

Congresso ABRISCO 2017

Práticas Operacionais para Redução do Consumo de Energia em Procedimentos da Produção

Carla Vanessa Maia Galvão, José Célio Silveira Andrade, Salvador Ávila Filho, José Filipe Michel Gagliano
Ferreira, Rafael Brito Araújo, Jean Marcel Prazeres Silva
Universidade Federal da Bahia

RESUMO

Este trabalho trata da análise das práticas de rotina com a classificação do nível de boas práticas e a estimativa do impacto em perdas de energia durante o ano. Atualmente, a intensidade no trabalho da rotina não permite uma análise das melhores práticas e a respectiva necessidade de ajustes. A identificação destas melhores práticas depende de critérios e medições resultando na sua classificação. Cada prática provoca perda de energia individual que no somatório resultam em grandes perdas. Na análise de risco destas práticas deve-se definir a probabilidade e o impacto dos eventos individuais. A estimativa de perda total de energia é feita a partir do desempenho na rotina. Na avaliação de tipos de práticas operacionais realizadas em indústria de processo químico, sabe-se que variam de acordo com o risco e o nível de “automatismo” das ações nesta atividade crítica. Destaca-se que “automatismo” se refere à realização da tarefa de forma automática, sem grandes operações cognitivas de comparação ou inferência. Assim, o nível de “automatismo” depende da repetição e do conforto devido ao conhecimento e a experiência nas ações realizadas. A discussão de “automatismo” na análise das boas práticas não se refere ao funcionamento de malhas automáticas de controle, embora, os operadores de painel possam realizar ações “automáticas” nestes sistemas de controle. A revisão bibliográfica tratará do assunto às boas práticas no chão de fábrica que significam os procedimentos operacionais que trazem o melhor resultado para a empresa. Este resultado leva em conta a resiliência organizacional, a lucratividade e a imagem. David Embrey sugere que deve haver um facilitador para possibilitar a efetiva implantação dos procedimentos que compõem o manual de boas práticas. A metodologia consiste em classificar a prática de acordo com o nível de “automatismo”. Esta classificação depende da dificuldade de memorização e priorização das etapas do procedimento e depende do nível de conhecimento e habilidade para realizar a tarefa. Em complemento deve-se estabelecer o nível de compromisso. Numa matriz que compara a complexidade (valor inverso ao “automatismo” que se refere a tarefas manuais) com o nível de conhecimento e compromisso (SKRc) será definido um percentual inicial das boas práticas. A seguir, será realizada a análise das salvaguardas para este assunto, onde se corrige este percentual de boas práticas. Na segunda etapa da metodologia se pretende estimar a quantidade de energia perdida durante o ano referente às práticas. Na etapa seguinte, se analisará um histórico, para estabelecer um padrão indicador de desempenho que norteará os programas de treinamento, as regras de seleção, e as facilidades de campo e de memorização para o operador realizar a tarefa. O resultado deste trabalho sugere ações preventivas para evitar tendência à perda de controle na rotina no que se refere a boas práticas e perdas de energia para atingir as metas de mudanças climáticas. A autoconfiança excessiva leva o operador ao “automatismo”, e assim possivelmente, provoca acidentes e/ou perdas no processo. A existência de checklist, a comunicação efetiva e pessoas capacitadas podem reduzir a possibilidade do “automatismo”.

Palavra Chave: Erro humano, Perdas de Energia, Processos Produtivos, Boas Práticas.

INTRODUÇÃO

Nas diversas atividades industriais a compreensão sobre fatores humanos, erro humano e riscos, tem conotações distintas e possuem características que se assemelham, não pela natureza, mas pela causalidade. De modo geral, as ocorrências de erro humano dependem do nível de comunicação que faz parte dos fatores humanos e, sobretudo, da complexidade do sistema produtivo que está inserido na discussão sobre risco [1].

No Brasil, as ocorrências de erros humanos são motivadas por fatores humanos e estão associadas ao conhecimento dos envolvidos nos processos produtivos, sejam em manufaturas ou indústria de produção contínua [2].

O erro humano não intencional é definido em duas categorias: deslizes e enganos. Os deslizes surgem de uma intenção correta, porém o executante faz a ação errada. Por outro lado, os enganos são erros que ocorrem no planejamento de uma ação, ou seja, partem de uma intenção errada [3 - 5]. Por exemplo, quando um operador decide parar a bomba A, no entanto, ao tomar a ação ele para a bomba B, acontece um deslize, porém ocorre um engano, se o operador decide parar a bomba B (parte do planejado), quando aquela que deveria parar seria a bomba A.

Essas organizações e autores apontam que os deslizes ocorrem na execução de tarefas rotineiras, tais como, esquecer-se de fazer algo relevante durante uma manutenção, calibração ou teste. Já os enganos surgem quando o comportamento é baseado em lembrar regras, ou procedimentos comuns, ou situações inusitadas onde é preciso tomar decisões baseadas em conhecimento e julgamentos.

Os erros também podem ser denominados de omissão ou de execução [3]. Os de omissão são aqueles em que o operador se esquece de fazer algo, ou decide não fazer. Já os erros de execução, o operador erra no momento da execução da tarefa ou propositalmente faz diferente do que deveria ser feito.

Neste sentido, o trabalho propõe analisar as práticas operacionais que provocam as perdas de processo, em particular perdas de energia na indústria. O objetivo é identificar os fatores que afetam as rotinas em uma indústria de processos contínuos, medir o impacto e frequência, priorizar as rotinas mais impactantes, e propor melhorias que possam minimizar estas perdas.

A análise das boas práticas pretende: indicar os riscos de perdas durante a tomada de decisão de operadores e a execução das tarefas; elaborar salvaguardas para reduzir ou anular a frequência das falhas; e estabelecer as estratégias de gestão de riscos alinhados com a ISO-31000 e ISO-50001.

Na indústria de elevado risco a busca na identificação dos fatores e erros humanos deve ser investigada de forma robusta, assim busca-se evitar a perda de controle dos processos e também contribuir para o melhor rendimento das operações e melhores condições para o posto de trabalho que inclui pessoas, equipamentos e interfaces.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Erros humanos

A evolução das tecnologias para controle de processos nos postos de trabalho pretende deslocar a ação manual para processos automáticos que demandam maior atenção na decisão de rotina [6, 7]. Neste novo cenário cabe ao homem, um papel mais ativo nas tarefas de trabalho, pois o operador necessita de uma vigilância constante nos processos industriais. Esta atividade demanda decisões cognitivas mais elaboradas com altos níveis de atenção, definição de prioridades para controlar o risco de acidentes e agilidade para execução no campo de tarefas simples e complexas. Com a automação, as falhas do sistema caracterizadas que provocam acidentes ou incidentes passam a ser raras, mas quando ocorrem, são de grande impacto [8].

O erro humano é considerado resultado de uma decisão ou comportamento que diminui a segurança ou desempenho de um sistema [9] e pode surgir quando alguns fatores não são identificados como, por exemplo, as condições gerais do ambiente de trabalho e a cultura da empresa. O erro humano também sofre influência de fatores situacionais do contexto de trabalho e fatores subjetivos como a percepção de riscos [10]. Frequentemente, estes erros têm envolvido funcionários habilidosos e produtivos indicando, portanto, que não é um problema de falta de competência para tratar as anormalidades [11].

Segundo [12], o erro humano é provocado por fatores intrínsecos da personalidade e por aspectos externos à tarefa ou ambientais. A interação destes fatores intrínsecos e dos ambientais indica que a identificação de causas destes erros depende da análise de complexidade da tarefa [13] e dos processos [14]. Segundo [15], a complexidade que promove a falha pode ser formada por múltiplas funções e interligações como reciclo de materiais, de energia e de informação. Portanto, diante da ocorrência de erros humanos, é preciso mudar as condições de trabalho, entender as práticas realizadas e o comportamento humano no momento do erro, a fim de torná-los mais improváveis.

Sendo assim, as boas práticas nas rotinas em indústrias intensificadora no consumo de energia trazem resultados positivos no custo de produção e na diminuição de perdas energéticas. Quando as boas práticas se igualam as práticas realizadas o benefício direto é o aumento da produtividade e a redução dos impactos ambientais da indústria de risco como, por exemplo, nas unidades de refino de petróleo.

Como consequência da adoção da eficiência energética e a manutenção de padrões para a conservação de energia, nota-se a melhoria da imagem positiva da empresa, uma diminuição da utilização de recursos

naturais finitos e manutenção/redução do custo de energia.

Interação homem – máquina

De acordo com [16], o ambiente de trabalho, muitas vezes, é o lugar onde se passa grande parte do tempo desperto. Interessa torná-lo mais seguro, produtivo e agradável. Uma das causas da má qualidade de vida, perdas de produção e acidentes no local de trabalho são os erros humanos. Esta reflexão tem como base fatores objetivos, condições materiais e experiência de colaboradores; e também subjetivos, como a confiabilidade das decisões de operadores [17], o que remete ao estudo da confiabilidade humana [18].

A integração do homem com a tecnologia ajuda a promover a segurança em atividades industriais [16]. É importante entender como ocorre a interação homem e máquina, como as inúmeras situações operacionais contribuem para que as falhas humanas ocorram [18]. Deste modo, afirma [19], que o conhecimento dos tipos de erros mais frequentes, especialmente com base em dados que permitam identificar tendências de longo prazo, constitui importante informação para o projeto de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho.

Pasquini *et al.*, trabalham com a interface homem-máquina (IHM) no sentido de aperfeiçoar o desempenho humano e reduzir a probabilidade de falhas. Para se iniciar a análise de falha de sistema consideram-se o equipamento e o homem separadamente, cada qual com estruturas e procedimentos. A maior confiabilidade nos procedimentos leva a uma melhor IHM e ao melhor desempenho do operador [20].

Os principais fatores que explicam o desempenho humano e as possibilidades de erros em sistemas produtivos complexos com interação homem-máquina são os operacionais, situacionais, ocupacionais, pessoais e ambientais [21]. Outra forma de entender o comportamento humano é abordada por [16]:

(...) é entender como alguns aspectos da cognição humana estão estruturados. Para tal, lançam-se mão de modelos cognitivos que representem o processamento de informações numa tomada de decisão ou no desempenho de uma tarefa (...). Começa pela conscientização e percepção da situação. Depois, vem o processamento da informação e a tomada de decisão, ou seja, dentre todas as ações possíveis, qual a que será executada. Finalmente, vem a ação no mundo real e a realimentação de resultados, em ciclo fechado de aprendizagem, que pode levar a novos processos de conscientização e percepção.

Assim, a indústria se quiser diminuir as perdas na rotina, como consequência aumentar a qualidade, produtividade e a sua competitividade reduzindo custos de produção na base de energia, precisa iniciar três programas: (1) identificar os erros humanos presente em seus processos; (2) treinar e conscientizar seus funcionários na prevenção de erros e falhas; (3) registrar e contabilizar os “custos invisíveis” ocasionados pelas limitações humanas, como: (a) erros nas comunicações internas; (b) perdas em reprocessamentos; (c) enganos nos procedimentos; (d) perdas em horas paradas à espera de manutenção; (e) perdas em cada início de produção; (f) falhas em previsão de suprimentos; (g) delegação deficiente; (h) outros aspectos que apareceram no decorrer desta pesquisa.

Em um cenário de altíssima competição e concorrência, a melhor alternativa para as empresas é investir em seus colaboradores, alavancando a capacidade de prevenção e possível eliminação das causas dos erros nos processos. De acordo com [22], as organizações estão diante de um enorme desafio, que é implantar uma gestão focada na “não aceitação de erros”, em seus processos. Esta seria uma última oportunidade para melhorar sua competitividade: “É como o “bonde de última viagem” - ou embarcam nele e sobrevivem ou ficam à margem da estrada e fora do mercado”.

Boas práticas e perdas de energia

A ausência de boas práticas para se evitar uma falha pode resultar numa perda de energia que repercutirá no desempenho energético da planta bem como em implicações socioambientais. Essas implicações muitas vezes permanecem ocultas ou desprezadas face a necessidade de produção, e apenas são reveladas quando os eventos são quantificados e monitorados.

Obedecendo ao método proposto nesse estudo utilizaremos de questionários, brainstorming com a equipe de campo e as análises quantitativa e qualitativa referente à quantidade de energias perdidas e consumidas durante o período de identificação do problema e tomada de decisão. Para evitar perdas de energia

dos sistemas recomendam-se as seguintes boas práticas:

- Orientação, capacitação e conscientização dos colaboradores sobre como agir diante de um problema técnico;
- Propor um plano de monitoramento durante a operação normal;
- Ficar atento a qualquer sinalização de problema;
- Verificar se a unidade foi quimicamente limpa;
- Mais agilidade nas tomadas de decisões.

Levando em consideração a capacitação dos colaboradores, espera-se o conhecimento das melhores práticas e procedimentos que possa refletir na minimização de perdas e, deste modo aumentar a disponibilidades de recursos energeticos. Para tal recomenda-se a realização de seminários relacionados com as práticas operacionais para redução do consumo energético, identificação e análise dos pontos de desperdício. Tais práticas têm como objetivo encontrar variáveis de consumo dentro de uma instalação industrial que possam ser controladas e otimizadas, gerando indicadores e recursos que demonstrem eficiência dos fatores que afetam diretamente o consumo e os usos finais da energia [23].

A falta de um sistema bem estruturado prejudica o direcionamento das oportunidades e iniciativas dispersas nas empresas, dificultando uma visão sistêmica, o estabelecimento de prioridades e a gestão sobre as ações que podem oferecer maior retorno financeiro e maior impacto em termos de ganhos de eficiência energética. O controle da rotina industrial pode ser muito diferente da preparação da tarefa, por planejadores. Isso é discutido por [24], que explica os motivos para os operadores não seguirem os procedimentos e padrões. Além disso, [25], mostra a importância de fazer o projeto da máquina, e respectiva interface, juntamente com a análise da tarefa (realizada pelo operador). [25] mostra também, a necessidade de conhecer o funcionamento dos processos, quais tipos de operações e quais são os riscos, implementando o perfil apropriado de operador para cumprir essas tarefas.

Matriz de risco e de melhores práticas

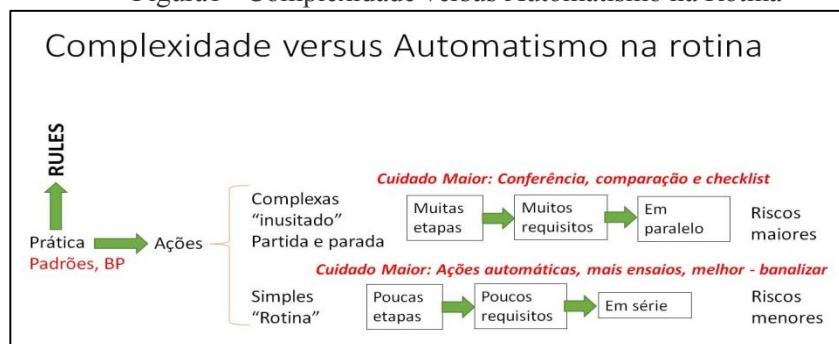
A avaliação qualitativa dos riscos pode ser produzida através de uma matriz, em que o nível de risco é definido pelas variáveis: frequência e impacto, associadas aos eventos de perda intrínseco ao processo avaliado [26, 27]. A matriz de riscos é uma ferramenta que pode ser utilizada na análise de riscos de vários tipos de processos. Exemplos de aplicações do conceito de matriz de riscos podem ser encontrados em [5, 28 – 32]. Segundo [33], a avaliação dos riscos em uma matriz permite a identificação dos riscos que podem afetar a empresa, tanto em termos de frequência quanto de severidade. Geralmente, utiliza-se uma classificação qualitativa para os níveis de frequência e de impacto, que poderá variar em função do processo avaliado, do porte da empresa, do segmento de mercado de atuação da empresa, entre outros fatores [27].

A classificação do risco de ocorrência do acidente trata de aspectos e barreiras que estudam principalmente eventos já ocorridos. Neste momento, as energias e impactos ocupacionais já ocorreram. Este artigo se propõe a analisar o risco de não atingir as melhores práticas na rotina. Assim, podem ser tomadas ações que evitem o acidente ou, que é o caso atual, a perda de energia.

A probabilidade de atingir as melhores práticas depende do nível de automatismo e do nível de conhecimento. A Figura 1 apresenta um exemplo de classificação da complexidade de sistemas e tarefas realizadas pela operação e o “automatismo” na rotina que está relacionada com os conhecimentos e habilidades aplicadas por esse indivíduo no posto de trabalho. A matriz de risco pode ser construída pela disposição de pesos atribuídos às variáveis frequência e severidade, podendo ser subdividida em regiões que caracterizam os níveis de risco avaliados. A definição dessas regiões pode variar em função do perfil de risco do gestor, dos processos avaliados e dos produtos e serviços operacionalizados.

A Figura 1 mostra que quanto menor o número de etapas numa tarefa, menor será o risco de não realizar as melhores práticas, ou seja, rotinas simples em poucas etapas configuram-se em ações mais “automáticas” por parte do operador. Quando as rotinas são mais complexas, maior será o número de etapas e menor o “automatismo”, aumentando o risco de não atingir as melhores práticas.

Figura1 - Complexidade versus Automatismo na Rotina



Fonte: Própria.

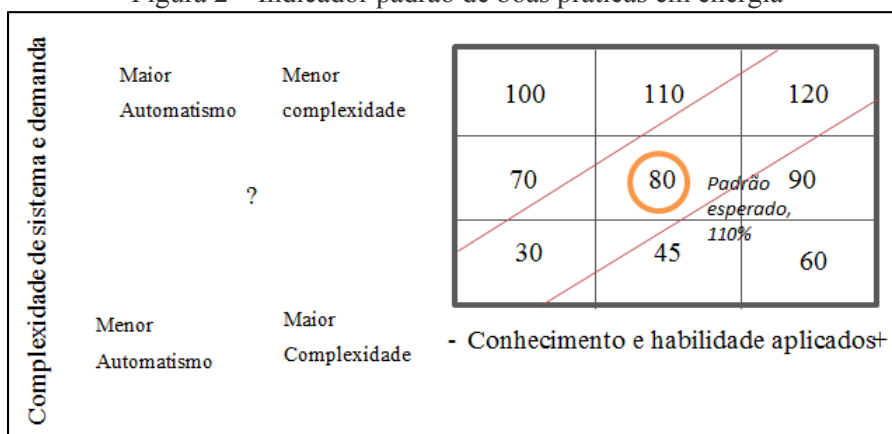
Por outro lado, como indicado na Figura 2, é importante definir que o maior risco de perda de energia requer um menor valor do percentual de boas práticas, e o menor risco de perda de energia requer um maior valor do percentual de boas práticas. Este resultante vai corrigir, aumentando ou diminuindo o valor da energia perdida na rotina durante o ano. Geralmente, pode-se considerar que para percentuais de boas práticas em energia (%BPE) baixos, indicariam a necessidade de controles mais rígidos, e para os casos de (%BPE) altos, indicariam a necessidade de controle mais adequado.

A metodologia proposta neste artigo contempla a mensuração dos níveis de controle e dos riscos de não atingirem as boas práticas (%BPE), sugerindo alternativas para novos controles que possam reduzir a perda de energia na rotina.

A Figura 2 mostra que o indicador padrão de boas práticas em energia é função da energia perdida (estimada) no sistema dividido por um fator BPE relacionado ao risco de não atingir as boas práticas. Este BPE é dado pela multiplicação do percentual de BPEi da matriz de energia na rotina, pelo fator K que depende das salvaguardas como treinamento, PSVs ou outros dispositivos que evitem a perda de energia.

Quando as salvaguardas acompanham um padrão de projeto ($K=1$), quando estão abaixo de determinado padrão ($K=0,8$) e quando estão acima do padrão ($K=1,3$).

Figura 2 – Indicador padrão de boas práticas em energia



Fonte: Própria.

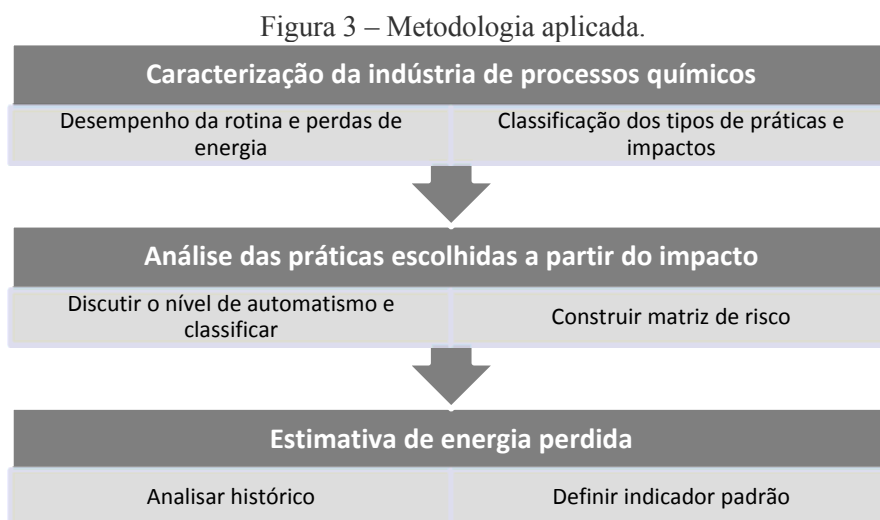
METODOLOGIA

A metodologia proposta consiste em classificar a prática de acordo com o nível de “automatismo”. Esta classificação depende da dificuldade de memorização e priorização das etapas do procedimento e depende do nível de conhecimento e habilidade para realizar a tarefa. Em complemento deve-se estabelecer o nível de compromisso.

Numa matriz que compara a complexidade (valor inverso ao “automatismo” que se refere a tarefas manuais) com o nível de conhecimento e compromisso (SKRc) será definido um percentual inicial das boas práticas. A seguir, será realizada a análise das salvaguardas para este assunto, onde se corrige o peso percentual de boas práticas.

Assim, $\%BPi = f(\text{SKRc} \times \text{nível automatismo})$ e $\%BPf = f(\text{Barreiras de salvaguarda em operação})$. Na segunda etapa da metodologia se pretende estimar a quantidade de energia perdida durante o ano referente à prática. E perdida (MJ/ano) = número de práticas total /ano * % falhas no total de práticas realizadas * E perdida / falha devido a atividade). Na etapa seguinte, se analisará um histórico, para estabelecer um padrão indicador de desempenho que norteará os programas de treinamento, as regras de seleção, e as facilidades de campo e de memorização para o operador realizar a tarefa. O resultado deste trabalho sugere ações preventivas para evitar tendência à perda de controle na rotina no que se refere a boas práticas e perdas de energia para atingir as metas de mudanças climáticas. A autoconfiança excessiva leva o operador ao “automatismo”, e assim possivelmente provocar um acidente e/ou perdas no processo. A existência de checklist, a comunicação efetiva e pessoas capacitadas podem reduzir a possibilidade do “automatismo”.

A metodologia implantada pode ser visualizada na Figura 3:



ESTUDO DE CASO

Caso 1

O Estudo de caso aborda uma situação problema que ocorreu em uma unidade de HDT de diesel de uma refinaria de petróleo no Brasil, onde a primeira torre da unidade recebe carga de um tanque que tem contato com o meio externo, ou seja, considera-se que essa carga venha com oxigênio dissolvido, o que é prejudicial ao catalisador do reator. Então é injetado vapor no fundo dessa primeira torre para fazer a retirada desse oxigênio por stripper e a carga segue para o reator sem oxigênio. O consumo de vapor é de 2.000 kg/h, mas em campanha, a unidade não recebe carga de tanque, ou seja, não existe a necessidade de se consumir esse vapor. Sabendo-se que não existe procedimento e nem checklist. O que acontece é que quando se retira vapor, a pressão da torre cai e prejudica o funcionamento das bombas de carga, então o sistema é pressurizado com gás combustível e é uma manobra que exige mais atenção, portanto, mais complexa, sendo que pode parar a unidade e a bomba de carga parar por pressão baixa na sucção. Considerando 17 dias de campanha no mês nos quais se consome 2.000 kg/h de vapor e que 20% desse vapor é perdido, e a frequência de ocorrência para esse caso é de 1 vez a cada 3 anos. A temperatura do vapor é 300 °C e a pressão 12 kgf/cm².

Caso 2

O compressor de gás, que utiliza vapor de 42 kgf/cm² para mover a turbina, recircula 40% da sua vazão de gás, ou seja, esta vazão não é usada no processo e volta para sucção. Considerando que 8,0 % de vazão de vapor é desperdiçada e que este evento ocorre 1 vez a cada 2 anos, a temperatura do vapor é 380°C, a vazão é de 46.000kg/h.

ANÁLISE QUANTITATIVA

Para desenvolvimento da análise quantitativa, os cálculos foram realizados de forma conservadora,

selecionando apenas o período da identificação do problema. Houve a necessidade de adotar premissas para algumas informações, pois foi feito um exercício de cálculo baseado em um caso real e por questões de sigilo ou informações incompletas. Os valores podem ser visualizados na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1 – Dados específicos para análise quantitativa	
Dados específicos	Valores
Vazão de vapor – Caso 1 (kg/h)	2.000
Vazão de vapor – Caso 2 (kg/h)	18.400
PCI do Óleo Combustível (kJ/kg)	39.957,2
Eficiência da Caldeira (%)	60
Preço do Óleo Combustível (R\$/kg)	1,04
Entalpia da água a 45 °C (kJ/kg)	188,45

Com a vazão total de vapor consumida de 2.000 kg/h para o Caso 1 e 46.000 kg/h para o Caso 2, pôde-se determinar para as respectivas quantidades de vapor desperdiçados. A partir destes resultados, a Eq. (1) pôde ser aplicada para determinação das vazões de combustível consumido, respectivamente.

$$\frac{\text{Vazão de combustível}}{\text{Vazão de vapor}} = \frac{100 \times \Delta H^{vap}}{PCI \times (\% \text{ eficiência da caldeira})} \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde,

PCI = Poder Calorífico Superior do óleo combustível

Os dados obtidos podem ser visualizados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Dados relacionados aos casos		
	Condição de desperdício (%)	Vazão vapor (kg/ano)
Caso 1	20	269.280
Caso 2	8,0	6.624.000

Com o valor das perdas de vapor e consumo de óleo combustível foi possível determinar o impacto equivalente de cada situação com a quantificação das emissões de carbono e CO₂ para atmosfera no ano, da energia perdida em GJ/ano.

De acordo com Ávila [34], considerando que 1 kg de carbono (C) gera 3 kg de gás carbônico (CO₂), o resultado aproximado é de 2,5 kg de CO₂ por kg de combustível. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados obtidos para situações de desperdícios					
	Desperdício combustível (kg/ano)	Custo (R\$/ano)	Liberação CO ₂ (t/ano)	Carbono (t/ano)	Energia perdida (GJ/ano)
Caso 1	641.545,93	667.207,76	1.603,86	534,62	25.634,39
Caso 2	7.175.906,06	7.462.942,30	17.939,76	5.979,92	286.729,11

ANÁLISE QUALITATIVA

O trabalho analisa as práticas operacionais realizadas com o consumo de vapor. O sistema de vapor é composto por uma série de equipamentos essenciais para o seu ótimo funcionamento, como: (1) gerador de vapor; (2) tubulações e (3) equipamentos auxiliares (compressores, bombas, purgadores, válvulas, outros). A presente análise se concentrará nos procedimentos específicos dos equipamentos principais, do sistema de distribuição de vapor e dos equipamentos auxiliares, sobretudo a turbina de vapor.

Então, percebe-se que os procedimentos pouco compreensivos são resultantes da má realização das práticas e nos cuidados com sistema de vapor. As falhas decorrentes da perda de energia prejudica o desempenho energético da planta, bem como nas implicações socioambientais. Essas implicações muitas vezes permanecem ocultas ou desprezadas, em face da demanda por produção, no entanto, apenas são revelados os eventos possíveis de quantificação e monitoramento.

Assim, obedecendo ao método proposto neste estudo foi adotado um modelo de questionário semi estruturado para aplicar com a equipe de campo. A partir do questionário foi realizada uma análise qualitativa com o suporte de uma matriz semântica que relaciona a dimensão do SKR (habilidades e conhecimento) versus a dimensão do “automatismo” que é hipoteticamente o número de repetições que o operador está sujeito durante suas atividades rotineiras. A partir da interpolação entre as dimensões apontadas foi obtido o peso relativo para cálculo do percentual de boas práticas.

A matriz BPE é resultado de questionamentos relacionados aos conhecimentos e habilidades com o nível de automatismo. As questões foram elaboradas inicialmente para a dimensão SKR e posteriormente para dimensão automatismo (Quadro 1) . Elas foram elaboradas considerando a expertise de especialistas e engenheiros de operação.

Quadro 1 - Questões de SKR versus Automatismo

Questões relacionadas ao SKR	Questões relacionadas ao “automatismo”
Quanto tempo tem de experiência?	A atividade possui menos de dez etapas ?
Realiza tarefas específicas na área?	A atividade não depende de informações externas?
Conhece os procedimentos ou regras?	A atividade não depende de malhas de controle fechadas?
Existem procedimentos?	A atividade não envolve sistemas auxiliares?
Consegue encontrar a causa raiz dos problemas?	A atividade não envolve ações paralelas da operação?

De acordo com os especialistas envolvidos nesta pesquisa e com as respostas dos entrevistados pelo questionário (Quadro 1) foi utilizado como critério de categoria para o cálculo do peso das Boas Práticas:

- 1,0: quando as respostas são positivas;
- 0,5: quando as respostas são intermediárias;
- 0,0: quando as respostas são negativas.

Analisando o Caso 1 para encontrar a relação do SKR, os operadores entrevistados tinham um tempo de experiência de, aproximadamente, 13 anos. Portanto, foi considerado um peso 1 para as resposta em relação ao tempo de experiência, realização de tarefas específicas na área e sobre o conhecimento dos procedimentos, porém, não existe procedimento para essa atividade realizada totalizando um valor 4. Em relação à análise das questões relacionadas ao “automatismo” o procedimento é complexo, pois possui mais de dez etapas, tendo um peso 1, em relação a informações externas, foi considerado um valor de 0,5, pois existe uma certa dependência.

A atividade não depende de malhas de controle fechadas, portanto, o valor considerado foi 1, não envolve sistemas auxiliares e nem ações paralelas da operação totalizando um valor 3,5.

O resultado obtido da matriz de BPE foi usado para o calculo do indicador de BPE. Na Figura 2 está demonstrado a metodologia de levantamento do peso relativo à BPEi (Boas práticas em Energia).

A partir destes resultados, a Eq. (2) pôde ser aplicada para determinação de BPE:

$$BPE = \%BPEi \times K$$

Eq. (2)

Onde,

O valor de K depende de salvaguardas como treinamento ou PSVs, sendo assim: K=1 padrão, K= 0,8 baixo; k= 1,3 alto.

Da interpolação da Figura 2 obtemos um valor de BPEi de 80% e foi considerado um valor K= 0,8, pois não existe procedimento e nem check list para a atividade realizada. Então para o caso 1, BPE= 0,8 x 0,8 = 64%.

Para o cálculo do indicador padrão de BPE foi utilizada a seguinte relação:

$$\text{indicador BPE} = \frac{\sum Ep_{1+2}}{BPE} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde,

$\sum Ep_{1+2}$ está relacionado com a medição da energia perdida em GJ/ano na atividade realizada, que para o Caso 1 e Caso 2 foi calculada e encontra-se na Tabela 3.

Obtendo como valor do Indicador BPE = 312363,4925 GJ/ano, faz-se necessário melhorar as boas práticas, como: em treinamentos, DDS (Diário de Segurança), liderança, etc. A discussão do Caso 2 é análoga ao Caso 1.

A partir das análises quantitativa e qualitativa referente à quantidade de vapor perdido e ao combustível consumido durante o período de identificação do problema e tomada de decisão, recomenda-se as seguintes boas práticas para evitar eventos semelhantes que estejam atrelados com as perdas de energia térmica do sistema:

Tabela 4 – Práticas e Complexidade

Item	Operação	Rotinas
Vapor	<ul style="list-style-type: none"> - Na liberação de serviços, realizar bloqueios para evitar maiores perdas do vapor no circuito trocadores-purgador - Análise da qualidade (ar, compostos químicos, orgânicos, condensado, outros) - Manter as condições de operação adequadas a de projeto 	<ul style="list-style-type: none"> - Reiniciar o fornecimento só quando solucionado o problema - Acompanhar os parâmetros do vapor - Aquecimento da linha de forma lenta e coerente
Turbina	<ul style="list-style-type: none"> - Manutenção/ inspeção 	<ul style="list-style-type: none"> - Informar o desligamento da turbina para a casa da caldeira (se necessário) - Seguir recomendações do fabricante - Alinhamento da turbina antes da partida - Procedimentos adequados para partida
Sistema de condensado	<ul style="list-style-type: none"> - Reaproveitamento do condensado (água e energia térmica) 	<ul style="list-style-type: none"> - Procedimentos adequados para receber o condensado gerado - Alinhamento do sistema de condensado - Acompanhamento dos parâmetros de funcionamento
Colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitação de mão de obra - Treinamento e orientação de como agir em situações de problemas técnicos e operacionais - Agilidade nas tomadas de decisões - Aplicação e acompanhamento de check-list para avaliação do cumprimento das atividades 	

Instrumentação	- Manutenção dos instrumentos de medição de vazão, temperatura e pressão.	
	- Projeto	- Seguir requisitos para acessórios (purgador, sistema coletor, válvulas, filtros, isolamento, outros) e layout da linha
Seleção/ especificação	- Materiais para manutenção	- Seguir parâmetros limitantes do processo
	- Soldagem	- Seguir parâmetros da qualidade no Serviço
	- Água desmineralizada	- Seguir parâmetros da qualidade
	- Vapor	- Seguir parâmetros da qualidade

CONCLUSÃO

Nota-se que o cenário industrial atual demanda uma maior atenção pela mudança de comportamento humano e gerencial sobre o modo de trabalho em eventos relacionados à rotina da operação. Os casos estudados trataram de operações relacionadas às rotinas da equipe e o modo como este evento foi conduzido, demonstrou baixa rapidez no posicionamento e tomada de decisão do problema, custando perdas de vapor e combustível consumido. Entretanto, algumas decisões devem ser amadurecidas e podem não ser do campo da operação e sim ao corpo gerencial, sendo interessante elaborar procedimentos descrevendo cada etapa da nova rotina para evitar maiores perdas ou algum tipo de prejuízo ao processo ou às pessoas envolvidas.

Algumas sugestões de boas práticas foram abordadas como formas de prevenção ou redução de possíveis acontecimentos semelhantes que podem trazer situações impactantes como o: (1) desperdício de energia; (2) desperdício de água; (3) gastos de capital e (4) impactos ambientais.

REFERÊNCIAS

- [1] REASON, J. Human error. New York: Cambridge University Press, 1990.
- [2] BARROSO, Marise Paixão. A influência dos fatores humanos nas técnicas de análise de risco APP e APR: Estudo de caso de uma plataforma de perfuração de petróleo no nordeste Salvador. 2013. Dissertação (engenharia industrial) - Escola Politécnica Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial. Universidade Federal da Bahia, Bahia.
- [3] LEVESON, N. Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety. London: The MIT Press, 2011.
- [4] HSE. Health and Safety Executive (Ed.) HSG (245) – Investigating Accidents and Incidents. HSE, United Kindom, 2004.
- [5] AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AIChE). Center for Chemical Process Safety (CCPS). Guidelines for preventing human error in process safety. New York, 1994.
- [6] GRANDJEAN, E. Manual de Ergonomia. 4 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
- [7] MORAES, A., MONT'ALVÃO, C. Ergonomia: conceitos e aplicações. 2.ed. Rio de Janeiro: 2AB, 2000. 136p
- [8] BARROS, M. H. B.; SCANDELARI, L. Confiabilidade humana no trabalho: uma abordagem ergonômica na prevenção da falha humana em um processo de reestruturação produtiva. In: SIMPEP, XIII, 2006, Bauru. Anais (on-line). Disponível em: < http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/878.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2016.
- [9] SANDERS, J.; MORAY, N. Human error: cause, prediction, and reduction. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbau
- [10] PASSOS, J. Riscos e Perdas Patrimoniais no Contexto Organizacional – Uma Abordagem Sob o Enfoque

Sociotécnico. Revista da CEPPG, v. 7, n. 1, p. 88-99, 2002.

[11] DUARTE, M. Riscos Industriais: Etapas para a investigação e a prevenção de acidente. Rio de Janeiro: FUNENSEG, 2002.

[12] RAUTERBERG, M.; FELIX, D. Human errors: disadvantages and advantages. 1996. In: Proceedings of 4th Pan Pacific Conference on Occupational Ergonomics- PPCOE, Taiwan, pp 25-28.

[13] ÁVILA FILHO, S. Failure Analysis in Complex Processes. Proceedings of 19th Brazilian Chemical Engineering Congress – COBEQ. Búzios, 2012.

[14] Perrow, C., “Normal accidents: living with high-risk technologies”, NY: Basic Books, 1984. 453 p.

[15] ÁVILA FILHO, S. Etiologia das anormalidades operacionais na indústria: modelagem para aprendizagem. 2010. 296 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010

[16] OLIVEIRA, A. F.; SELLITTO, M. A. Análise qualitativa de aspectos influentes em situações de risco observadas no gerador de vapor de uma planta petroquímica. São Leopoldo, RS: Revista Prod. v. 20, n. 4, p. 677-688, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v20n4/AOP_T6_0004_0111.pdf>. Acesso em: 21 de jan. 2016.

[17] FISCHER, D.; GUIMARÃES, L.; SCHAEFFER, C. Percepção de Risco e Perigo: Um Estudo Qualitativo no Setor de Energia Elétrica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO (ENEGEP), 22, 2002, Curitiba, PR. Anais... Rio de Janeiro, RJ: ABEPRO, 2002. p. 1-8.

[18] MOSLEH, A.; CHANG, Y. H. Model-based human reliability analysis: prospects and requirements. Reliability Engineering and System Safety, v. 83, n. 1, p. 241-253, 2004.

[19] COSTELLA, M. F.; GRANDO, M. L.; SAURIN, T. A. Método para classificação de tipos de erros humanos: estudo de caso em acidentes em canteiros de obras. Produção, v. 22, n. 2, p. 259-269, mar./abr. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v22n2/aop_t6_0004_0112.pdf>. Acesso em: 20 de jan. 2016.

[20] PASQUINI, A.; PISTOLESI, G.; RIZZO, A. Reliability analysis of systems based on software and human resources. IEEE Transactions on Reliability, v. 50, n. 4. p. 337-345. 2001

[21] KANTOWITZ, B.; SORKIN, R. Human factors: understanding people-system relationships. New York: John Wiley & Sons Inc., 1983.

[22] PAZ, S. O erro humano e a competitividade. 2011. Disponível em: <<http://www.rh.com.br/Portal/Desempenho/Artigo/7024/o-erro-humano-e-a-competitividade.html>> Acesso em: 22 jan. 2016.

[23] SAMAD, S. The influence of innovation and transformational leadership on organizational performance. Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 57, p. 486-493, 2012.

[24] Embrey, D. Preventing human error: developing a consensus led safety culture based on best practice. London: Human Reliability Associates Ltd. 14p. 2000.

[25] LEES, F. P. Loss prevention in the process industries: hazard identification, assessment and control. Great Britain, GB, Butterworth-Heinemann. 2. ed. v. 1-3. 1996. 3.680 p.

[26] CROUHY, M.; GALAI, D.; MARK, R. Gerenciamento de Risco: Abordagem Conceitual e Prática: Uma Visão Integrada dos Riscos de Crédito, Operacional e de Mercado. Rio de Janeiro: Qualitymark, São Paulo: SERASA, 2004.

- [27] MARSHALL, C. L. Medindo e Gerenciando Riscos Operacionais em Instituições Financeiras. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- [28] MARTIN, N.C.; SANTOS, L.R.; DIAS FILHO, J.M. Governança Empresarial, Riscos e Controles Internos: A Emergência de um Novo Modelo de Controladoria. Revista Contabilidade & Finanças – USP, São Paulo, n. 34, p. 7-22, janeiro/abril 2004.
- [29] HEWETT, C.J.M.; QUINN, P.F.; WHITEHEAD, P.G.; HEATHWAITE, A.L.; FLYNN, N.J. Towards a nutrient export risk matrix approach to managing agricultural pollution at source. Hydrology and Earth System Sciences, v. 8, n. 4, p. 834-845, 2004
- [30] FIGUEIREDO, R. P. Gestão de Riscos Operacionais em Instituições Financeiras - uma abordagem qualitativa. 2001. Dissertação (Mestrado) – UNAMA, Belém - PA.
- [31] GARVEY, P. R., LANSLOWNE, Z. F.; Risk Matrix: An Approach for Identifying, Assessing, and Ranking Program Risks, Air Force Journal of Logistics, v. XXII, n. 1, June, 1998.
- [32] BRASILIANO, A. C. R. Análise de Risco Corporativo., São Paulo: Sicureza Editora, 2006
- [33] BERGAMINI JUNIOR, S. Controles Internos como um Instrumento de Governança Corporativa. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v.12, n.24, p.149-188, Dez., 2005.
- [34] ÁVILA, S.; KIPERSTOK, A.; BRAGA, B.; KALID, R. Avoiding loss of energy in a petrochemical industry, operation and design. Conference proceedings issue: 057 . v. 7, p. 1552-1559, 2011.