



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GET/27

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO - 14**

**GRUPO DE ESTUDO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E GESTÃO DA TECNOLOGIA, DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO (GET)**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REDE DE TROCADORES DE CALOR: ANÁLISE TERMODINÂMICA E ELÉTRICA DO BOMBEAMENTO DO FLUIDO DE TROCA TÉRMICA**

**Manasses Guimarães Carneiro**  
UNIFACS

**Kleber Freire da Silva(\*)**  
UNIFACS/UFBA

**Paulo Sérgio Rodrigues Araújo**  
UNIFACS

**Daniel Barbosa**  
UNIFACS/UFBA

**RESUMO**

Este trabalho apresenta um estudo de redução de consumo de energia elétrica de um processo de refrigeração de gás liquefeito de petróleo (GLP), tomando como base a Unidade Industrial do Terminal de Madre de Deus na Bahia. Para isto adotou-se adequações operacionais da planta, a partir das necessidades termodinâmicas individuais dos trocadores de calor, bem como o acionamento em velocidade variável das bombas de água salgada para a rede de trocadores, utilizando conversores de frequência. As medições das variáveis elétricas e de processo indicam um expressivo potencial de economia da energia elétrica com as mudanças operacionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética; Trocadores de calor; Bombas centrífugas, Velocidade Variável; GLP.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O custo com energia elétrica no Brasil teve um aumento considerável no biênio 2015-2016 (ANEEL, 2015), em grande parte, fruto da crise hídrica que se iniciou em 2012 e provocou a redução da energia armazenada nos reservatórios das principais hidrelétricas do país, alcançando ao final de 2014 menos de 20% da capacidade nos reservatórios do eixo Sudeste/Centro-Oeste (ONS, 2016). Associado a este fato a economia do país passa por forte recessão e apresentou encolhimento de 3,49% em 2016 com perspectiva de crescimento em 2017 de apenas 0,5% (BRASIL, 2017). Isto desencadeou uma forte redução da atividade industrial do país, aumento do desemprego e redução do consumo.

Em virtude de todo este contexto, ações para uma maior eficiência energética vêm sendo buscadas com o intuito de reduzir as despesas fixas e assim aumentar o lucro líquido dos setores produtivos. Na indústria brasileira, o consumo energético de motores elétricos e suas cargas, correspondem a aproximadamente 68% do total do setor, sendo que este setor industrial por sua vez, consome cerca de 32,5% de toda a energia elétrica utilizada no país (BRASIL, 2016).

Grande parte da energia excessiva consumida por motores elétricos se deve principalmente a ineficiências operacionais e também do tipo de processo em que estão inseridos. Marchi, Simpson e Ertugrul (2012) reduziram, em sistemas de bombeamento de água, o consumo de energia de 0,393 kWh/m<sup>3</sup> para 0,234 kWh/m<sup>3</sup>, usando variadores de velocidade associados a bombas hidráulicas, enquanto Araújo (2003) obteve 30% de economia de energia em sistemas de irrigação no setor agrícola, também utilizando acionamentos em velocidade variável. A indústria com sua grande capacidade e poder de consumo de energia elétrica, principalmente no tocante aos motores elétricos, tem buscado decrementar este patamar, onde por exemplo, Oenning (2011) estimou uma economia anual de energia de aproximadamente 4.000 MWh, devido ao consumo de motores elétricos, no setor de destilação de refinarias.

(\*) Rua Dr José Peroba, n° 251 – sala 602 - CEP 41.770-235 Salvador, BA, – Brasil  
Tel: (+55 71) 3330-4627 – Fax: (+55 71) 3330-4630 – Email: kfreire@unifacs.br

Os motores elétricos, enquanto equipamentos isolados, atingem eficiências energéticas típicas de até 95%, como é o caso de motores de elevado rendimento. No entanto, quando associados ao processo específico, fontes de ineficiências externas aos motores são inseridas. Uma maior eficiência energética dos processos industriais pode trazer ganhos significativos ao proprietário do processo bem como trazer benefícios a todo o sistema elétrico, com as reduções dos fluxos de potência nas redes elétricas. Isto justifica uma ampliação do diagnóstico energético para além do conjunto motor – carga, avaliando-se também o processo industrial em seu entorno.

A percepção endógena permite a identificação de ações operacionais e procedimentais que ampliam os impactos positivos do estudo da eficiência energética. Variáveis operacionais podem ser alteradas tendo em vista a eficiência de determinados equipamentos, que podem não estar tão diretamente associados ao processo em questão.

Em Madre de Deus, na Bahia, está situado o Terminal Aquaviário Almirante Alves Câmara (TEMADRE) - conhecido como Terminal de Madre de Deus - onde existe uma planta operacional capaz de receber, armazenar e expedir Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), com capacidade para refrigerar o GLP pressurizado (contido nas esferas), podendo armazená-lo em tanques com baixa pressão de operação, ampliando a capacidade de armazenamento de gás com menor demanda de robustez construtiva dos tanques<sup>1</sup>.

Uma série de subprocessos (compressão e troca térmica) se fazem necessários para o armazenamento do GLP na temperatura adequada, tais como: refrigeração (transição da temperatura ambiente nas esferas ao ponto de liquefação); aquecimento (aumento da temperatura do produto armazenado nos tanques refrigerados para a entrega nas condições de consumo); resfriamento de água doce, regeneração (retomada das condições de secagem de GLP para as torres que retiram a umidade do gás); e manutenção da pressão (tanques refrigerados em condição adequada de segurança). Esta última etapa envolve ainda os processos de *Flash* e *Boill Off*<sup>1</sup>. Os referidos subprocessos utilizam trocadores de calor (Figura 1), onde o fluido de troca térmica é a água do mar bombeada a partir de bombas acionadas por motores elétricos dimensionados para a condição mais severa da planta<sup>1</sup>.

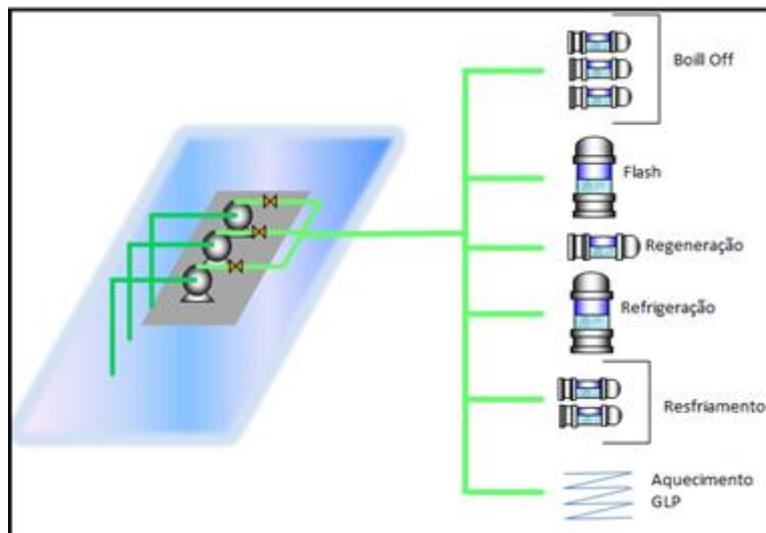


FIGURA 1 – Esquema dos trocadores de calor com água do mar (Madre de Deus – BA, 2016).

Durante as operações, os trocadores não são demandados concomitantemente em sua capacidade plena, permanecendo em *stand by* aguardando demanda operacional, enquanto o sistema motor-bomba é mantido em funcionamento contínuo, caracterizando-se como uma situação de ineficiência, sendo uma boa alternativa a utilização de variadores de velocidade. Contudo, a vazão necessária de água ao processo possui muitas variáveis, desde a quantidade de trocadores de calor em operação, como as temperaturas de entrada e saída necessárias para cada trocador, e as eficiências individuais dos equipamentos. Portanto, qualquer implementação de ação para uma maior eficiência energética, sem a verificação das condições de processo, pode ter resultados abaixo das expectativas.

## 2.0 - METODOLOGIA

Este trabalho foi planejado, executado e analisado adotando-se a estratégia de um estudo de caso desenvolvido, buscando-se mensurar o consumo de energia elétrica instantâneo do conjunto motor-bomba de água dos trocadores de calor, com o uso de um analisador de energia instalado no painel elétrico, estimando-se o dispêndio

<sup>1</sup> Obtido a partir do Manual de Operação do Terminal de Madre de Deus (MO-3TP-00005). Documento interno.

com energia elétrica. Também são realizadas as medições das grandezas de processo, obtendo-se a vazão de água, nas condições operacionais da planta de Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), no Terminal Almirante Alves Câmara (TEMADRE), localizado na cidade de Madre de Deus, região metropolitana de Salvador – Bahia. As medições na planta industrial foram realizadas entre 18/05/2016 e 09/09/2016.

Referindo-se aos trocadores de calor, foi necessário o levantamento dos parâmetros operacionais reais dos mesmos, incluindo a temperatura de entrada e saída dos trocadores, a pressão na linha e a vazão de água para os equipamentos. Para as condições de processo, foi analisado o fluxo de operações da planta, coletando-se dados do sistema operacional integrado, com os status dos equipamentos, de modo que fosse possível inferir o tempo de operação de cada equipamento no período considerado. Os valores de pressão de água e de gás foram coletados diretamente nos instrumentos instalados nas linhas, ou de transmissores informatizados interligados ao sistema de controle da planta. As temperaturas da água e do GLP foram obtidas a partir de pistolas térmicas diretamente nas entradas e saídas dos trocadores. Também foi considerada a necessidade mensal, da realização da manutenção da pressão, como subprocesso em operação constante, sendo possível o bloqueio total dos trocadores de calor, entretanto esta ação não é realizada no TEMADRE. A Tabela 1 apresenta os tempos de operação por subprocesso para um semestre típico da planta em sua plena capacidade.

TABELA 1 – Tempos de operação por subprocesso no 2º semestre de 2015 (Madre de Deus – BA, 2016).

Operação	Tempo de operação/mês (h)
Refrigeração	111,23
Aquecimento de GLP	43
Regeneração	18
Manutenção da pressão (Fora Ponta)	508,77
Manutenção da pressão (Ponta)(*)	63
<b>Total mensal</b>	<b>744</b>

(\*) Horário de ponta (BA) ocorre entre 18h00 – 21h00 apenas nos dias úteis de acordo com a concessionária<sup>2</sup>

Foram utilizados os valores medidos de consumo de energia elétrica e os parâmetros de projeto do conjunto motor-bomba, para o cálculo da vazão da bomba, conforme Equação 1 (MATTOS e FALCO, 1998). Assim foram utilizados os valores de rendimento operacional, da bomba hidráulica e do motor elétrico, conforme especificações técnicas destes equipamentos, bem como o valor da pressão na descarga da bomba (Head). Os valores calculados de vazão referem-se ao montante total da bomba, devendo-se considerar sua divisão entre todos os trocadores envolvidos.

$$Q = \frac{P_{el} \cdot \eta_b \cdot \eta_m}{\gamma \cdot H} \quad (1)$$

Onde: Q=vazão instantânea;  $P_{el}$ =potência elétrica;  $\eta_b$ =rendimento da bomba;  $\eta_m$ =rendimento do motor;  $\gamma$ =peso específico; H=head.

Para o cálculo da vazão individual por trocador de calor, foi necessário utilizar os parâmetros de projeto destes equipamentos na planta. Assim a partir de cada subprocesso analisou-se os trocadores envolvidos e as vazões individuais projetadas por trocador, obtendo-se a partir de um percentual da vazão total calculada. Estes resultados são apresentados na Tabela 2 a seguir.

TABELA 2 – Percentual da vazão total do subprocesso “Manutenção da pressão” (Madre de Deus – BA, 2016).

Trocador	Vazão água projeto (Kg/h)	Parcela da vazão total de água (%)
Flash	122.340	40,45
Boill-Off 1	10.047	3,32
Boill-Off 2	10.047	3,32
Boill-Off 3	10.047	3,32

## 2.1 Eficiência do trocador

Considerou-se o cálculo da vazão de água do mar nas condições propostas para obter a simulação da eficiência do trocador, onde a vazão de água será balizada pela vazão de gás necessária a cada trocador. De acordo com Incropera e Dewitt (2003), a quantidade de calor no trocador foi calculada através da Equação 2.

<sup>2</sup> Disponível em < <http://servicos.coelba.com.br/residencial-rural/Pages/Alta%20Tens%C3%A3o/opcoes-tarifarias.aspx>> Acesso em 25 set 2016 às 13h05.

$$q=m.(\Delta h) \quad (2)$$

Onde:  $q$ =calor trocado;  $m$ =vazão mássica do fluido;  $\Delta h$ =variação entre entalpias de entrada e saída.

A eficiência do trocador é obtida pela razão entre o calor trocado pelos fluidos quente e frio, e no caso dos trocadores do processo de refrigeração em evidência, o rendimento será a razão entre o calor trocado pelo GLP e pela água do mar (Equação 3).

$$\eta = \frac{q_q}{q_f} \quad (3)$$

Onde:  $q_q$ =calor trocado pelo fluido quente;  $q_f$ =calor trocado pelo fluido frio;  $\eta$ =rendimento do trocador.

Os valores de entalpia foram obtidos a partir da composição do gás (GLP) e da água salgada e dos parâmetros temperatura e pressão em cada condição.

### 3.0 - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA CALCULADA

Para a efficientização do consumo de energia elétrica do conjunto motor-bomba de água do mar, com vistas ao processo, foi utilizado o conhecimento da funcionalidade de cada trocador, suprido pela referida bomba, avaliando-se o mesmo estava operando de maneira eficiente. Assim a análise da vazão ótima para os mesmos indicará a maneira mais eficiente de operação da bomba. Ressalta-se que estes trocadores de calor possuem funções específicas dentro de cada subprocesso da planta industrial em estudo.

#### 3.1 Premissas por subprocesso

Objetivando a definição das condições otimizadas de vazão de água para os trocadores de calor supridos pela bomba de água do mar, foco principal das ações de eficiência deste trabalho, houve a necessidade de conhecer as condições de entrada (medições realizadas) de cada equipamento, a composição do GLP (certificados de análise de produto) com o qual o Terminal opera, bem como a função de cada equipamento no processo. Já as condições de saída otimizadas foram determinadas a partir da filosofia de funcionalidade da planta conforme cada subprocesso.

Para a refrigeração de GLP no TEMADRE, a função do trocador de calor é de rebaixar a temperatura do gás que sai do compressor até a sua temperatura de condensação. A manutenção da pressão compõe-se de quatro trocadores (três de *Boill-Off* e um de *Flash*) e tem a função de controlar a pressão dos tanques. O aquecimento permite o reenvio de gás às esferas de armazenamento. A partir dos documentos de projeto, foi determinada a temperatura de limite inferior, adequada ao tipo de material (aço) de construção de cada esfera.

Os valores medidos e otimizados obtidos a partir das premissas assumidas constam na Tabela 3. Para a simulação da condição otimizada de saída foi utilizado um programa computacional para a determinação da temperatura de liquefação, considerada a composição observada do GLP do Terminal. Os processos de resfriamento e regeneração foram analisados a partir dos seus dados originais de projeto.

TABELA 3 – Temperaturas otimizadas (saída) do gás dos trocadores (Madre de Deus-BA, 2016).

Trocador	Condição de entrada		T <sub>sai</sub> medida (°C)	T <sub>sai</sub> otimizada (°C)
	Temperatura (°C)	Pressão (Kgf/cm <sup>2</sup> )		
Boill-Off 1	95,42	13,49	29,8	62,15
Boill-Off 2	105,71	11,13	35,1	59,36
Boill-Off 3	106,01	15,03	41,54	73,77
Flash	94,95	13,14	28,8	60,04
Refrigeração	81,61	13,71	30,4	56,0
Aquecimento	-25,29	8,17	15,81	10*

Observa-se na Tabela 3, que apresenta os valores para as temperaturas de saída otimizadas, que o processo requer temperaturas maiores do que as atualmente praticadas, o que demandaria uma vazão menor de água do mar, e conseqüentemente, um consumo menor de energia elétrica para este bombeamento.

### 3.2 Energia esperada por subprocesso

A partir dos valores otimizados para a temperatura de saída e conhecendo-se a eficiência de cada trocador, bem como sua vazão de gás requerida pelo processo, foi possível obter a vazão de água para a nova condição utilizando-se das Equações 2 e 3.

Para a entalpia da água do mar foram utilizadas as condições observadas no local para a entrada do trocador, enquanto que para a temperatura de saída foi, também considerada, a Resolução CONAMA 430/2011, que determina que a temperatura de descarte de água para os mananciais marinhos deve ser inferior a 40 °C e possuir ± 3 °C de diferença em relação à temperatura de coleta. A partir das premissas adotadas observam-se as vazões otimizadas na Tabela 4.

TABELA 4 – Vazões otimizadas para água do mar (Madre de Deus – BA, 2016).

Trocador	Temperatura de saída (° C)			Vazão de água (Kg/h)	
	Água	Gás	η (%)	Necessária	Atual
Boill-Off 1	29,8	62,15	6,41	7.117	18.458,82
Boill-Off 2	29,4	59,36	34,58	18.302	18.458,82
Boill-Off 3	31,6	73,77	15,91	7.346,58	18.458,82
Flash	29,6	60,04	9,58	112.121	224.897,3
Resfriamento	27,9 e 28,4	25*	37,11	51.815,47	275.714,7
Refrigeração	31,6	56	68,7	762.176	708.119,58
Aquecimento	24	10	67,36	651.937,29	732.531,82
Regeneração	23	30	42,3	48.262	64.069,114

\*Refere-se a água de resfriamento

Para possibilitar a redução de vazão da bomba, sem a necessidade de instalação de um novo equipamento, foi prevista a instalação de conversor de frequência associado ao motor, permitindo variar a rotação do equipamento em função das necessidades do processo.

A partir dos valores de vazão de água do mar necessários, dos trocadores em operação e do tempo de operação mensal (Tabela 1), foi possível calcular a energia elétrica demandada por subprocesso e quantificar o consumo mensal da bomba de água do mar, constando o potencial de efficientização na Tabela 5. O resfriamento, pela filosofia de operação da planta, está permanentemente em operação, e assim inserido em todos os subprocessos.

TABELA 5 – Potencial de efficientização esperada (Madre de Deus – BA, 2016).

Operação	Consumo Mensal Energia (kWh)		Custo Mensal Energia (R\$)	
	Atual	Expectativa com inversor	Atual	Expectativa com inversor
Refrigeração	35.645,43	18.928,89	9.867,56	5.239,99
Aquecimento	13.595,22	5.447,28	3.763,50	1.507,94
Regeneração	5.782,72	3.376,82	1.600,80	934,79
Manutenção da pressão (Fora de ponta)	79.327,97	3.512,82	21.959,99	972,44
Manutenção da pressão (Ponta)	9.057,51	401,08	3.838,79	169,99
<b>Total Mensal</b>	<b>143.408,85</b>	<b>31.666,89</b>	<b>41.030,64</b>	<b>8.825,16</b>

### 3.3 Tempo de retorno (payback) dos investimentos

O investimento necessário à implementação é basicamente a aquisição e instalação, com montagem eletromecânica, do conversor de frequência para variação da rotação da bomba que resultará em variação de vazão, incluindo as alterações de painéis elétricos, dispositivos de proteção, e cabos alimentadores, associado à adequação dos procedimentos operacionais na planta, para melhor controle das temperaturas de água e gás no trocador.

Para o cálculo do tempo de retorno dos investimentos foi utilizada a sistemática do valor presente líquido (VPL), que reflete para valores atuais, os dispêndios e receitas previstos para um tempo futuro, conforme Equação 4 (URTADO e cols., 2009). Para a economia mensal foi analisada a diferença de custo entre as condições otimizadas, propostas neste trabalho, e atuais já evidenciados na Tabela 5.

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} - FC_0 \quad (4)$$

Onde: FC<sub>j</sub>=fluxo de caixa no período j (R\$); j=período (meses); i=taxa de juros utilizada (%); FC<sub>0</sub>=fluxo de caixa inicial (R\$).

A taxa de juros sobre o capital considerada foi de 0,83% ao mês (Out/2016), de acordo com Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES)<sup>3</sup>. O estudo financeiro indica que a partir do 23º mês os valores investidos são quitados, tornando o fluxo de caixa positivo para o Terminal, resultando assim após este tempo, numa economia mensal de R\$ 33.047,59, em valor presente líquido, na planta do TEMADRE.

#### 4.0 - CONCLUSÃO

Nas condições de operação e dados de simulação, buscando a eficiência energética com ênfase na redução do consumo de energia elétrica da bomba de água do mar, que supre os diferentes trocadores de calor, foi observado isoladamente, que através da adequação de processos e ajustes tecnológicos, há potencial de economicidade pela redução de consumo energético e respectivos gastos.

A adoção de eficientização termodinâmica amplificou os resultados, em associação ao aumento da temperatura na saída de gás, reduzindo consideravelmente a vazão de água necessária, decorrente da menor quantidade requerida de troca térmica necessária no processamento do GLP. Este efeito foi mais sensível no subprocesso de manutenção de pressão, uma vez que este possui mais equipamentos do tipo condensador, os quais foram os mais beneficiados com a eficientização.

Conhecer e intervir no processo, ainda isoladamente, possibilitaram a alteração das temperaturas de saída dos trocadores baseados na sua real funcionalidade e posicionamento dentro da planta, sendo primordial ao alcance das metas propostas. Infere-se que, as ações de diagnóstico e eficiência energética não devem se limitar aos equipamentos elétricos, a exemplo dos conjuntos motor–bomba, e sim extrapolando-se aos procedimentos e processos operacionais no conjunto complexo e integral da planta industrial, podendo-se portanto desencadear um efeito cascata de eficiência e economicidade ao TEMADRE.

A real necessidade mensal de gasto energético para a bomba de água do mar é de apenas 22% do valor atualmente verificado. Isso significa que 78% da energia gasta no bombeamento poderia ser evitada gerando uma economia financeira mensal de R\$ 32.205,48 para o TEMADRE.

Num momento em que o setor de petróleo vem se reestruturando, o compromisso de uma maior eficiência e redução dos impactos ao meio ambiente é de vital importância para a competitividade e, por conseguinte, sobrevivência de uma indústria que deve entrar em declínio nas próximas décadas forçada por questões ambientais que estão promovendo o avanço cada vez mais latente de fontes energéticas renováveis em detrimento ao petróleo e seus derivados.

#### 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ANEEL– Agência Nacional de Energia Elétrica. Homologa os resultados da revisão tarifária extraordinária das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica, fixa as Tarifas de Energia –TEs e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSDs. **Resolução Homologatória Nº 1858 de 27 de Fevereiro de 2015**. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2015/007/resultado/reh20151858.pdf>> Acesso em: 13 out. 2015, 05:30:00.

(2) ARAÚJO, J. A. B. **Aplicação de Inversor de Frequência Para Economia de Energia Elétrica em Sistemas de Irrigação por Aspersão**. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista - UNESP. Botucatu, 2003. 142 p. (Tese de Doutorado em Agronomia).

(3) BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. **Panorama Macroeconômico – Janeiro 2017**. Brasília: MPDG, 2017. 161 p. Disponível em <<http://www.planejamento.gov.br/publicacoes/estudos-economicos/estudos-economicos>>. Acessado em 12 fev 2017 às 11h59.

(4) BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional – BEN**. Brasília: MME, 2016. 296 p. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioFinal.aspx?anoColeta=2016&anoFimColeta=2015>> Acessado em 12 mar 2017 às 11h39.

(5) BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco de Energia Útil**. Brasília. MME, 2005. 71 p. Disponível em <<http://www.feng.pucrs.br/~eberson/Balan%E7o%20de%20Energia%20DAtil%202005.pdf>> Acessado em 12 mar 2016 às 19h59.

(6) CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. **Resolução Nº 430 de 13 de Maio**

<sup>3</sup> BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. **Navegador de Financiamentos**. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/navegador/#/>> Acesso em: 15 out. 2016, 19:43:25.

de 2011. Disponível em < [http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol\\_lanceflue\\_30e31mar11.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf)> Acesso em 25 set 2016 às 11h25.

(7) INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. Trocadores de Calor. In: \_\_\_\_\_. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. Ed. 5. Rio de Janeiro: LTC, cap. 11, p. 452-493, 2003.

(8) MARCHI, A.; SIMPSON, A. R.; ERTUGRUL, N. Assessing variable speed pump efficiency in water distribution systems. **Drinking Water: Engineering and Science**. Adelaide, n. 5, p. 15-21. 2012.

(9) MATTOS, E. E.; FALCO, R. **Bombas Industriais**. Ed. 2. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 474 p.

(10) OENNING, R. **Análise da viabilidade econômica de um projeto de implantação de variadores de velocidade em bombas centrífugas industriais**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011. 69 p. (Monografia de Especialização em Engenharia Econômica).

(11) ONS-Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Série Histórica Energia armazenada SE/CO; 2011-2016**. Disponível em < [http://www.ons.org.br/historico/energia\\_armazenada\\_out.aspx](http://www.ons.org.br/historico/energia_armazenada_out.aspx)> Acesso em: 16 out 2016 às 18h10.

(12) URTADO, E. S.; SANTO, V. S.; QUINTAIROS, P. C. R.; OLIVEIRA, E. A. A. Q. Aplicação do método do valor presente líquido (VPL) na análise da viabilidade econômica de projetos na indústria metal mecânica: Um estudo de caso. XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós Graduação. São José dos Campos. 2009.

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Kleber Freire da Silva: Nascido em Salvador – Bahia (1965). Possui Graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia (1988), Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (Campus de Campina Grande) (1991) e Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo (Escola Politécnica da USP) (2006). Atualmente é professor Associado-III da Universidade Federal da Bahia (UFBA), professor Titular da Universidade Salvador (UNIFACS) e Coordenador do Mestrado em Energia da UNIFACS, além de Coordenador do Núcleo de Energia e Sistemas Energéticos E&S/E da UNIFACS. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Máquinas Elétricas e Dispositivos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: eficiência energética, uso racional da energia elétrica, conservação de energia, sistema elétrico industrial e diagnóstico energético, controle e acionamento de máquinas elétricas, qualidade da energia, geração eólica de energia e controle de turbinas eólicas.

Manassés Guimarães Carneiro: Nascido em Salvador – Bahia (1984), Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal da Bahia (UFBA) (2008), Mestre em Energia pela Universidade Salvador (UNIFACS) (2016). Trabalha atualmente como Técnico de Operação na Petrobras Transportes atuando na função de Gerente Setorial de Operação e Manutenção do Terminal de Regaseificação de GNL da Bahia. Tem atuação acadêmica nas áreas de eficiência energética, energias renováveis, e qualidade de energia com publicações em congressos e periódicos nas áreas citadas. Profissionalmente possui conhecimentos em manutenção, operação e produção industrial, tendo atuado na área de operação de processos e com larga experiência no segmento. Atuou também como professor substituto da Universidade Federal da Bahia.

Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo: Nascido em Recife – Pernambuco (1962). Doutor e Mestre em Agronomia na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP). Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Tem atuado na Interface Socioeconômica enfocando Meio Ambiente, Desenvolvimento e Recursos Energéticos. Vinculado como Prof. Titular na Universidade Salvador (UNIFACS), atuando na Escola de Engenharia e Tecnologia da Informação; Docente permanente no Mestrado Profissional em Energia e colaborador no Mestrado e Doutorado Acadêmico em Desenvolvimento Regional e Urbano. Consultor Ad-Hoc da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) para Avaliação dos Relatórios Técnicos, Projetos e Bolsas das Coordenações de Tecnologias Sociais e Ambientais e Desenvolvimento Tecnológico e Empreendedorismo. Consultor Ad Hoc da Revista Eletrônica de Energia (REE); Professor Visitante da Universidade Pedagógica (Maputo - Moçambique) - Programa de Doutorado em Energia e Meio Ambiente.

Daniel Barbosa: Nascido em Salvador – Bahia (1981). Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Bahia (2005), mestrado em Engenharia Elétrica (S. Carlos) pela Universidade de São Paulo (2007) e doutorado em Engenharia Elétrica (S. Carlos) pela Universidade de São Paulo (2010). Atualmente é professor da Universidade Salvador e professor adjunto da Universidade Federal da Bahia. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição, Controle, Correção e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: ATP, sistemas elétricos de potência, proteção diferencial, qualidade da energia elétrica e lógica fuzzy.