VIABILIDADE ECONÔMICA DE SUBSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO DE REFRIGERAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DO SETOR QUÍMICO



Revista Eletrônica Multidisciplinar
FACEAR
ISSN: 2316-2317

Anderson Silva Lima[1]; Camila Borges da Conceição[2], Nelson Pereira Castanheira[3], Reinaldo Vicente Ferreira[4]

[1] *Faculdade Educacional Araucária*
[2] *Faculdade Educacional Araucária*
[3] *Faculdade Educacional Araucária*
[4] *Faculdade Educacional Araucária*

RESUMO

A competitividade das indústrias químicas está diretamente relacionada à capacidade produtiva, tecnologia a elas aplicadas e ao meio ambiente. O Estado do Paraná ocupa a quarta posição no número de indústrias químicas, com 52 unidades, que atendem a demanda de produtos químicos de uso industrial. Dentre estas unidades uma pequena parcela produz emulsões e apenas uma localiza-se na cidade de Curitiba; fator expressivo que manifesta o objetivo desta pesquisa: aumentar a produtividade da emulsão. O gargalo derivado do sistema de refrigeração limita o aumento produtivo devido à saturação precoce da água refrigerada, fornecida ao sistema de produção da emulsão. O estudo desenvolvido aponta como causas do gargalo, com influencia direta para o aumento da produtividade da emulsão: a capacidade de refrigeração instalada dos chillers e a atuação operacional inadequada ao processo. A pesquisa pondera competitividade e meio ambiente; percebe-se o uso de recurso natural de maneira improdutiva pelos equipamentos de refrigeração, chillers, que possuem concepção desatualizada e utilizam gás refrigerante nocivo à camada de ozônio. Como solução, sugere-se a substituição dos chillers e implementação de instrução de trabalho. Esta substituição, de viabilidade econômica positiva, resulta em: aumento de 98,34% mensal na produtividade da emulsão à base de parafina, utilização produtiva de energia elétrica, adequação dos equipamentos de refrigeração ao Protocolo de Montreal, subsistência do quadro funcional e aumento de lucratividade à indústria em estudo. A metodologia aplicada à pesquisa abrange o método documental, bibliográfico, exploratório e empírico. Este conjunto metodológico propicia ao leitor uma familiaridade com o assunto exposto.

Palavras chave: Viabilidade econômica, produtividade, emulsão

ABSTRACT

The competition in chemical industries is directly related to the production capacities, applied technology and the environment. The Paraná State occupies the fourth place in number of chemical industries with 52 units that supply the demand for chemical products for industrial use. Among these units a small part produce emulsions and only one is located in the city of Curitiba, relevant reason that manifests the objective of this research: increase the productivity of emulsions. The bottleneck originated from the cooling system limits this production increase due to the early saturation of cooled water supplied to the emulsion production system. Due to this limitation, the present research checks possible causes that makes the cooling of the water insufficient to the

necessity that demands the emulsion production.The developed study points as causes of bottleneck, with direct influence to the increase of emulsion productivity: the current cooling capacity installed of the chillers and the inadequate operation of the process. The research weights competitiveness and also environment, realizing in this the use of natural resource in an unproductive manner by the cooling equipments, chillers, that have an outdated concept and use a gas that is harmful to the ozone layer. As a solution, the study suggests the replacement of chillers and the implementation of work instruction. This replacement, of positive economical feasibility, brings as results: increase of 98.34% in monthly productivity of paraffin based emulsions, productive use of electrical energy, adequation of the cooling equipments in Montreal´s Protocol, maintenance of staff, added to the increase of profitability of the industry in study. The methodology applied to the research is composed by the documental, bibliographical, exploratory and empiric methods. This methodological group provides the reader a familiarity with the presented subject.

Key Words: economical feasibility, productivity emulsion, productivity

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa tem como tema: a Viabilidade econômica de substituição do equipamento de refrigeração de uma indústria do setor químico.

Atualmente o processo produtivo de emulsão à base de parafina apresenta um gargalo ocasionado pelo sistema de refrigeração, em consequência, parte do processo produtivo torna-se ocioso que resulta na redução da produtividade da emulsão.

Em busca da solução ao problema existente no processo produtivo de emulsão à base de parafina, apuraram-se algumas hipóteses, que envolvem: a quantidade de água armazenada e arrefecida, a atividade operacional, insuficiência de capacidade de refrigeração, a influência do fluído refrigerante e a tecnologia utilizada pelos equipamentos de refrigeração.

Através da confirmação parcial ou imparcial das hipóteses pretende-se alcançar o objetivo da pesquisa que contempla o aumento da produtividade da emulsão à base de parafina.

Como metodologia ao desenvolvimento deste trabalho utilizou-se o método bibliográfico para elaboração da fundamentação teórica e para enriquecê-la realizou-se a pesquisa de campo que permitiu a coleta de dados em tempo real acrescido ao método documental que possibilitou acesso aos dados quantitativos registrados pela empresa em estudo. Esta pesquisa teve caráter exploratório, pois procurou-se proporcionar uma maior familiaridade com o problema.

A obtenção de conhecimento somado à importância econômica, responsabilidade ambiental e social justificam a realização desta pesquisa.

2. DESENVOLVIMENTO

A invenção de máquinas e dispositivos facilitou a produção e proporcionou a transformação de produtos e processos, surgiu à necessidade de mão de obra especializada. A segunda Revolução Industrial foi marcada por avanços tecnológicos e progressos científicos à produção. (CHIAVENATO, 2003, p. 36).

Embora que ainda existam atividades tal como o alfaiate, exercidas de forma totalmente artesanal, seria inviável nos dias atuais a produção de produtos químicos visto que esta é dependente de automatização, máquinas, dispositivos, mão de obra especializada e tecnologias.

A tecnologia agregou as indústrias agilidade aos processos produtivos. Máquinas e equipamentos, ao substituírem a força e trabalho humano também podem apresentar problemas e atraso no processo de produção. Estes atrasos ou problemas existentes em um sistema produtivo denominam-se gargalos.

> Um gargalo é definido como qualquer recurso cuja capacidade é menor do que a demanda sobre ele. Um gargalo é uma restrição dentro do sistema, a qual limita a razão de passagem; é aquele ponto no processo de manufatura onde o fluxo reduz-se a um fluxo estreito. O gargalo pode ser uma máquina, uma mão de obra escassa ou altamente qualificada ou uma ferramenta especifica. (JACOBS; CHASE, 2011, p. 638)

Por ocupar uma significativa marca à economia a ABIQUIM afirma que a indústria química Brasileira necessita de investimentos para que possa manter sua competitividade. Há preocupação por parte da ABIQUIM quando o assunto é investimento, segundo esta:

> É certo que as empresas líderes investem valores mais próximos da média mundial, mas a maior parte do setor ainda não tem tradição em gestão tecnológica e é dependente de compra ou transferência de tecnologias de processos e produtos para poder manter seus negócios. (ABIQUIM, 2012, p. 26)

A gestão tecnologia vinculada à gestão energética pode resultar em economia de energia elétrica.

As dificuldades de inovação das indústrias químicas, o custo de energia, a cultura de adaptação/crescimento da indústria após a concretização da demanda, a limitada diversificação da produção no Brasil, entre outros são consideradas pelo BNDES gargalos para o desenvolvimento industrial químico.

Na indústria química uma diversidade de produtos são processados. Entre estes produtos estão as emulsões.

Basicamente pode-se dizer que emulsão é a mistura de dois líquidos imiscíveis, ou seja, que não se misturam.

Para Mittal e Kumar (2000, p. 02) Emulsão e as espumas são geralmente fluidos complexos dispersos formados e estabilizados por absorção de surfactantes, polímeros, partículas sólidas, ou misturas das interfaces líquido-líquido.

De acordo com Becher (2001, p. 429-442) as emulsões podem ser encontradas em diversas formulações e aplicações. As emulsões cosméticas são os mais antigos membros desta classe, o creme frio elaborado por Galen, médico grego, por volta do segundo século. As pomadas, ceras, goma-lacas e graxas pertencem ao grupo de emulsões em água, este grupo pode ser utilizado como produto final ou para fins indústrias; as emulsões aplicadas aos produtos farmacêuticos são práticas recentes; pode-se encontrar emulsões nos pulverizadores agrícolas; emulsões asfálticas podem ser aplicadas em estradas, telhados, chão, papel, em isolações elétricas e calor, este tipo de emulsão pode agir como ligante; outro grupo de emulsões pode ser encontrado nos alimentos.

As emulsões à base de parafina classificam-se como emulsões (óleo em água) O/W, pertencentes ao grupo das emulsões Ceras, comercialmente este grupo pode ser encontrado como Emulsões *Wax*.

A principal aplicação de emulsão à base de parafina é o setor de processamento de madeira, estas ainda podem ser utilizadas na fabricação de tintas, papel, na construção civil, borrachas e têxteis. A variação da concentração das matérias-primas da emulsão à base de parafina é o que define sua aplicabilidade.

Emulsões à base de parafina agem como selantes, impermeabilizantes, desmoldante.

A formação de uma emulsão estável é resultado da aplicação de energia mecânica, agentes estabilizantes, e agentes tensoativos. Diferentes modelos de reatores e homogeneizadores são utilizados para a obtenção da energia mecânica necessária para o processo de emulsificação. (SJOBLOM, 2001, p. 595)

A emulsificação apresenta aspectos físicos e físico-químicos. (SALAGER, 1999, p. 38)

O processo de emulsificação inicia-se quando os líquidos da interface para obtenção da emulsão junto aos agentes tensoativos são adicionados a um reator.

Os agentes tensoativos em contato com as interfaces O e W (água e óleo) têm a função de diminuir a tensão superficial devido à redução da pressão entres estas.

Também evitam que as gotas recém-formadas voltem a unir-se, ou seja, evitam a coalescência. (TRADOS, 2013, p.18)

Após a agitação no reator, a mistura pré-emulsificada é transferida, via tubulação, para o homogeneizador.

Segundo Becher (2001, p. 379) "Um homogeneizador é um dispositivo no qual a dispersão é realizada forçando a mistura emulsificada através de um pequeno orifício, sob uma pressão muito elevada."

O resultado do produto após a homogeneização é a emulsão estabilizada. Esta ainda passará pelo trocador de calor para que haja obtenção do produto em temperatura ideal, (temperatura especificada pelo fabricante).

O trocador de calor tem como função no processo da produção diminuir a temperatura do produto, garantir a qualidade e manter a estabilidade da emulsão.

Em geral o líquido utilizado no trocador de calor para a redução da temperatura, é oriundo do *chiller.* Os *chillers* produzem a água arrefecida fornecida ao trocador de calor.

Após a redução da temperatura do produto já emulsificado (emulsão), ocorre a transferência desta aos tanques de armazenamento para o envase ao cliente final.

A água arrefecida não possui comportamento de matéria-prima para produção da emulsão, contudo é indispensável ao processo posto que garante suas propriedades físicas.

A relevância da refrigeração no setor industrial em seus processos de produção é afirmado quando Pirani e Venturini dizem que:

> Sistemas de refrigeração de grande porte normalmente estão presentes em indústrias químicas, petroquímicas, de refino de petróleo e farmacêutica. As operações em que a refrigeração é normalmente aplicada são: separação e condensação de gases; separação de um produto químico de uma mistura através da solidificação; controle de pressão no interior de vasos de armazenamento mediante a redução da temperatura; e remoção de calor em reações químicas. (PIRANI; VENTURINI, 2005, p. 244)

O *chiller* é um dispositivo utilizado para efetuar o arrefecimento da água.

Os principais tipos de *chillers são* classificados como *chiller* de absorção ou à compressão, este último pode ser chamado como *chiller* elétrico. Um *chiller* é composto basicamente por compressor, evaporador e condensador (STANFORD, 2003).

Chillers por compressão podem apresentar-se em unidades herméticas ou abertas. Quando a unidade é aberta, o compressor e motor são separados, seus eixos são unidos por uma junção flexível. A unidade aberta atribui a vantagem ao ponto de que ao haver falha do motor, este não corre o risco de contaminação pelo refrigerante,

podendo ser imediatamente substituído. A concepção usual do *chiller* de compressão possui motor e compressor dentro de uma carcaça hermética. (STANFORD, 2012 p. 20)

Para sistemas refrigerados que necessitam de uma maior capacidade de refrigeração, os *Chillers* de compressão utilizam compressores rotativos, usualmente centrífugos ou a parafuso. De acordo com a utilização requerida de refrigeração, os chillers de compressão podem conter até três compressores.

Os *chillers* por compressão quando comparados ao *chiller* por absorção podem duas vezes mais eficiente, o consumo de energia elétrica de um *chiller* de compressão é relativamente baixo quando comparado ao *chiller* por absorção, estes ocupam cerca de 50% a menos de espaço físico, portanto são mais leves e requerem condensadores menores, os *chillers* por compressão saem com a carga de refrigerante da fábrica. *Chillers* de compressão são aproximadamente 50% mais baratos que *chillers* por absorção.

A escolha do fluído refrigerante a ser utilizado em um *chiller* abrange questões ambientais, financeiras e de segurança aos envolvidos no processo ao qual é aplicado.

Os CFCs foram utilizados como fluidos refrigerantes mais comuns até o inicio de 1990. Devido à preocupação que esta classe de refrigerante ocasiona à camada de ozônio, houve a necessidade de desenvolvimento de novas classes de refrigerantes. (MORAN; SHAPIRO, 2009, p. 458)

Os refrigerantes pertencentes à classe HCFC ainda utilizados no Brasil serão banidos gradualmente até 2040. Estes refrigerantes contribuem para a destruição da camada de ozônio e aquecimento global. A eliminação de substâncias que destroem a Camada de Ozônio foi estabelecida pelo Protocolo de Montreal em 1985 na Convenção de Viena. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2013).

Em substituição aos refrigerantes nocivos à Camada de Ozônio desenvolveu-se os HFCs, que contém apenas Hidrogênio (H), Flúor (F), e átomos de carbono. (C) O refrigerante Tetraflúormetano (CF_3CH_2F) comercialmente conhecido como R134a tem substituído o R22, pois é considerado ambientalmente correto (MORAN; SHAPIRO, 2009, p. 458)

Em uma indústria quando surge a necessidade ou oportunidade de aumento de produtividade por algumas vezes tem-se a necessidde de investir.

Para Bodie, Kane e Marcus (2000, p. 23) “Um investimeto é o comprometimento *atual* de dinheiro ou de outros recursos na expectativa de colher benefícios *futuros”.*

Para Matarazzo (2003, p. 263) “Toda aplicação em bens, direitos ou custos que beneficiarão exercicios seguintes é **Investimento**”.

De acordo com Matarazzo (1998, p.58) uma empresa tem dois tipos de investimentos que variam de acordo com suas operações. Quando o investimento refere-se às atividades comerciais o investimento é do tipo Ativo Circulante e investimento relacionado à operação de produtividade remete-se ao investimento Imobilizado.

Segundo Neto (2002, p. 66) imobilizado é considerado bens e direitos que servem para que uma empresa funcione normalmente.

Substituir um bem contribui diretamente na capacidade produtiva (Marion, 2009, p. 352)

Ao haver a substituiçao de um equipamento ou dispositivo espera-se que este tenha um melhor desempenho, por consequência que sua operação traga um retorno financeiro ao investidor.

Sanvicente (1997, p.44) considera que o *payback* é o método simplificado para recuperar um investimento.

"O Payback nada mais é que o número de períodos necessários para que o fluxo de beneficios supere o capital investido" (SOUZA; CLEMENTE, 2004, p. 91).

Para Matarazzo (2003, p. 391) Toda empresa tem como objetivo obter lucros através de capitais investidos, e que esses capitais, investimento pagam-se com seus próprios lucros.

A utilização do lucro líquido pode ser considerado para o cálculo retorno do investimento, ou *payback.*

De acordo com Sanvicente (1997) a equação, utilizada para cálculo do *payback*, ver fórmula (1), retorno do investimento é dada por:

(1)

$$Período = \frac{Valor \quad investido}{Entradas \quad líquidas \times 12}$$

O período do payback é a razão do valor investido pelo valor do lucro líquido obtido ao ano. Este período varia de acordo com a liquidez de cada organização, empresa ou indústria.

3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado na Indústria Química de Emulsão (IQE), a qual recebe o nome fictício. Esta pertence a um grupo considerado o maior distribuidor de parafinas produzidas pela Petrobrás e um dos maiores produtores de insumos à base de parafina da América Latina.

O estudo foi desenvolvido no setor produtivo, especificamente na área de utilidades, ao qual existem equipamentos responsáveis pelo arrefecimento da água utilizada no processo de produção da emulsão à base de parafina.

Os dados utilizados na presente pesquisa abrangem o período de janeiro a junho de 2013, coletados pelos métodos de pesquisa de campo, documental, e por observações empíricas ao custo irrisório para o curto deslocamento dos alunos pesquisadores a IQE, estes métodos nortearam o desenvolvimento da pesquisa.

Segundo Gil (2007, p.44) a pesquisa bibliográfica é elaborada através estudos de material já elaborado, tais como livros e artigos científicos.

Justifica-se a utilização da pesquisa documental empregada ao estudo, pois verificou-se a análise indispensável de dados aos quais são registrados e de autoria da IQE, empresa estudada.

A pesquisa de campo tornou-se indispensável, pois segundo Gil (2007, p. 53) “como é desenvolvido no próprio local em que ocorrem os fenômenos, seus resultados costumam ser fidedignos.”

Devido à problemática pertinente apresentada neste estudo a pesquisa é de natureza aplicada.

A pesquisa tem caráter exploratório, que conforme Gil (2007, p. 41) estas pesquisas têm como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

Para um melhor desenvolvimento da pesquisa não se pôde desconsiderar a pesquisa explicativa que auxiliam na identificação dos fatores que ajudam ou se manifestam como razão para o acontecimento de alguns fenômenos. É a pesquisa que indica o caminho aos porquês de alguma coisa.

A associação dos métodos de pesquisa aplicada a este trabalho foi necessária para alcançar as respostas pretendidas.

3 O GARGALO DO PROCESSO PRODUTIVO

É na etapa de transferência da emulsão à base de parafina do trocador de calor ao tanque de produto acabado que surge o gargalo do processo produtivo.

Durante o processo produtivo ocorre a saturação da água arrefecida, necessária para o resfriamento da emulsão à base de parafina. A temperatura ideal da água para o processo de transferência da emulsão é 10ºC. Durante a produção da emulsão a temperatura da água proveniente do *chiller* atinge precocemente a temperatura de 18ºC, e parte do sistema produtivo deve ser desligado, torna-se impossível a transferência da emulsão ao tanque de produto acabado, visto que a temperatura ideal da emulsão após a passagem pelos trocadores de calor é de 25°C.

Atualmente os 4 homogeneizadores não operam simultaneamente ao longo do período produtivo, há a necessidade de desligamento de até dois homogeneizadores, em consequência o processo passa a funcionar com apenas um deles.

A produção fica restrita devido à falta de água arrefecida para alimentar o processo, há um atraso na transferência do produto, dos homogeneizadores aos trocadores de calor, que impede que novos lotes de emulsão sejam produzidos.Verifica-se que parte da fábrica permanece ociosa até dia seguinte de produção.

A empresa IQE opera com três *chillers* com compressores alternativos, com capacidades nominais de: 80 TR, 30 TR e 18 TR, respectivamente fabricados em 1984, 1995, e 1993, que utilizam o fluído refrigerante HCFC R-22. Ao verificar a disponibilidade de modelos de *chiller* no mercado atual comprovou-se que o modelo em uso pela IQE está ultrapassado, uma vez que tecnologias foram desenvolvidas para melhor eficiência de refrigeração, como compressor duplo parafuso. *Chillers* que utilizam como fluído refrigerante R-22 deverão adequar-se para utilização de um refrigerante ambientalmente correto. Para uma indústria química que requer especificações minuciosas a adaptação não é recomendada.

A operação de resfriamento é realizada em dois períodos. O primeiro tem inicio às 22:00 horas e finaliza-se às 08:00 horas (área vermelha figura 1), esta etapa é realizada com o acionamento automático do *chiller* com capacidade de refrigeração de 30 TR, este procedimento é indispensável pela necessidade de se arrefecer a água que foi saturada durante o processo produtivo da emulsão à base de parafina. O segundo período de resfriamento da água ocorre associado ao processo de produção da emulsão compreendido das 08:00 horas às 17:00 horas (área verde e laranja da figura 1), neste momento os três *chillers* estão em funcionamento. Mesmo com os três *chillers* acionados

o processo de produção é parcialmente parado às 12:00 horas devido à saturação da água. (área de cor laranja da figura 1)

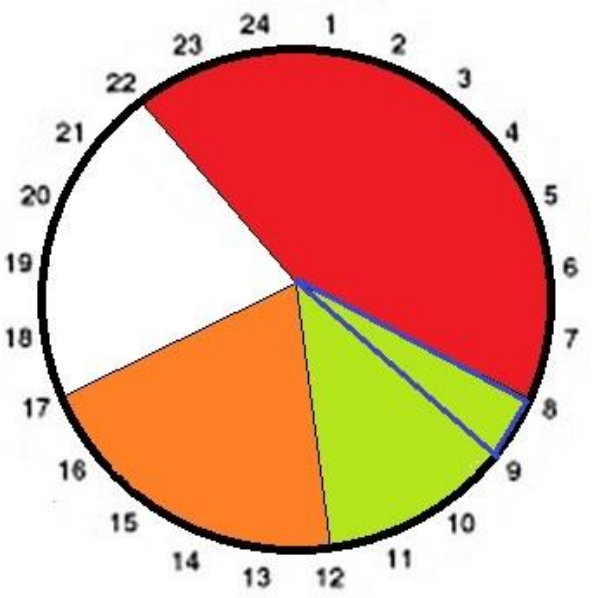

FIGURA 1- PERÍODO ARREFECIMENTO ÁGUA
FONTE: OS AUTORES

Em atenção ao objetivo específico de verificar se a quantidade de água armazenada a ser arrefecida no atual sistema de refrigeração é suficiente para atender o processo produtivo de emulsão à base de parafina: verificou-se a possibilidade de aumentar o volume de água armazenada na cisterna que possui capacidade atual de 100m³, este aumento possibilitaria o funcionamento do processo sem que houvesse a saturação da água durante o período produtivo da emulsão à base de parafina. O volume necessário acumulado, utilizando o sistema de refrigeração atual, que evitaria a saturação precoce da água é de 641,46m³, o que torna esta uma opção inviável devido à falta de espaço físico na planta fabril.

Em verificação ao objetivo específico que consiste em verificar se as etapas operacionais influenciam no aumento do custo do produto acabado e ocorrência prematura da saturação da água ao processo produtivo de emulsão à base de parafina realizou-se uma análise ao processo operacional de transferência da emulsão à base de parafina ao tanque de produto acabado, durante 30 dias nos períodos inicias do processo (08:00 às 09:00), detectou-se que a temperatura de saída do produto nos trocadores de calor é de 15ºC quando o ideal é de 25ºC, esta diferença representa uma utilização desnecessária de água refrigerada equivalente de 55 TR, com consumo de 206,76kW de energia elétrica ao custo de R$57,29 (cinquenta e sete reais e vinte nove centavos)

diariamente. Ao mês o custo de energia elétrica utilizada desnecessariamente é de R$1203,18 (mil duzentos e três reais e dezoito centavos). Esta etapa operacional contribui para que ocorra a saturação prematura da água e influencia na composição do custo do produto acabado.

Com a configuração atual do sistema produtivo obtem-se a produção de 82 toneladas de emulsão à base de parafina ao dia, totalizando 1722 toneladas mensais, considerando 21 dias trabalhados ao mês.

O consumo e o custo mensal de energia elétrica, gerado pelos funcionamentos dos *chillers* e homogeneizadores na atual concepção e procedimento de funcionamento, pode ser observado na tabela 1.

TABELA 1– CONSUMO E CUSTO ATUAL DE ENERGIA ELÉTRICA MENSAL

EQUIPAMENTO	CONSUMO EM kW	CUSTO EM R$
Homogeneizadores	14.387,46	R$ 3.738,70
Chillers	49.706,01	R$ 13.773,54
TOTAL CONSUMO	64.093,47	R$ 17.760,30

FONTE: OS AUTORES

O custo de energia elétrica por tonelada produzida de emulsão à base de parafina proveniente dos homogeneizadores e *chillers* equivale a R$10,31 (dez reais e trinta e um centavos), com retorno de lucro líquido mensal de R$17.220,00 (dezessete mil duzentos e vinte reais).

4. SUGESTÃO DE MELHORIA

Após análise quantitativa dos dados do processo produtivo da emulsão à base de parafina e observações empíricas realizadas entre janeiro a junho de 2013, verificou-se que para alcançar o objetivo deste estudo, faz-se necessário à substituição dos *chillers.* A proposta de substituição consiste na troca dos três *chillers* utilizados atualmente pela IQE, que possuem capacidade de 128 TR, por dois equipamentos com a capacidade de 164 TR cada.

Os *chillers* para substituição de concepção à compressão apresentam as seguintes características:

- Compressor duplo parafuso: esta opção agrega ao sistema maior capacidade de refrigeração;

- Condensador a ar com controle automático alternado dos ventiladores: devido ao acionamento alternado dos ventiladores proporciona uma redução no consumo de energia, menor utilização dos recursos naturais;
- Fluído refrigerante R134a: é o gás considerado ambientalmente correto e substitui perfeitamente o gás R22 sem que haja perda da eficiência na refrigeração;
- Trocador de calor casco e tubo: possui maior área de contato entre o fluido a ser refrigerado e o gás refrigerante.

Esta substituição faz com que os *chillers* sejam acionados apenas em horários produtivos, dispensando a etapa operacional na qual há a necessidade de que estes sejam ligados das 22:00 horas às 08:00 horas.

Verificou-se que com esta substituição o consumo de energia elétrica pelos novos *chillers* passa a ser de 50.018 kW ao mês equivalente a R$13.860,16 (treze mil oitocentos e sessenta reais e dezesseis centavos) que representa 0,63% de aumento comparado ao sistema de refrigeração atual.

No momento em que ocorrer a substituição dos *chillers,* os equipamentos que antes ficavam ociosos, homogeneizadores, passarão a ser produtivos. Havendo o funcionamento destes durante o período integral de produção tem-se o aumento do consumo de energia elétrica, que passa a ser de 32.611,58 kWh ao mês equivalente a R$9.036,67 (nove mil e trinta e seis reais e sessenta e sete centavos) representando 126, 67% quando comparado ao sistema de produção atual da emulsão à base de parafina.

Embora haja um aumento significativo do custo de energia elétrica de 28,92% ao mês, o custo de energia por tonelada da emulsão à base de parafina será de R$6,70 (seis reais e setenta centavos). Tal redução do custo da energia elétrica por tonelada é resultante do aumento da capacidade produtiva em 98,43%, ou seja, serão produzidas mensalmente 1695 toneladas a mais quando comparado com sistema de produção atual, conforme demonstrado na tabela 2.

TABELA 2– COMPARAÇÃO DO CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA POR TONELADA PRODUZIDA DE EMULSÃO

SISTEMA REFRIGERAÇÃO	PRODUÇÃO (t)	R$ energia/t
Atual	1722	R$10,31
Proposto	3417	R$6,70

FONTE: OS AUTORES

Na tabela 3 pode-se observar a comparação do sistema produtivo atual com o sistema proposto relacionando o consumo e custo de energia elétrica por volume produzido.

TABELA 3– COMPARAÇÃO MENSAL DO CONSUMO, CUSTO DE ENERGIA ELÉTRICA E PRODUÇÃO DO SISTEMA PRODUTIVO DE EMULSÃO ATUAL E SISTEMA PROPOSTO

SISTEMA	CONSUMO EM kW	CUSTO EM R$	PRODUÇÃO (t)
Atual	64.093,47	R$ 17.760,30	1722
Proposto	82.630,20	R$22.896,83	3417
Aumento em %	28,92%	28,92%	98,43%

FONTE: OS AUTORES

Visto que uma das causas que ocasionam a saturação precoce da água a ser utilizada no processo produtivo da emulsão, é resultante da ação humana, ou seja, operacional. A substituição dos *chillers* terá eficiência total com a implementação de uma instrução de trabalho. Nesta instrução o operador deverá seguir procedimentos nela estabelecidos para que a temperatura ideal da emulsão esteja dentro dos parâmetros especificados.

Para que se possa alcançar o objetivo de aumentar a produtividade de emulsão à base de parafina, é indispensável o investimento ao custo de R$710.000,00 (setessentos e dez mil reais) distribuídos entre os chillers a serem adquiridos para substituição e a readequação das instalações hidráulicas e elétricas, conforme tabela 4.

TABELA 4– CUSTO DE INVESTIMENTO

ITENS DO INVESTIMENTO	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL	% INVESTIDO
2 Chillers	R$280.000,00	R$560.000,00	78,87%
Instalações	R$150.000,00	R$150.000,00	21,13%
Total investimento		R$710.000,00	100,00%

FONTE: OS AUTORES

Considerando que o valor investido possibilita o funcionamento pleno do processo produtivo de emulsão à base de parafina, e que valor investido demanda retorno, o *payback* será utilizado para demonstrar o período necessário de recuperação deste investimento.

Ao ano o lucro líquido, auferido pela quantidade de emulsão produzida a mais, após a substituição dos *chillers* será de R$203.400,00 (duzentos e três mil e quatrocentos reais). Sabendo que o valor a ser investido é de R$710.000,00 (setecentos e dez mil reais), o período de payback nvestimento se concretizará em 3,5 anos ou 42 meses.

3. CONCLUSÃO

Em uma análise comparativa ao sistema atual de refrigeração e ao sistema proposto de substituição dos equipamentos de refrigeração, *chillers*, os seguintes resultados evidenciados:

- Aumento de produção de emulsão à base de parafina em 98,43%, representando um acréscimo de1695 toneladas ao mês. A capacidade produtiva de emulsão passa a ser de 3417 toneladas mensais;
- Redução do gasto com energia elétrica por tonelada produzida de emulsão em 35,01%, correspondente à R$3,61 (três reais e sessenta e um centavos). O custo de energia elétrica por tonelada produzida será de R$6,70 (seis reais e setenta centavos);
- Antecipação ao atendimento do Protocolo de Montreal impedindo possiveis danos que possam ser causados ao meio ambiente por equipamentos que possuem anos de funcionamento com tecnologia defasada que ainda fazem a utilização do gás R22 como fluído refrigerante;
- Eliminação da osciosidade dos equipamentos do processo de produção de emulsão à base de parafina;
- Eliminação da osciosidade dos operados de produção, mantendo o quadro funcional;
- Exclusão do período de funcionamento improdutivo dos *chillers*;
- Conservação do preço de venda da emulsão à base de parafina;
- Aumento de lucratividade em R$16.950,00 (dezesseis mil novencentos e cinquenta reais) mensal.

O estudo atestou positivamente a viabilidade econômica para substituição dos equipamentos de refrigeração, *chillers.* Esta permuta promove o alcance do objetivo geral determinado inicialmente: aumentar a produtividade de emulsão à base de parafina; e à empresa auferir lucros.

As preocupações ambientais envolvidas à pesquisa serão parcialmente eliminadas, pois mesmo que haja a subtração da utilização do fluído refrigerante nocivo à camada de ozônio, o sistema produtivo de emulsão consumirá mais energia elétrica, todavia de maneira produtiva.

A substituição dos equipamentos de refrigeração garante a subsistência do quadro funcional, ponto que reporta-se à questão social argumentada como um dos motivos justificadores à realização desta pesquisa.

Ao longo da pesquisa as possíveis causas supostas para a solução do problema de arrefecimento de água fornecida ao sistema produtivo de emulsão à base de parafina, foram investigadas e chegou-se que às hipóteses solidificadas : os equipamentos de refrigeração, *chillers*, estão dimensionados inadequadamente; a etapa operacional de resfriamento de água para a produção de emulsão ocasiona aumento do custo do produto acabado; o modo de funcionamento dos *chillers* estão desatualizados e que a atuação do operador no processo produtivo contribui para que ocorra a saturação prematura da água.

As suposições de que a quantidade de água armazenada e fornecida ao sistema de refrigeração instalado está inadequada ao processo produtivo; e de que o fluído refrigerante utilizado no sistema de arrefecimento influencia negativamente na quantidade de água a ser arrefecida não foram confirmadas, ou sejam não contribuem na ocorrência do gargalo do processo produtivo de emulsão à base de parafina. Ressalta-se ainda que o fluido refrigerante será substituído visando o aspecto ambiental, uma vez que este não tem influencia negativa no arrefecimento da água fornecida ao processo produtivo de emulsão à base de parafina.

4. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/>. Acesso em 01/04/2013

BECHER, Paul. **Emulsions: theory and practice**. 3. ed. New York: University Press, 2001.

BODIE Z.; KANE A.; MARCUS A.J; **Fundamentos de Investimentos.** 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2000.

CHIAVENATO, I**. Introdução à teoria geral da administração: uma visão abrangente da moderna administração das organizações.** 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisas.** 4. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2007.

JACOBS, F. R.; CHASE, R. B. **Administração de Operações e da Cadeia de Suprimentos**, 13. ed. Porto Alegre: AMGH Ltda.

MATARAZZO, D. C. **Análise financeira de balanços: abordagem básica e gerencia**l. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1998.

O BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em 30/08/2013

SALAGER, J.-L. **Formulación, Composición, y Fabricación de Emulsiones para obtener las Propriedades Deseadas**. **Estado del Arte. Parte B. Cuaderno FIRP # S747-B**. Mérida: FIRP,1999. Disponível em <http://www.firp.ula.ve> Acesso em 29/08/2013.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A., **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SJOBLOM J. **Encyclopedic Handbook of Emulsion Technology.** Nova York: Marcel Dekker, 2001

TADROS, T. F. **Emulsion Formation and Stability**. 1. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2013

VENTURINI, O. J.; PIRANI, M.J. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.