

## **PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA AVALIAR A COMPETITIVIDADE DO GÁS NATURAL NOS SETORES RESIDENCIAL E COMERCIAL**

### **PROPOSAL OF A METHOD TO ASSESS COMPETITIVENESS OF NATURAL GAS IN THE RESIDENTIAL AND COMMERCIAL SECTORS**

João Pedro Braga Teixeira<sup>1</sup>; Alex Álisson Bandeira Santos<sup>2</sup>; Lílian Lefol Nani Guarieiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Companhia de Gás da Bahia – BAHIAGÁS – Salvador, Bahia, Brasil  
joaoteixeira@bahiagas.com.br

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC – Salvador, Bahia, Brasil  
alex.santos@fieb.org.br

<sup>3</sup>Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC; INCT de Energia e Ambiente da UFBA – Salvador, Bahia, Brasil  
lilian.guarieiro@fieb.org.br

#### **Resumo**

*Este artigo teve como objetivo desenvolver uma metodologia de avaliação da competitividade do gás natural (GN) em relação aos seus principais concorrentes, para todas as aplicações dos setores residencial e comercial. Para isso, foi proposto um método comparativo capaz de determinar o energético mais competitivo, através do cálculo do custo total de cada opção energética, para atender as demandas do consumidor, considerando fatores como: preço, poder calorífico, tipo de equipamento utilizado, eficiência dos equipamentos e custos de operação e manutenção. Os resultados mostraram que o GN é o energético mais competitivo para todas as aplicações dos setores avaliados. Os equipamentos a GN obtiveram os menores custos totais para o consumidor, com mais de 40% de economia, em média, em relação aos outros energéticos. Para a cocção de alimentos, a economia do GN variou de 17,4% a 53,8%; para o aquecimento de água, de 25,3% a 57,5%; e para a climatização, de 28,2% a 62,0%.*

**Palavras-chave:** gás natural; energéticos; competitividade.

#### **1. Introdução**

A atual crise energética mundial para atender suas demandas, devido à forte dependência do petróleo e aos insatisfatórios investimentos em fontes renováveis e não poluentes, tem levado ao aumento do consumo do gás natural (GN), pois seus reservatórios estão em abundância, é o combustível fóssil de menor impacto ambiental e possui ótimas características de qualidade e economia (SANTOS et al, 2007). Apesar disso, no Brasil, o GN ainda encontra dificuldades de inserção nos setores residencial e comercial, os quais utilizam predominantemente a energia elétrica e o gás liquefeito de petróleo (GLP) (EPE, 2013).

A comercialização do GN nos citados setores tem enfrentado muitas dificuldades no momento de mostraraos consumidores todas as suas vantagens econômicas, ambientais e de qualidade. Observa-se que as discussões comerciais sobre utilização de energéticos ainda são dominadas por vendedores especialistas que direcionam sempre a melhor solução para os energéticos que representam. Isso tem gerado confusão na interpretação dos consumidores, levando-os a decisões quase sempre menos econômicas.

Assim, é visível a carência de maiores pesquisas sobre competitividade entre energéticos, que tenham caráter científico e independência. Os setores residencial e comercial carecem em especial de uma metodologia padronizada de comparação, capaz de auxiliar tanto os vendedores, com argumentos técnicos confiáveis, quanto os consumidores, no momento de decidir qual a melhor opção atende suas necessidades.

Nesse cenário, verifica-se também que os modelos atuais de avaliação de competitividade entre energéticos são limitados, pois consideram apenas os preços e o poder calorífico contido em cada um, estabelecendo um simples ranque do custo por energia disponível (EPE, 2013). Esta metodologia tradicional é incompleta, pois utiliza valores médios nacionais e não considera todos os fatores que podem influenciar no preço final para o consumidor, como as características do setor produtivo em análise, a faixa de consumo, a eficiência energética e os custos operacionais.

Assim, no presente artigo é apresentado um método de comparação capaz de determinar o energético mais competitivo para atender as demandas do consumidor, através do cálculo do custo total de cada opção energética, considerando, além do preço e poder calorífico, os demais fatores que implicam no custo final, como o tipo de equipamento utilizado, a eficiência dos equipamentos e os custos de operação e manutenção (TEIXEIRA, 2013).

Este método foi aplicado no estado da Bahia, considerando a premissa de que todos os consumidores pudessem ser atendidos pelos energéticos em análise, de maneira técnica e economicamente viável para o fornecedor. Vale destacar também que não foram considerados os custos com aquisição e instalação de equipamentos.

## **2. Panorama dos setores residencial e comercial**

O setor residencial compreende todos os consumidores, classificados como pessoa física, localizados em casas ou prédios. De acordo com o último Balanço Energético Nacional (BEN), os principais energéticos utilizados neste setor são: a energia elétrica com 42,6%, a lenha com 27,2%, o GLP com 26,9% e o GN com um percentual inexpressivo de 1,2% (EPE, 2013).

Este cenário se deve à histórica política brasileira de investimentos na hidroeletricidade e a consequente massificação de aparelhos que consomem apenas energia elétrica, até mesmo para os

processos de geração de calor, que possuem elevadas perdas de eficiência energética global e ainda sobrecarrega o sistema elétrico nacional (FERNANDES, 2008).

Além disso, até os anos 80, o GN era tido como um subproduto indesejável na produção do petróleo, sendo grande partido gás reinjetada nos poços ou queimada, e o restante vendido para as indústrias. Só a partir da década de 90, quando a distribuição do GN passou a ser de responsabilidade dos estados, começaram os investimentos em construção de novas redes urbanas de GN. Antes disso, porém, o GLP reinou praticamente sozinho nas residências.

A lenha aparece nesta lista devido à sua utilização nas residências localizadas em zonas rurais ou muito isoladas dos centros urbanos. Como neste trabalho foram avaliados apenas os consumidores que podem ser atendidos pela rede de distribuição de GN, ou seja, nas cidades, a lenha não foi considerada na análise deste setor.

As principais aplicações residências são a cocção de alimentos e o aquecimento de água. Para a cocção, são utilizados fogões, cooktops ou fornos. Para o aquecimento de água, podem ser utilizados aquecedores de passagem a gás ou elétricos (chuveiros elétricos), os quais aquecem a água no momento do uso e geralmente atendem a apenas um ponto de consumo. Já os aquecedores de acumulação pré-aquecem a água e a mantêm num reservatório para atender a vários pontos, e também podem ser a gás ou elétricos (boilers elétricos).

O setor comercial, por sua vez, abrange todos os estabelecimentos empresariais que prestam serviços diversos, como os *shoppings centers*, aeroportos, hospitais, escolas, hotéis e restaurantes. Os principais energéticos consumidos neste setor são: a energia elétrica com 89%, o GLP com 5,7% e o GN com 2,5%, seguidos da lenha, diesel e óleo combustível, que somam 1,5% (EPE, 2013). Esse cenário se deve aos mesmos motivos citados no setor residencial, como o investimento histórico nas hidrelétricas e a fabricação de equipamentos que utilizam apenas eletricidade.

As principais aplicações do setor comercial são: a cocção de alimentos, o aquecimento de água e a climatização. Para a cocção, podem ser utilizados fogões e fornos industriais. Já para o aquecimento de água, além dos aquecedores de passagem, de acumulação e do chuveiro elétrico, também pode ser usada uma caldeira comercial, que gera vapor para aquecer a água que alimenta todos os pontos de consumo do estabelecimento.

Na climatização, por sua vez, podem ser utilizados sistemas centrais de grande porte, como um *chiller* ou um VRF (*variable refrigerant flow* ou fluxo de refrigerante variável), sistemas de porte médio, como o *self* ou *split* central, e os diversos condicionadores individuais de ar elétricos, como os *splits* individuais e os do tipo janela. O *chiller* pode ser de absorção a gás ou elétrico. Já o VRF geralmente é elétrico, sendo o GHP (*Gas Heat Pump* ou bomba de calor a gás) um tipo de VRF a gás (ABEGÁS, 2008).

### 3. Metodologia

O método proposto neste trabalho estabelece um procedimento de cálculo do custo total de cada opção energética, para atender a demandas específicas dos consumidores residenciais e comerciais, considerando os seguintes fatores: setor produtivo, tipo de aplicação, valor da demanda, tipo de equipamentos e seus rendimentos, energéticos utilizados, seus preços, poderes caloríficos e os custos de operação e manutenção.

Inicialmente, foi necessário separar a avaliação por setor produtivo e selecionar as principais aplicações de cada setor. Em seguida, foram realizadas as seguintes etapas para cada aplicação:

- a) Lista dos equipamentos utilizados, seus respectivos energéticos e poderes caloríficos;
- b) Definição das demandas a serem atendidas;
- c) Levantamento dos rendimentos ou produtividades dos equipamentos;
- d) Levantamento dos preços dos energéticos, por setor, aplicação e faixa de consumo;
- e) Levantamento dos custos de operação e manutenção de cada energético.

Por fim, foram calculados os custos totais de cada opção energética para atender às demandas especificadas, através das seguintes equações:

$$CT = DEMANDA \div PC \quad (1)$$

$$CR = CT \div \eta \quad (2)$$

$$CCE = CR * PREÇO \quad (3)$$

$$CTE = CCE + COM \quad (4)$$

Onde:

CTE: Custo total do energético (R\$);

CCE: Custo com consumo de energia (R\$);

COM: Custos de operação e manutenção (R\$);

CR: Consumo real do energético (u);

u: unidade comercial do energético;

PREÇO: Preço da unidade comercial do energético, por setor e faixa de consumo (R\$/u);

CT: Consumo teórico do energético (u);

$\eta$ : Eficiência, rendimento ou produtividade (%; produção/consumo);

DEMANDA: Demanda da aplicação (kWh; produção de certo item);

PC: Poder calorífico do energético, superior (PCS) ou inferior (PCI)(kWh/u).

O energético mais competitivo em cada aplicação foi aquele que apresentou o menor CTE para atender a mesma demanda definida para todos. Para facilitar a análise na visão do consumidor, estes custos foram aferidos no período mensal.

Dependendo do equipamento utilizado, ainda foi necessário fazer algumas considerações para o uso das equações deste método. Para fornos industriais e sistemas de climatização, por exemplo, em vez dos rendimentos, foi utilizada a produtividade dos equipamentos, não sendo necessário portanto o uso do PC no cálculo, tornando o custo total igual à própria demanda. Assim, as equações 1 e 2 ficaram:

$$CT = DEMANDA$$

$$CR = CT \div \eta = DEMANDA \div \eta$$

### **3.1. Avaliação do setor residencial – Aplicação: cocção de alimentos**

a) Equipamentos, energéticos utilizados e poderes caloríficos: os equipamentos usados foram os fogões comuns, os cooktops ou os fornos. Fogões, cooktopse fornos a gás utilizam GN ou GLP, e os fornos elétricos, energia elétrica. Os poderes caloríficos superiores (PCS) foram extraídos do último BEN (EPE, 2013).

b) Definição da demanda: foi considerado o consumo de uma família de 04 pessoas, estimado na média de um botijão de GLP de 13 kg por mês. Como o PCS do GLP é de 11.750 kcal/kg (EPE, 2013), a demanda foi aproximada para 180 kWh, sendo 120 kWh para consumo em fogões ou cooktopse 60 kWh para os fornos a gás ou elétrico.

c) Rendimentos dos equipamentos: foram utilizados os dados constantes nas tabelas de eficiência energética do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), fazendo a média entre os equipamentos do mesmo tipo (INMETRO, 2013).

d) Preços dos energéticos: para o GLP, foram utilizados dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), obtendo a média de R\$ 2,92/kg (ANP, 2013, CONFAZ, 2013). Para a energia elétrica, foi consultada a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), onde o preço relativo ao setor residencial na região nordeste foi de R\$ 0,28/kWh (ANEEL, 2013). No caso do GN, foi utilizada a tabela tarifária da Companhia de Gás da Bahia (BAHIAGÁS) que apresenta preço único de R\$ 1,73/m<sup>3</sup> para o setor residencial, independente da faixa de consumo, para o PCS de referência de 9.400 kcal/m<sup>3</sup> (BAHIAGÁS, 2013). Foi necessário assim corrigir o preço do GN para o PCS médio utilizado neste trabalho de 9.256 kcal/m<sup>3</sup> (EPE, 2013), ficando o preço final em R\$ 1,70/m<sup>3</sup>.

e) Custos de operação e manutenção: estes custos não foram considerados para esta aplicação, pois seus valores mensais se mostraram irrisórios para o consumidor, em comparação com os outros custos, qualquer que seja o energético.

### **3.2. Avaliação do setor residencial – Aplicação: aquecimento de água**

a) Equipamentos, energéticos utilizados e poderes caloríficos: os equipamentos utilizados foram os aquecedores de passagem a gás (GN ou GLP), chuveiros elétricos, aquecedores de acumulação a gás (GN ou GLP) e os boilers elétricos. Os PCS foram os mesmos do último BEN (EPE, 2013).

b) Definição da demanda: tomou-se como referência a energia média em kWh necessária para uma família de 04 pessoas, cada uma realizando 02 banhos de 10 minutos por dia, com um chuveiro elétrico de 4,5 kW. Desta forma, a demanda de energia num mês foi de 180 kWh.

c) Rendimentos dos equipamentos: também foram extraídos das tabelas do Inmetro (INMETRO, 2013).

d) Preços dos energéticos: foram utilizados os mesmos valores da cocção de alimentos.

e) custos de operação e manutenção: também não foram considerados, já que apresentam para o consumidor valores mensais muito inferiores aos outros custos.

### **3.3. Avaliação do setor comercial – Aplicação: cocção de alimentos**

a) Equipamentos, energéticos utilizados e poderes caloríficos: foram utilizados os fogões industriais, a GN ou GLP, e os fornos, que podem consumir GN, GLP, lenha ou energia elétrica. Os PCS também foram do último BEN (EPE, 2013).

b) Definição da demanda: para o fogão industrial, tomou-se como base o consumo médio mensal de GLP dos restaurantes de um shopping da cidade de Salvador/BA, que foi em torno de 300 kg cada um, Bahiagás(2013), que equivale a aproximadamente 4.100 kWh (PCS do GLP de 11.750 kcal/kg). Para os fornos, a demanda foi definida como sendo a produção de certo item, em vez da quantidade de energia. Para isso, foi considerada uma panificadora que consome em média 05 sacos de farinha de 50 kg por dia e opera 26 dias por mês, totalizando 6.500 kg de farinha mensais (BARBOSA et al, 2004).

c) Rendimentos dos equipamentos: para os fogões, foram utilizados os mesmos dados do setor residencial, extraídos das tabelas do Inmetro (INMETRO, 2013). Quanto aos fornos, para os que consomem gás ou lenha, foram utilizados valores contidos em Ctgás (2011)e, para os fornos elétricos, dados de Celesc (2013). Estas referências apresentam rendimentos de fornos de cada energético, utilizados em panificadoras, em kg de farinha/unidade comercial (TEIXEIRA, 2013).

d) Preços dos energéticos: para o GN, verificou-se que a demanda de 4.100 kWh representa um consumo de 656,8 m<sup>3</sup> de GN num fogão de 58% de rendimento. Então, de acordo com Bahiagás (2013), para essa faixa de consumo, no setor comercial, se obteve uma tarifa média de 1,76/m<sup>3</sup>, já corrigida para o PCS de 9.256 kcal/m<sup>3</sup>. Para a energia elétrica, conforme ANEEL (2013), o preço da

faixa do setor comercial da região nordeste ficou em R\$ 0,29/kWh. Para o GLP, o preço foi o mesmo do setor residencial, ou seja, 2,92/kg. No caso da Lenha, foram extraídos dados de Mfrural (2013), que é um portal de negócios rurais no estado da Bahia, onde o preço médio negociado pela lenha de eucalipto para caldeiras e fornos foi de R\$ 55,32/m<sup>3</sup>.

e) Custos de operação e manutenção: no caso específico da Lenha, além do custo do produto, foram acrescentados os custos com a operação do forno, pois há a necessidade de contratação e manutenção de mão de obra especializada para abastecer, descarregar e limpar o forno, gerando, em valor corrigido e atualizado, R\$ 1.059,00 por mês (BARBOSA et al, 2004). É importante destacar que este custo relativo à lenha tem valor irrisório para os demais energéticos.

### **3.4. Avaliação do setor comercial – Aplicação: aquecimento de água**

a) Equipamentos, energéticos utilizados e poderes caloríficos: foram utilizados os mesmos aquecedores de passagem, chuveiros e boilers elétricos do setor residencial, e também uma caldeira comercial. Nos aquecedores, podem ser consumidos GN, GLP e energia elétrica. Já a caldeira pode utilizar vários combustíveis, como GN, GLP, óleo diesel ou óleo combustível. Os PCS também foram do último BEN (EPE, 2013).

b) Definição da demanda: foi definida uma quantidade de energia para aquecer a água de 400 apartamentos de um hotel hipotético, considerando cada unidade com um chuveiro elétrico de 4,5 kW que funcionam uma hora por dia, durante os 30 dias por mês. Assim, a demanda teórica de energia num mês foi de 54.000 kWh.

c) Rendimentos dos equipamentos: para os aquecedores de passagem, de acumulação e chuveiros elétricos foram utilizados os dados contidos em Inmetro (2013). Já os rendimentos da caldeira foram calculados, considerando uma Aalborg do tipo flamatubular de 2.000 kg/h de vapor, utilizando as referências Aalborg (2013) e Ctgás (2011) (TEIXEIRA, 2013).

d) Preços dos energéticos: quanto ao GN, observa-se que a demanda de 54.000 kWh é equivalente a um consumo de 6.008,7 m<sup>3</sup> num aquecedor com 84% de rendimento. Para este consumo, de acordo com Bahiagás (2013), o preço do GN no setor comercial ficou em R\$ 1,40/m<sup>3</sup>, já corrigido para o PCS de referência. Os preços para o GLP e energia elétrica foram os mesmos aplicados para a cocção de alimentos comercial. Já os preços do óleo diesel e do óleo combustível foram, respectivamente, R\$ 2,29 e R\$ 2,19 por unidade comercial, ambos calculados pela média entre Confaz (2013) e ANP (2013), para o estado da Bahia.

e) Custos de operação e manutenção: considerando um aparelho para cada uma das 400 unidades do hotel hipotético, estes custos mensais foram de R\$ 3.333,30, tanto para os chuveiros elétricos quanto para os aquecedores a gás, e de R\$ 5.000,00 para os aquecedores elétricos (MALDONADO, 2013). Para a caldeira, foram utilizadas as informações de Bahiagás (2009) e

Correa (2002), sendo contabilizados custos com depreciação, mão de obra, armazenamento e energia, totalizando os seguintes valores atualizados: R\$ 9.695,71 para o GN, R\$ 14.690,47 para o GLP, R\$ 23.504,75 para o diesel e R\$ 29.380,94 para óleo combustível (TEIXEIRA, 2013).

### **3.5. Avaliação do setor comercial – Aplicação: climatização**

a) Equipamentos, energéticos utilizados e poderes caloríficos: foram utilizados aparelhos individuais de pequeno porte, como os condicionadores elétricos *split* e janela, e também os coletivos de médio e grande porte, como os elétricos *split* central, *self* e VRF e o *chiller* elétrico, e os que utilizam gás, como o *chiller* de absorção e GHP.

b) Definição da demanda: utilizando o citado hotel de 400 apartamentos, considerando que cada unidade possua um aparelho *split* de 12.000 BTU/h ou 3,52 kW, que cada aparelho funciona 05 horas por dia durante 30 dias por mês, a demanda teórica mensal foi de 211.200 kWh.

c) Rendimentos dos equipamentos: foram utilizadas as informações contidas em Abegás (2008), que apresenta valores de produtividade de cada equipamento, em kW produzido por kW consumido para os elétricos, e em kWh produzido por m<sup>3</sup> consumido para o que consomem GN. Vale acrescentar que os aparelhos a GN também consomem eletricidade (TEIXEIRA, 2013).

d) Preços dos energéticos: observou-se que a demanda de 211.200 kWh gerou um consumo de 14.400 m<sup>3</sup> de GN no *chiller* de absorção. Então, para esta faixa de consumo, a tarifa média corrigida do setor em análise para GN ficou em R\$ 0,96/m<sup>3</sup> (BAHIAGÁS, 2013). Para a energia elétrica, foi utilizado o mesmo preço médio das outras aplicações do setor comercial, para a região Nordeste, de R\$ 0,29/kWh (ANEEL, 2013).

e) Custos de operação e manutenção: Estes custos também foram extraídos de Abegás (2008), sendo atualizados para os dias atuais, para o período mensal e corrigidas as unidades (TEIXEIRA, 2013).

Os resultados dessas avaliações pelo método proposto, tanto do setor residencial como do comercial, são apresentados a seguir.

## **4. Resultados das avaliações**

A partir dos dados levantados na seção anterior e com o auxílio das equações 1, 2, 3 e 4, propostas no método em questão, a tabela 1 foi construída e apresenta uma síntese das comparações de competitividade entre todos os energéticos dos setores residencial e comercial. Como se pode verificar, para cada setor, foram listadas suas aplicações e as respectivas demandas. Para cada demanda, foram relacionados os possíveis equipamentos, seus energéticos, poderes caloríficos, rendimentos, preços e os custos específicos de operação e manutenção. Ao final, foram calculados os custos totais de utilização de cada energético para atender a cada demanda definida.



Tabela 1 – Síntese das avaliações dos setores residencial e comercial

SE	AP	DEM	EQPT	EU	u	PC	CT	η	CR	PR	CCE	COM	CTE	ECO		
RESIDENCIAL	Cocção de alimentos	120 kWh	Fogão	GN	m <sup>3</sup>	10,8	11	0,58	19	1,70	32,7	-	32,7	-		
				GLP	kg	13,7	9	0,63	14	2,92	41,0	-	41,0	20,2		
		60 kWh	Forno a gás	GN	m <sup>3</sup>	10,8	11	0,59	19	1,70	32,2	-	32,2	-		
				GLP	kg	13,7	9	0,62	14	2,92	41,6	-	41,6	22,6		
		Forno elétrico	GN	m <sup>3</sup>	10,8	6	0,51	11	1,70	18,7	-	18,7	-			
			GLP	kg	13,7	4	0,51	9	2,92	24,9	-	24,9	24,9			
	Aquecimento de água	180 kWh	Aquecedor de passagem	GN	m <sup>3</sup>	10,8	17	0,84	20	1,70	34,1	-	34,1	-		
				GLP	kg	13,7	13	0,84	16	2,92	45,7	-	45,7	25,3		
			Chuveiro elétrico	EE	kWh	1,0	180	0,95	189	0,28	52,8	-	52,8	35,4		
			Aquecedor de acumulação	GN	m <sup>3</sup>	10,8	17	0,79	21	1,70	35,9	-	35,9	-		
				GLP	kg	13,7	13	0,79	17	2,92	48,7	-	48,7	26,4		
			EE	kWh	1,0	180	0,76	237	0,28	66,2	-	66,2	45,8			
COMERCIAL	Cocção de alimentos	4.100 kWh	Fogão industrial	GN	m <sup>3</sup>	10,8	381	0,58	657	1,76	1.157,7	-	1.157,7	-		
				GLP	kg	13,7	300	0,63	480	2,92	1.401,3	-	1.401,3	17,4		
		6.500 kg de farinha	Forno a gás	GN	m <sup>3</sup>	-	6.500	11,29	576	1,76	1.015,1	-	1.015,1	-		
				GLP	kg	-		9,40	692	2,92	2.018,4	-	2.018,4	49,7		
			Forno a lenha	LE	m <sup>3</sup>	-		352,11	18	55,32	1.021,1	1.059	2.080,1	51,2		
			Forno elétrico	EE	kWh	-		0,87	7.479	0,29	2.194,9	-	2.194,9	53,8		
	Aquecimento de água	54.000 kWh	Aquecedor de passagem	GN	m <sup>3</sup>	10,8	5.017	0,84	6.009	1,40	8.401,7	3.333	11.735,0	-		
				GLP	kg	13,7	3.952	0,84	4.694	2,92	14.536,9	3.333	17.870,3	31,1		
			Chuveiro elétrico	EE	kWh	1,0	54.000	0,95	56.842	0,29	16.682,6	3.333	20.015,9	41,4		
			Aquecedor de acumulação	GN	m <sup>3</sup>	10,8	5.017	0,79	6.319	1,40	8.835,5	3.333	12.168,9	-		
				GLP	kg	13,7	3.952	0,79	5.009	2,92	15.513,4	3.333	18.846,8	32,2		
			Caldeira	EE	kWh	1,0	54.000	0,76	71.240	0,29	20.908,3	5.000	25.908,3	53,0		
				GN	m <sup>3</sup>	10,5	5.123	0,93	5.524	1,40	7.723,3	9.696	17.419,0	-		
				GLP	kg	12,8	4.212	0,93	4.545	2,92	14.074,6	14.690	28.765,1	37,7		
				OD	m <sup>3</sup>	11,9	4.525	0,90	5.034	2,29	11.711,5	23.505	35.216,3	50,2		
			OC	Kg	11,3	4.763	0,90	5.314	2,19	11.633,4	29.381	41.014,3	57,5			
			Climatização	211.200 kWh	Chiller de absorção	GN	m <sup>3</sup>	-	211.200	14,67	14.400	0,96	13.895,8	3.460	17.883,7	-
						EE	kWh	-		117,33	1.800	0,29	528,3			
GHP	GN	m <sup>3</sup>			-	14,67	14.400	0,96		13.895,8	4.301	19.957,9	10,4			
	EE	kWh			-	35,20	6.000	0,29		1.760,94						
VRF elétrico	EE	kWh			-	3,01	70.200	0,29		20.603,0	4.301	24.904,2	28,2			
Chiller água	EE	kWh			-	3,83	55.200	0,29		16.200,6	5.610	21.810,9	18,0			
Chiller ar	EE	kWh			-	2,79	75.600	0,29		22.187,8	5.376	27.564,3	35,1			
Self água	EE	kWh			-	2,93	72.000	0,29		21.131,3	12.062	33.193,2	46,1			
Self ar	EE	kWh			-	2,20	96.000	0,29		28.175,0	11.828	40.003,2	55,3			
Split central	EE	kWh			-	2,20	96.000	0,29		28.175,0	11.828	40.003,2	55,3			
Split comum	EE	kWh			-	2,07	102.000	0,29		29.936,0	11.828	41.764,2	57,2			
Janela	EE	kWh			-	1,76	102.000	0,29		35.218,8	11.828	47.047,0	62,0			

Fonte: Aalborg (2013); Abegás (2008); ANEEL (2013); ANP (2013); Bahiagás (2013); Bahiagás (2009); Barbosa et al (2004); Celesc (2013); Confaz (2013); Correa (2004); Ctgás (2011); EPE (2013); Inmetro (2013); Maldonado (2013); Mfrural (2013).

#### LEGENDA:

SE: Setor produtivo

AP: Aplicação

DEM: Demanda

EQPT: Equipamentos

EU: Energéticos utilizados

u: Unidade comercial de cada energético

PC: Poder calorífico do energético (kWh/u)

CT: Consumo teórico do energético (u)

η: Eficiência, rendimento ou produtividade

CR: Consumo real do energético (u)

PR: Preço do energético (R\$/u)

CCE: Custo com consumo de energia (R\$)

COM: Custos de operação e manutenção (R\$)

CTE: Custo total do energético (R\$)

ECO: Economia do GN em relação aos demais

GN: Gás natural

GLP: Gás liquefeito de petróleo

EE: Energia elétrica

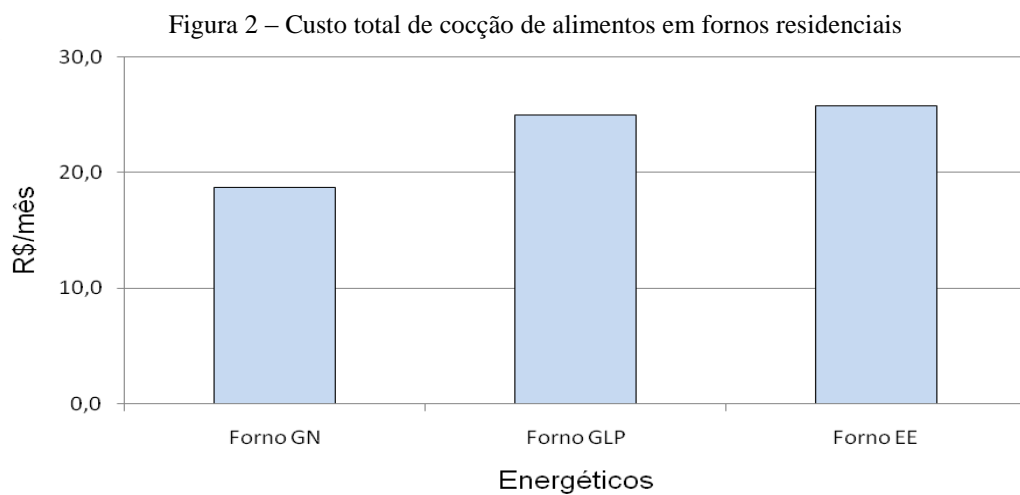
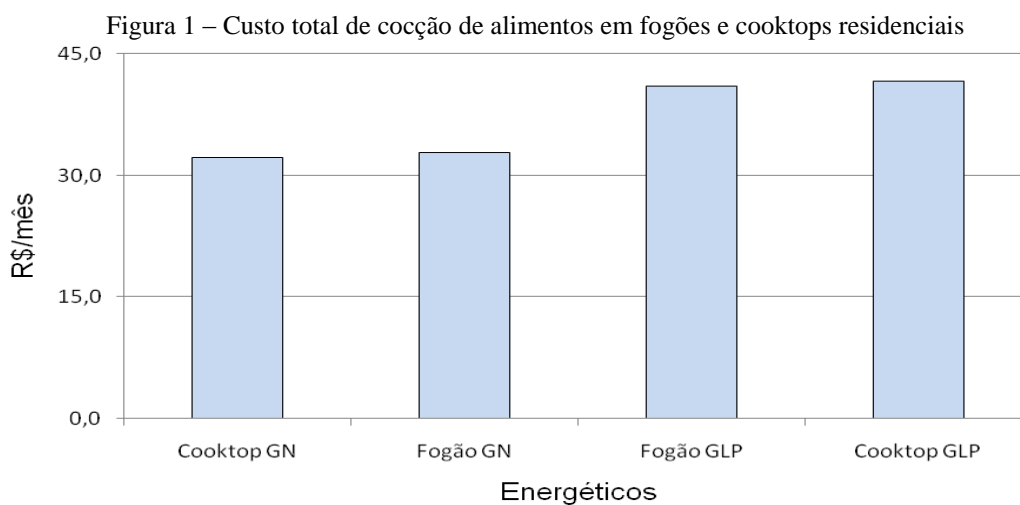
LE: Lenha

OD: Óleo diesel

OC: Óleo combustível

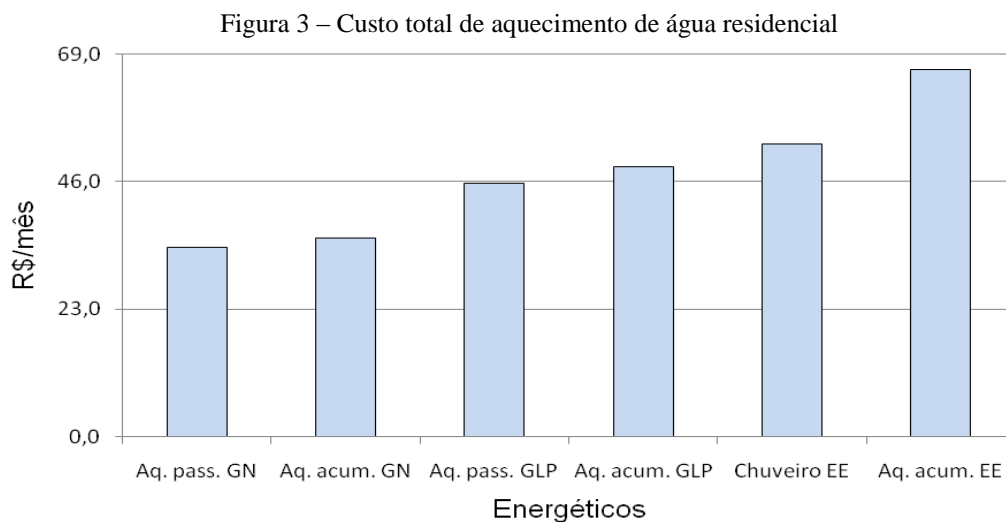
#### 4.1. Cocção de alimentos residencial

Como se pode observar na tabela 1, os equipamentos a GN obtiveram os menores custos totais para atender as demandas da cocção de alimentos do setor residencial. Os fogões a GN são 20,2% mais econômicos que os fogões a GLP. Já nos cooktops, a economia do GN aumenta para 22,6%. Os fornos a GN, por sua vez, mostram ser a melhor alternativa para o consumidor, pois são mais vantajosos economicamente 24,9% e 27,2% em relação aos modelos a GLP e elétricos, respectivamente. As figuras 1 e 2 ilustram estas comparações.



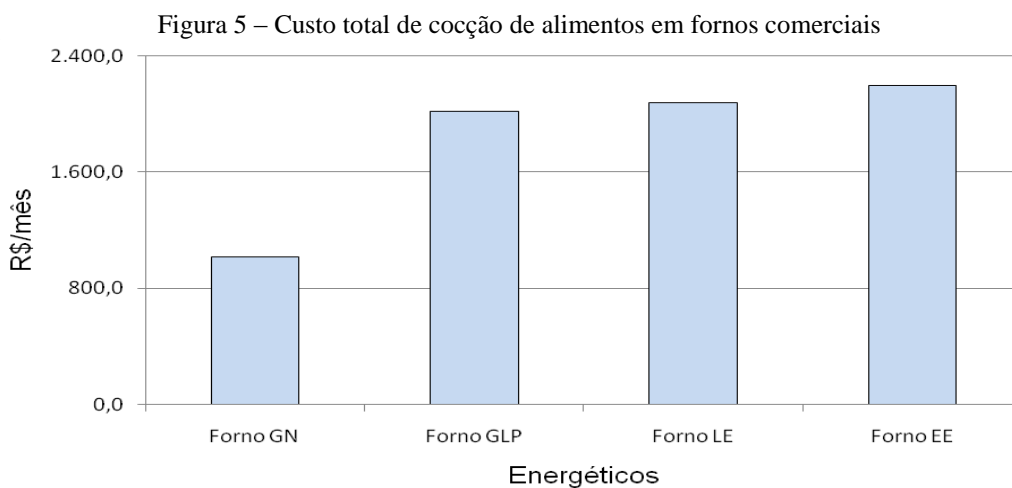
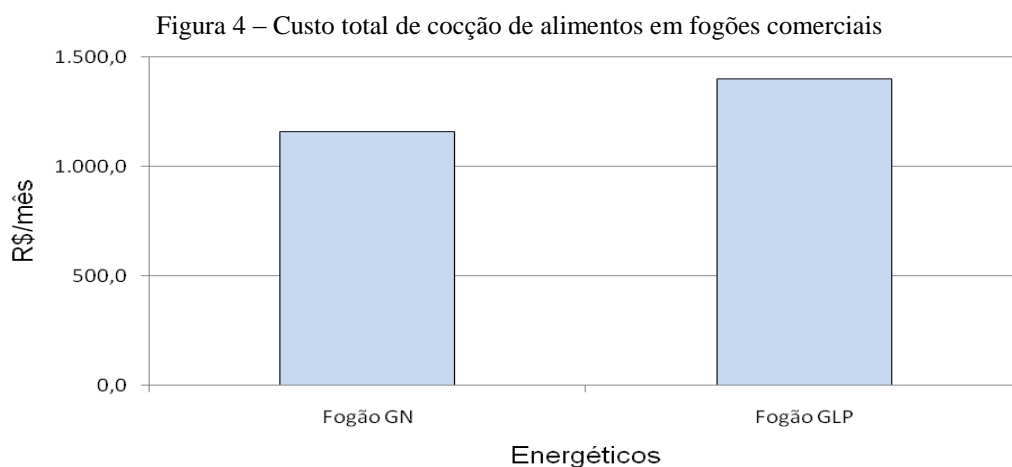
#### 4.2. Aquecimento de água residencial

Nesta aplicação, verifica-se que para o aquecimento tipo instantâneo, os aquecedores de passagem a GN são 25,3% mais econômicos que os modelos a GLP e 35,4% mais do que os chuveiros elétricos. Se a forma de aquecimento for por acumulação, a vantagem econômica dos aquecedores a GN sobe para 26,4%, comparando com os aparelhos a GLP, e 45,8% em relação aos modelos elétricos. A figura 3 apresenta melhor estes resultados.



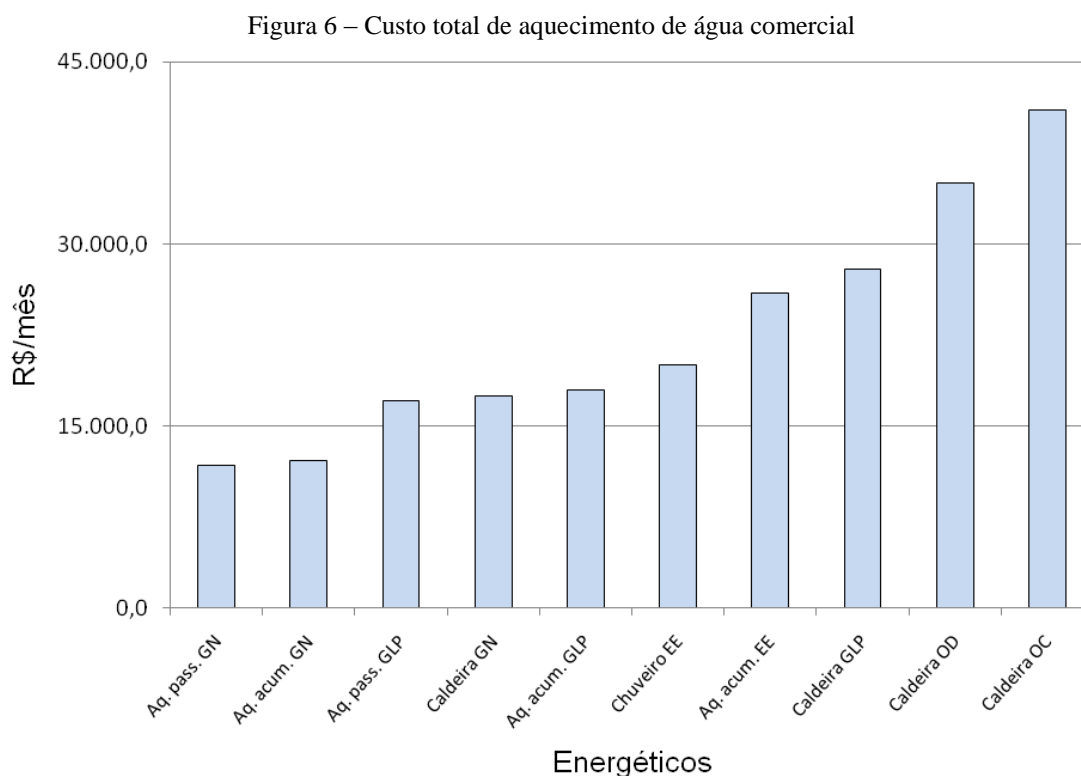
### 4.3. Cocção de alimentos comercial

Observa-se, na cocção de alimentos do setor comercial, que mais uma vez os equipamentos a GN foram os mais econômicos para atender a todas as demandas. Nos fogões industriais, há uma economia de 17,4% em relação ao GLP. Já utilizando fornos, o GN é 49,7% mais vantajoso que o modelo a GLP, 51,2% em relação ao forno a Lenha, e 53,8% em relação ao forno elétrico. As figuras 4 e 5 mostram estas comparações.



#### 4.4. Aquecimento de água comercial

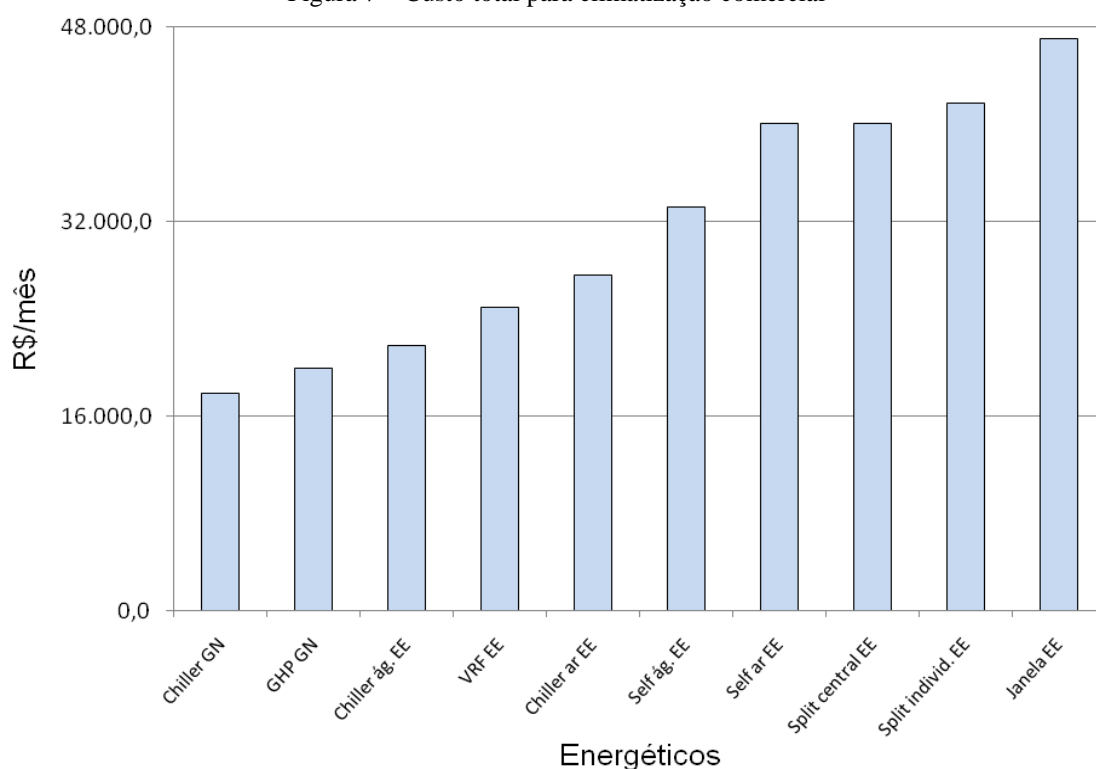
Verifica-se também que, para o aquecimento de água no setor comercial, o GN é o energético mais competitivo. No aquecimento através de processos instantâneos, os aquecedores de passagem a GN são 31,1% mais econômicos que os modelos a GLP e 41,4% mais do que os chuveiros elétricos. Se a forma de aquecimento for por acumulação, as vantagens econômicas dos aquecedores a GN passam a ser, respectivamente, de 32,2% e 53,0% em relação aos aparelhos a GLP e elétricos. Caso seja utilizada uma caldeira a vapor, o GN também mostra ser superior economicamente, em relação aos outros energéticos, de 37,7% a 57,5%. Por fim, verifica-se que a queima direta do GN é também 32,6% mais econômica que a sua utilização na caldeira de vapor (R\$ 11.735,00 do melhor aquecedor contra R\$ 17.419,00 da caldeira). A figura 6 ilustra estas comparações.



#### 4.5. Climatização Comercial

Por fim, a tabela 1 também apresentou os custos de variados de sistemas de climatização para o setor comercial, e verifica-se mais uma vez que o GN é o mais competitivo. Para atender a mesma demanda de 211.200 kWh, o *chiller* de absorção a GN mostrou ser a opção mais econômica de todas, seguida do GHP, também a GN, 10,4% mais custosa que a primeira. Quando a comparação é feita com os equipamentos totalmente elétricos, a vantagem econômica do *chiller* de absorção a GN aumenta mais ainda, variando de 28,2% até 62,0%, como mostra a figura 7.

Figura 7 – Custo total para climatização comercial



## 5. Conclusões

Neste trabalho, foi proposto e utilizando um método de avaliação de competitividade entre energéticos, com o objetivo de apontar o mais econômico para atender as demandas dos setores residencial e comercial, considerando fatores como: tipo de aplicação, valor da demanda, tipo de equipamentos utilizados, rendimentos dos equipamentos, preço, poder calorífico, e custos de operação e manutenção. Em todas as principais aplicações desses setores, como a cocção de alimentos, o aquecimento de água e a climatização, o GN foi apontado como o energético mais competitivo, em comparação com os demais.

Os equipamentos que utilizaram o GN foram os que obtiveram os menores custos totais para o consumidor, para atender cada uma de suas demandas nos setores avaliados, com mais de 40%, em média, de economia em relação aos outros energéticos. Para a cocção de alimentos, a economia do GN variou de 17,4% a 53,8%; para o aquecimento de água, de 25,3% a 57,5%; e para a climatização, de 28,2% a 62,0%.

Com relação ao GLP, a vantagem econômica do GN foi atribuída à diferença dos preços, já que os rendimentos médios entre os equipamentos e os PCS não diferenciam muito. Quanto à energia elétrica, a economia maior do GN foi identificada nos processos térmicos, que são inerentes aos combustíveis, pois o GN tem um PCS muito maior que o equivalente energético da eletricidade, exigindo um consumo relativo bem menor de sua unidade comercial.

No caso da lenha, a principal vantagem econômica do GN foi devido à diferença nos perfis de operação e manutenção dos processos, onde os custos associados para a lenha são muito maiores que os do GN. Este mesmo motivo também explica a economia do GN em relação ao diesel e ao óleo combustível, já que os três energéticos possuem PCS e preços muito próximos.

Assim, foi comprovado quantitativamente que o gás natural é o energético mais competitivo para atender a todas as demandas dos setores residencial e comercial. Pode-se considerar também que o método proposto representa um avanço nos estudos sobre competitividade entre energéticos, por ser mais completo e abrangente que os métodos tradicionais, sendo possível identificar gargalos de cada opção energética que influencia na sua falta de competitividade. Além disso, a metodologia apresentada procurou seguir uma linguagem relativamente simples, tendendo a uma estrutura de fácil manuseio, tanto para especialistas como consumidores finais.

### **Abstract**

This paper aims to develop a methodology for assessing the competitiveness of Natural Gas (NG) relative to its major competitors, for all applications of the residential and commercial sectors. To achieve this a comparative method was proposed able to determine the most competitive energy type, by calculating the total cost of each energy option to meet consumer demands, considering factors such as: price, heat value, type of equipment used, equipment efficiency, maintenance and operational costs. The results showed that NG is the most competitive energy type for all applications of the sectors evaluated. The NG equipments had the lowest total cost for the consumer with on average over 40% savings related to other energy sources. For food preparation, the economy of NG ranged from 17,4% to 53,8%; for heating water, 25,3% to 57,5%; and for air conditioning, 28,2% to 62,0%.

**Key-words:** natural gas; energy types; competitiveness.

### **Referências**

AALBORG. ALFA LAVAL AALBORG BRASIL. **Tabelas Técnicas**. Disponível em: <<http://www.aalborg-industries.com.br/general.php?ix=131>>. Acesso em: 02 fev. 2013.

ABEGÁS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DISTRIBUIDORAS DE GÁS CANALIZADO. **Workshop de Climatização e Cogeração**. Disponível em: <[http://www.abegas.org.br/upload\\_arquivo/climatizacao\\_parte4.pdf](http://www.abegas.org.br/upload_arquivo/climatizacao_parte4.pdf)>. Acesso em: 13 nov. 2008.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Tarifa Média por Classe de Consumo e por Região**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=550>>. Acesso em: 21 set. 2013.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. **Sistema de Levantamento de Preços**. Disponível em: <[http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo\\_Mensal\\_Index.asp](http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Index.asp)>. Acesso em: 21 set. 2013.

BAHIAGÁS. COMPANHIA DE GÁS DA BAHIA. **Procedimentos Operacionais e Documentos Corporativos**. Salvador: Bahiagás, 2013. 532p.

BAHIAGÁS. COMPANHIA DE GÁS DA BAHIA. **Relatório sobre o Uso do Gás Natural no Hospital Geral do Estado**. Salvador: Bahiagás, 2009. 96p.

BARBOSA, E. A.; AZEVEDO, L. G.; SANTOS, M. B. G. Gestão Econômica: Análise Comparativa de Alternativas Energéticas utilizadas em Fornos de Indústrias de Panificação. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 14., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ENEGEP, 2004.

CELESC. CENTRAIS ELÉTRICAS DE SANTA CATARINA S.A. **Programa de Eficiência Energética**. Disponível em: <<http://proceleeficiencia.celesc.com.br/index.php?novasessao=47>>. Acesso em: 16 mar. 2013.

CONFAZ. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA. Ministério da Fazenda. **Ato COTEPE/PMPF nº 11, de 11 de junho de 2012**. Preço médio ponderado a consumidor final (PMPF) de combustíveis. Disponível em: <[http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/atos/atos\\_pmpf/2013/PMPF015\\_13.htm](http://www.fazenda.gov.br/confaz/confaz/atos/atos_pmpf/2013/PMPF015_13.htm)>. Acesso em: 21 set. 2013.

CORREA, Edison Luis. **A Viabilidade Econômica do Gás Natural**. 2002. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CTGÁS. CENTRO DE TECNOLOGIAS DO GÁS. **Dados de Unidades de Conversão**. Natal: CTGÁS, 2011. 15p.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanco Energético Nacional 2013**: Ano base 2012. Rio de Janeiro: EPE, 2013. 288p.

FERNANDES, Flavio. **Substituição da Eletrotermia por Gases Combustíveis no Setor Industrial**. 2008. 208f. Tese (Doutorado em Energia) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/pbe>>. Acesso em: 20 jan. 2013.

MALDONADO, Helder. Conforto Comparado: Conheça as Vantagens e Desvantagens dos Aquecedores Centrais Elétricos, Solares e a Gás. Revista **Casa e Construção**. Disponível em: <<http://revistacasaconstrucao.uol.com.br/esc/Edicoes/71/imprime224171.asp>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

MFRURAL. **O Agronegócio passa por aqui!** Disponível em: <<http://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=lenha>>. Acesso em: 21 set. 2013.

SANTOS, E. M.; FAGÁ, M. T. W.; BARUFI, C. B.; POULALLION, P. L. Natural Gas – The Construction of a New Civilization. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 67-90, 2007. **crossref**

TEIXEIRA, João Pedro Braga. **Desenvolvimento de um Método para Avaliar a Competitividade do Gás Natural nos Setores Residencial e Comercial**. 2013. 104 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, 2013.

## Dados dos autores

Nome completo: **João Pedro Braga Teixeira**

Filiação institucional: Companhia de Gás da Bahia – BAHIAGÁS

Departamento: Gerência Comercial Grandes Clientes

Função ou cargo ocupado: Engenheiro

Endereço completo para correspondência: Av. Tancredo Neves, 450,20º andar, Caminho das Árvores, CEP 41820-901, Salvador, Bahia, Brasil.

Telefones para contato: (71) 3206-6082 / 8829-4401

*e-mail*: [joaoteixeira@bahiagas.com.br](mailto:joaoteixeira@bahiagas.com.br)

Nome completo: **Alex Álisson Bandeira Santos**

Filiação institucional: Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia –CIMATEC / SENAI

Departamento: Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

Função ou cargo ocupado: Gerente

Endereço completo para correspondência: Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, CEP 41650-010, Salvador, Bahia, Brasil.

Telefones para contato: (71) 3462-9550

*e-mail:*[alex.santos@fiab.org.br](mailto:alex.santos@fiab.org.br)

Nome completo: **Lilian Lefol Nani Guarieiro**

Filiação institucional: Campus Integrado de Manufatura e Tecnologia –CIMATEC / SENAI

Departamento: Área Tecnológica Automotiva

Função ou cargo ocupado: Professor Adjunto

Endereço completo para correspondência: Av. Orlando Gomes, 1845, Piatã, CEP 41650-010, Salvador, Bahia, Brasil.

Telefones para contato: (71) 3462-8427

*e-mail:*[lilian.guarieiro@fiab.org.br](mailto:lilian.guarieiro@fiab.org.br)

Submetido em: 2014-11-06

Aceito em: 2015-05-07