geração contínua de energia elétrica não compete economicamente com outros energéticos. O uso do Diesel se justifica apenas em situações especiais, como no caso das eventuais interrupções de fornecimento da rede, horários onde a demanda por potência é grande e em localidades distantes da rede elétrica. A possibilidade do consumo de gás natural, energético de preço atraente, nos geradores Diesel atualmente instalados constitui uma oportunidade interessante. A conversão das máquinas a Diesel existentes para o gás natural representaria um grande aumento na oferta de energia elétrica já que estes, consumindo o energético de baixo custo, poderiam operar continuamente e não mais ocasionalmente como hoje.

2. Atratividade do Diesel/Gás na Geração Distribuída de Energia Elétrica

Pelo consumo do gás natural consumidores finais podem produzir sua própria eletricidade a um preço significativamente inferior a da comercializada pelas concessionárias de força e luz. Consumidores de energia em baixa tensão são aqueles onde a tecnologia encontra atratividade elevada. Podem, consumindo gás natural, produzir a própria energia elétrica a 50-60% do valor praticado pelas concessionárias de força e luz. Tipicamente consomem energia em baixa tensão estabelecimentos comerciais e o setor residencial. Consumidores de energia em alta tensão, tipicamente industriais, também podem ter interesse na autoprodução de energia elétrica. O faturamento da energia fornecida em alta tensão pelas concessionárias de força e luz considera não apenas a energia consumida (como feito no caso dos consumidores em baixa tensão). Também são fatores importantes na composição do custo da energia em alta tensão a potência instantânea demandada, assim como o horário do dia, dia da semana e mês do ano em que o consumo é realizado (período seco ou úmido). De uma forma geral a energia comercializada em alta tensão tem custo inferior à da que se pode produzir, mesmo pelo consumo do gás natural. Considera-se aqui que o custo do gás é aquele praticado pelas distribuidoras de gás encanado, faturado para geração de energia elétrica. Em tendo os consumidores finais acesso ao gás pelo baixo custo ofertado, em passado recente, às termelétricas emergenciais a atratividade pela autoprodução seria significativamente incrementada.

Consumidores em alta tensão são, entretanto, também sujeitos a tarifa de horário de ponta. Este é um período de três horas diárias, contabilizadas nos dias úteis, em que o custo da energia fornecida é extremamente alto. O elevado custo da energia neste período tem como intuito minimizar o consumo em tal horário, i.e., resguardar o sistema de geração e transmissão de picos de potência. Cabe às concessionárias de força e luz definir o horário em que este intervalo de três horas é válido. No caso do Rio de Janeiro o horário de ponta é definido como o compreendido entre 17:30 e 20:30. O custo da energia no horário de ponta é tão elevado que justifica mesmo a autoprodução Diesel. É,

portanto, comum o fato de que hoje consumidores em alta tensão produzam sua própria eletricidade, durante as três horas diárias do horário de ponta, com grupos geradores Diesel. O uso do gás natural, em substituição ao Diesel, nessas máquinas pode contribuir para a adicional redução de custos com energia também para os consumidores de eletricidade em alta tensão. Nota-se que, com a presente disponibilidade de energia, as concessionárias de força e luz tem por iniciativa própria ofertado energia com reduções de tarifa em horário de ponta para consumidores que investiram na autoprodução. Tipicamente esta tarifa reduzida tem custo comparável à da autoprodução Diesel. Consumidores finais mantêm, assim, a remuneração do investimento feito na geração própria mesmo com suas máquinas paradas. As concessionárias de força e luz continuam comercializando, mesmo que a um custo reduzido, energia no horário de ponta. A possibilidade do consumo do gás natural, energético de baixo custo, nestes grupos geradores renovaria o poder de barganha de consumidores finais junto as concessionárias de força e luz.

Com base na experiência acumulada pela PUC-Rio, tanto em testes de laboratório (dinamômetro de bancada), como do acompanhamento de grupos geradores Diesel/gás operando em campo, fez-se a estimativa do custo que se pode alcançar para a energia elétrica produzida por grupos geradores Diesel/gás (Figura 1). Nesta, além da tarifa para a energia elétrica em baixa tensão praticada no Rio de Janeiro (~R\$ 430/MWh), também se traçam curvas para o custo típico da energia elétrica, como função da carga imposta sobre um grupo gerador, operando no modo Diesel e no bicomcombustível Diesel/gás.

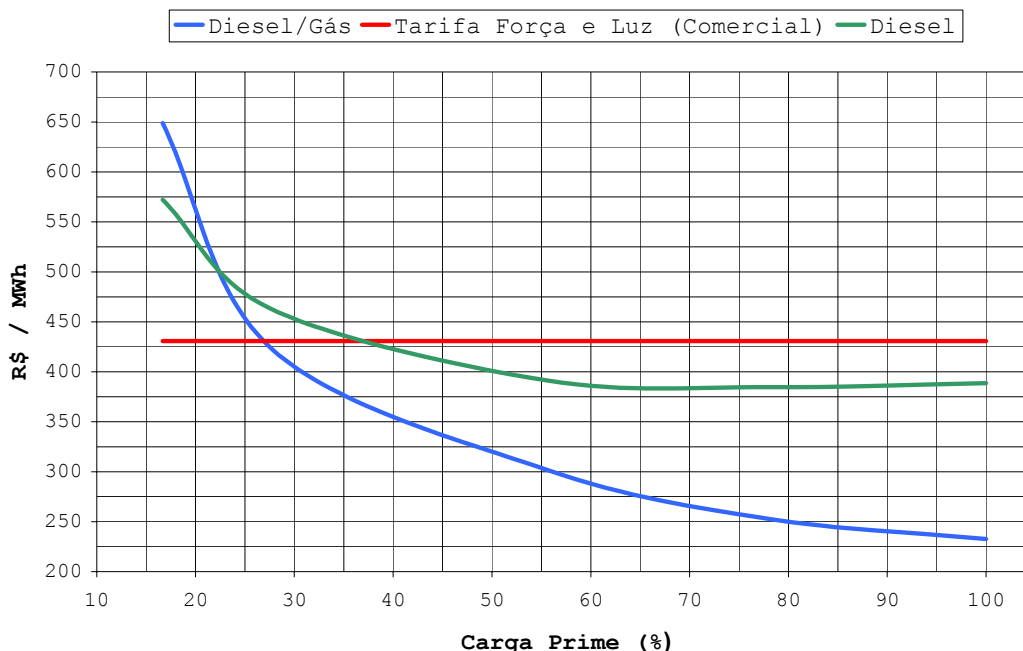


Figura 1 – Custo da energia produzida como função da carga

Fica claro pela Fig. 1 que quanto maior a carga sobre o grupo gerador menor é o custo da energia elétrica produzida. Isto é resultado não apenas dos elevados rendimentos térmicos de motores a altas cargas. Também pesa, no caso do funcionamento Diesel/gás, as maiores taxas de substituição possíveis a cargas elevadas. Pode-se, com um grupo gerador 100% Diesel, produzir energia mais barata que a praticada pela concessionária de força e luz (~410 R\$/MWh). Esta pequena diferença de preço não é, entretanto, grande o suficiente para remunerar o investimento na autoprodução e cobrir custos de operação e manutenção. Já na operação Diesel/gás pode-se produzir energia elétrica por cerca de R\$ 230/MWh. Nesta situação, com o custo da energia Diesel/gás sendo quase metade do praticado pelas concessionárias de força e luz, a tecnologia mostra-se interessante. Um sistema de geração bem dimensionado conta com grupos geradores em número e potência adequados para, conforme a curva de demanda elétrica do autoprodutor, sempre se ter geradores operando a elevada carga e, conseqüentemente, também rendimento térmico alto.

As Tabelas 1 e 2 comparam, respectivamente, os custos praticados para a energia elétrica de baixa e alta tensão com o custo da geração Diesel/gás. Da Tabela 1 (baixa tensão) se vê que é possível produzir energia elétrica, pelo o consumo do gás natural em grupos geradores convertidos para o funcionamento Diesel/gás, a um custo 40-50% inferior ao praticado pelas concessionárias de força e luz. Exceções são os consumidores enquadrados em classes de consumo sujeitas a menor tributação. É o caso, por exemplo, do consumidor residencial de baixa renda com consumo inferior a 50 kWh/mês. Por razões sociais esta classe de consumo é sujeita a menores tarifas e isenção de impostos (ICMS). Admitiu-se aqui tarifa de gás encanado para geração de energia elétrica. Embora o gás encanado seja exatamente o mesmo, quando tarifado para uso residencial (cozimento/aquecimento d'água), apresenta custo significativamente superior ao para geração de energia.

Tabela 1: Geração Diesel/gás em baixa tensão

Tarifas de Baixa Tensão (R\$/MWh com ICMS-RJ)			
Classe de Consumo	Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)
Residencial	441.96	211.96	47.96
Residencial de baixa renda (até 30 kWh)	150.31	-79.69	-53.02
Residencial de baixa renda (de 31 até 100 kWh)	257.74	27.74	10.76
Residencial de baixa renda (de 101 até 140 kWh)	386.56	156.56	40.50
Residencial de baixa renda (acima de 140 kWh)	429.50	199.50	46.45
Não Residencial	417.86	187.86	44.96
Rural	249.80	19.80	7.93

Tabela 2: Geração Diesel/gás no horário de ponta

Tarifas de Alta Tensão (R\$/MWh com ICMS-RJ)								
Residencial e Rural	Horo-Sazonal Verde	Nível de Tensão	Ponta Seca			Ponta Úmida		
			Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)	Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)
		A3a (30 a 44 kV)	993.10	763.10	76.84	969.44	739.44	76.27
		A4 (2.3 a 25 kV)	1043.02	813.02	77.95	1018.98	788.98	77.43
		AS (subterrâneo)	1097.88	867.88	79.05	1072.81	842.81	78.56
	Horo-Sazonal Azul	Nível de Tensão	Ponta Seca			Ponta Úmida		
			Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)	Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)
		A3a (30 a 44 kV)	270.99	40.99	15.12	247.34	17.34	7.01
		A4 (2.3 a 25 kV)	276.98	46.98	16.96	252.81	22.81	9.02
		AS (subterrâneo)	288.18	58.18	20.19	263.11	33.11	12.58
Alta Tensão	Horo-Sazonal Verde	Nível de Tensão	Ponta Seca			Ponta Úmida		
			Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)	Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)
		A3a (30 a 44 kV)	1041.35	811.35	77.91	1016.55	786.55	77.37
		A4 (2.3 a 25 kV)	1093.70	863.70	78.97	1068.50	838.50	78.47
		AS (subterrâneo)	1151.23	921.23	80.02	1124.94	894.94	79.55
	Horo-Sazonal Azul	Nível de Tensão	Ponta Seca			Ponta Úmida		
			Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)	Tarifa	Economia Diesel/Gás (R\$/MWh)	Economia Diesel/Gás (%)
		A2 (88 a 138 kV)	206.79	-23.21	-11.22	188.41	-41.59	-22.07
		A3a (30 a 44 kV)	284.14	54.14	19.05	259.35	29.35	11.32
		A4 (2.3 a 25 kV)	290.42	60.42	20.80	265.10	35.10	13.24
		AS (subterrâneo)	302.19	72.19	23.89	275.89	45.89	16.63

3. O Consumo do Gás Natural em Motores

Dentre as tecnologias disponíveis para o consumo do gás natural, como substituto do Diesel, destacam-se o uso de motores dedicados a gás (ciclo Otto) e a conversão de motores Diesel para o modo bicombustível Diesel/gás. Microturbinas a gás e células de combustível, que também podem ter algumas aplicações, não deverão casar maturidade tecnológica e competitividade econômica suficiente a ponto de ameaçar os motores de combustão interna nos próximos anos. Existem no mercado internacional motores do ciclo Otto dedicados ao consumo do gás natural. Assim como no caso dos motores Diesel, estão disponíveis em uma larga faixa de potência e foram desenvolvidos para diferentes aplicações (como no caso dos para geração de energia elétrica e os veiculares). Suas emissões de poluentes são compatíveis com as exigências das legislações internacionais. Apresentam, por limitação operacional (taxa de compressão), rendimento térmico inferior ao dos motores do ciclo Diesel. É bastante provável que, em um futuro próximo, sejam amplamente empregados nas aplicações hoje atendidas pelos tradicionais motores Diesel. Dentre os fatores que inibem sua adoção imediata estão: a) elevado custo dos motores ciclo Otto – custam, para uma mesma potência e aplicação, entre duas e três vezes mais que os Diesel; b) apenas um fabricante nacional disponibiliza, ainda não como produto de prateleira com montagem regular, motores ciclo Otto (apenas para aplicação automotiva, não para geração de energia elétrica); c) peças de reposição e pessoal treinado para operação e manutenção deste tipo de equipamento são, hoje, fundamentalmente inexistentes no país. É razoável pensar no uso de motores do ciclo Otto em

veículos e grupos geradores novos. Caso se pense no aproveitamento de curto prazo do gás natural hoje disponível deve-se fomentar a conversão dos veículos e grupos geradores Diesel hoje em operação. Nestes a introdução do gás natural pode ser obtida pelas seguintes tecnologias: A “Ottorização” e a conversão bicomcombustível Diesel/gás.

Na dita “Ottorização” grandes modificações dos motores, originalmente Diesel, são necessárias. Todo o sistema de injeção de Diesel é retirado e, em seu lugar, instalam-se um sistema de carburação do gás ao ar de admissão e o sistema elétrico com velas para a ignição, que passa a ser feita por centelha. Também são necessárias modificações nos cabeçotes dos motores para a adequação de sua taxa de compressão (motores do ciclo Otto trabalham com taxas de compressão inferiores aos motores Diesel). Não são raras perdas de potência e performance de um motor “Ottorizado”. Diferentemente de um motor originalmente desenvolvido para o funcionamento no ciclo Otto, motores “Ottorizados” podem vir a apresentar emissões de poluentes incompatíveis com as modernas legislações ambientais.

A operação bicomcombustível Diesel/gás envolve a carburação do gás natural ao ar de admissão de um motor Diesel. Fora a adição do sistema de mistura ar/gás natural nenhuma outra modificação de vulto é necessária ao motor. O sistema de injeção do Diesel permanece inalterado e é necessário para inflamar a mistura ar/gás fornecida aos cilindros. Para uma dada potência de eixo reduz-se o débito de Diesel pela injeção de gás. O energético alternativo desloca, então, parte do Diesel originalmente demandado. Durante o funcionamento bicomcombustível um motor consome, simultaneamente, tanto Diesel como gás natural. Verifica-se experimentalmente que existe a equivalência energética entre o litro de Diesel e o normal metro cúbico de gás natural. Assim sendo um motor Diesel que, por hipótese, antes de sua conversão consumia 100 litros de Diesel por hora passaria a consumir 20 litros de Diesel por hora e 80 Nm³/h de gás natural, admitindo-se uma conversão a 80% de taxa de substituição. Já que na conversão Diesel/gás não se usam velas de ignição o pequeno consumo de Diesel é necessário de modo a inflamar a mistura ar/gás. Já se obteve na PUC-Rio, em conversões de diferentes motores, taxas de substituição de até 93%. A qualquer momento o motor convertido pode retornar ao seu funcionamento original, consumindo exclusivamente Diesel (inclusive em funcionamento sob carga). Aplicações comerciais pioneiras empregando combustíveis gasosos em motores do ciclo Diesel remontam a 1935. Durante a Segunda Guerra Mundial usaram-se misturas de gás de carvão, biogás, metano e gasolina de baixa qualidade, em motores Diesel, para uma grande variedade de aplicações. Após a guerra o interesse em tais aplicações tem flutuado, dependendo do custo relativo de tais combustíveis alternativos em relação ao do Diesel. É exatamente o que ocorre hoje no Brasil com a crescente oferta de gás natural. O metro cúbico do combustível adquirido diretamente das distribuidoras de gás natural encanado, quando para uso veicular ou geração de energia elétrica, custa ao usuário final cerca da metade do valor praticado pelo litro de Diesel.

4. Atividades em desenvolvimento no LEV/PUC-Rio

A tecnologia da conversão bicomcombustível Diesel/gás tem sido tanto aperfeiçoada em laboratório da PUC-Rio, quanto testada em grupos geradores, produzindo energia elétrica para o campus da universidade. A PUC-Rio conta com dinamômetros de bancada para testes em motores e dinamômetros de chassis para testes em veículos. Estes são os equipamentos adequados ao desenvolvimento de motores e componentes. Encontram-se disponíveis no LEV - Laboratório de Engenharia Veicular da Universidade. Este também conta com o gás natural encanado, que otimiza a rotina de testes e desenvolvimentos em andamento.

Verificou-se que em motores sob baixa carga podem-se obter taxas de substituição Diesel/gás pouco superiores a 50%. Já para cargas levemente superiores a esta, a cerca de 15% da plena carga, já se conseguem taxas de substituição da ordem de 70-80%. Ressalta-se o fato de que taxas de substituição superiores a 90% são possíveis em grande faixa do campo de aplicação dos motores, independente de rotação. Tipicamente tal valor situa-se entre 50% e 90% da carga máxima – compatível com a faixa de aplicação dos grupos geradores de potência prime ou stand-by.

As curvas de torque e potência originais dos motores Diesel são reproduzidas no funcionamento bicomcombustível Diesel/gás. O rendimento térmico a plena carga aumenta cerca de 9% pelo consumo do gás natural. Concentrações de poluentes particulados nos gases de escape diminuem significativamente. Com apenas 50% de substituição Diesel/gás a concentração de particulados cai a cerca de um décimo do verificado no funcionamento original Diesel. Resultados detalhados dos ensaios em dinamômetro de bancada são descritos por Pereira, 2004.

A PUC-Rio dispõe de dois grupos geradores, cada um com potência nominal de 1.500 kVA (1.200 kW). Um dos grupos geradores da PUC-Rio foi convertido para a operação bicomcombustível Diesel/gás. Vale a pena ressaltar que o gás natural encanado para geração de energia elétrica, na faixa de volume mensalmente demandado pela universidade, custa cerca da metade do valor de mercado do óleo Diesel. A Figura 2, abaixo, ilustra as máquinas. Este grupo gerador de elevada potência opera (horário de ponta) em paralelo a rede elétrica de 13.8kW que abastece parte da Universidade.

Um segundo grupo gerador Diesel, este de fabricação nacional e bastante encontrado em campo (450kVA stand-by / 405kVA prime), também será convertido pelo pessoal da PUC-Rio para a operação Diesel/gás. Brevemente entrará em funcionamento e manterá um edifício da Universidade, hoje atendido pela rede de baixa tensão, em funcionamento independente da rede elétrica. A performance e consumo de combustíveis do grupo gerador operando em campo serão constantemente monitorados. A Figura 2 também ilustra esta máquina.

Sabe-se, dos testes em dinamômetro de bancada, que são significativos os ganhos em emissões de particulados pela conversão Diesel/gás. Verificou-se dos testes de campo que as emissões de outros poluentes, como é o caso do NOx, também diminuem pela substituição parcial do Diesel pelo gás natural. Sob carga parcial, em operação tradicional Diesel, a concentração deste poluente chega a 673ppm. A introdução parcial do gás natural faz com que este valor caia para 452ppm, ou seja, ocorre uma redução de 33% na concentração deste poluente nos gases de escape.



Figura 2 – Motor em teste de laboratório (esquerda) e geradores Diesel convertidos para o consumo do gás na PUC-Rio (1.2MW e 360kW, centro e direita respectivamente)

5. Conclusões

A capacidade de produção e refino do petróleo brasileiro cresceu de forma significativa ao longo das décadas passadas, a ponto de hoje quase garantir a auto-suficiência do País. O elevado consumo de Diesel, entretanto, força a importação do derivado. O gás natural, caso venha a ser consumido em motores do ciclo Diesel hoje existentes, mesmo que em substituição parcial do energético tradicional, pode modificar este quadro. Simultaneamente criar-se-ia mercado para o gás natural, hoje abundante. Uma alternativa de compromisso para a redução da demanda de Diesel no Brasil pode ser realizada pela conversão dos motores originalmente Diesel para o consumo do gás natural em substituição parcial do Diesel. Nesta os motores operariam num ciclo bicomcombustível, consumindo simultaneamente tanto óleo Diesel quanto o gás natural.

Pelo consumo do gás natural em geradores originalmente Diesel, muitas vezes inclusive já disponíveis e ociosos, consumidores finais podem produzir sua própria eletricidade a um preço significativamente inferior a da comercializada pelas concessionárias de força e luz. Consumidores de energia em baixa tensão são aqueles onde a tecnologia encontra atratividade elevada. Podem, consumindo gás natural, produzir a própria energia elétrica a 50-60% do valor praticado pelas concessionárias de força e luz. Já no caso dos consumidores em alta tensão a geração Diesel/gás se mostra combativa reduzindo a parcela de consumo relativa ao horário de ponta.

As conversões Diesel/gás garantem a performance do motor original (100% Diesel). Os poluentes cujas emissões são regulamentadas na geração termelétrica (particulados e SOx) são formados pela combustão do Diesel. A conversão Diesel/gás reduz sensivelmente as emissões de ambos. Com apenas 50% de substituição Diesel/gás a concentração de particulados cai a cerca de um décimo do verificado no funcionamento original Diesel. Maiores reduções se obtém ainda sob taxas de substituição Diesel/gás ainda mais elevadas. Verificou-se dos testes de campo que as emissões de outros poluentes, como é o caso do NOx, também diminuem pela substituição parcial do Diesel pelo gás natural. Sob carga parcial, em operação tradicional Diesel, a concentração deste poluente chega a 673ppm. A introdução parcial do gás natural faz com que este valor caia para 452ppm, ou seja, ocorre uma redução de 33% na concentração deste poluente nos gases de escape.

6. Agradecimentos

As atividades aqui descritas são resultado de projetos de pesquisa aprovados no âmbito da REDEGASENERGIA – Rede de Excelência do Gás e Energia, envolvendo como empresas parceiras a PETROBRAS S.A. e a FINEP/CTPETRO. Os autores também agradecem a CEG pelas instalações de gás natural encanado (geradores sob testes de campo e laboratório) e a MWM Motores Diesel Ltda. pela cessão de motores para ensaios em dinamômetro de bancada.

7. Referências

- Balanço Energético Nacional – BEN, Ministério de Minas e Energia, Brasília, Brasil, 2002.
- Cecchi, J.C. O gás natural na América Latina, no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro – Algumas considerações, Cadernos de Energia – Centro de Estudos de Energia (ENERGE), Rio de Janeiro, 1995.
- Fontes, J.A.O. e Fontes, F.O. Transformação de um motor ciclo Diesel em ciclo Otto para utilização de gás natural. XIII Congresso Brasileiro e II Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica, Belo Horizonte, MG. Anais em CD-ROM, 1995.
- Pereira, R.H., Braga, S.L. e Braga, C.V.M. Substituição parcial do óleo Diesel pelo gás natural em motores – atratividade da tecnologia e sua avaliação experimental, III Congresso nacional de engenharia mecânica / CONEM, Belém, PA. Anais em CD-ROM, 2004.