

ANÁLISE DE RISCOS EM PLANTA DE DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÕES DE PETRÓLEO VIA MICRO-ONDAS: O CASO DA PLANTA PILOTO DA UNIVERSIDADE TIRADENTES

Wilson Linhares dos Santos¹

Roberto Theobald²

1 Graduado em Engenharia de Produção pela Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Tiradentes. Mestre em Engenharia de Processos pela Universidade Tiradentes – UNIT. wilson.linhares@hotmail.com

2 Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Petrópolis. Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Federal de Sergipe. Mestre em Gestão de Segurança, Meio Ambiente e Saúde pela Universidade Federal Fluminense. Professor convidado da Universidade Tiradentes – UNIT. rbtheobald@gmail.com

RESUMO

A produção do petróleo é acompanhada pela produção de água, que deve ser removida para que o petróleo seja especificado dentro de certos parâmetros para envio às refinarias. O percurso acidentado da extração do petróleo em condições severas de temperatura e pressão que os fluidos produzidos devem atravessar promove uma mistura intensa entre os componentes, água e óleo, resultando no aparecimento das emulsões. A quebra destas emulsões é uma etapa complexa e requer a utilização de tratamentos físicos e químicos. Com o aumento da produção de petróleo no Brasil, cresce a necessidade de tecnologias mais eficientes para a quebra das emulsões, e a irradiação micro-ondas surge como alternativa viável e eficiente. Nesse estudo foram utilizadas as técnicas de análise de riscos qualitativas APR e HAZOP na planta piloto de desestabilização de emulsões, localizada no Núcleo de Estudos em Sistemas Coloidais da Universidade Tiradentes, com objetivo de gerar recomendações para que sejam aperfeiçoadas as salvaguardas de segurança durante a operação dessa planta piloto e posteriormente incorporadas às futuras plantas em escala industrial.

PALAVRAS-CHAVES

Análise de Riscos. ARP. HAZOP. Segurança Operacional.

ABSTRACT

The production of oil is accompanied by the production of water which must be removed so that petroleum is specified within certain parameters to be sent to a refinery. The bumpy journey of oil extraction in severe conditions of temperature and pressure that produced fluids must crossover, promotes an intense mixture between the components, oil and water, resulting the appearance of emulsions. To separate these emulsions is a complex step and requires the use of physical and chemical treatments. With the increasing oil production in Brazil, the need of more efficient technologies to separate of emulsions, and microwave irradiation emerges as an effective alternative. In this study we have used qualitative risk analysis APR and HAZOP in the pilot plant destabilization of emulsions, located in the Center for the Study of Colloidal Systems in University of Tiradentes, aiming to generate recommendations to be perfected security safeguards during the operation of this pilot plant and subsequently incorporated into future industrial scale plants.

KEYWORDS

Risk Analysis. APR. HAZOP. Operational Safety.

1 INTRODUÇÃO

A produção do petróleo geralmente é acompanhada pela produção de água, muitas vezes com alta salinidade, gás, sedimentos e outros contaminantes, que devem ser removidos para que o petróleo seja especificado dentro de certos parâmetros para envio às refinarias. Os fluidos são produzidos do reservatório para o fundo do poço, sendo escoados pela coluna de produção, seguindo para a superfície através de dutos, válvulas, conexões e acessórios de tubulações até chegar às plantas de processamento primário. Todo este percurso acidentado em condições severas de temperatura e pressão, que os fluidos produzidos devem atravessar, promove uma mistura intensa entre os componentes, principalmente da água com óleo, resultando no aparecimento das emulsões (SMITH e ARNOLD, 1992).

O processamento primário do petróleo, normalmente realizado no próprio campo produtor tem como finalidade a separação das suas três fases: óleo, água e gás. A etapa de separação da água é certamente a mais complexa e importante do processo. A água presente no óleo pode estar sob a forma livre ou emulsionada com o óleo, devendo ser separada em separadores de produção e tratadores de óleo, de modo a atingir valores inferiores a 1%, porcentagem máxima aceita pelas refinarias. A estabilidade das emulsões de água em petróleo tem se configurado como um dos maiores problemas na separação primária do petróleo (SJÖBLOM et al., 2003).

A quebra destas emulsões é uma etapa complexa e geralmente requer a utilização de tratamentos físicos (gravitacionais, térmicos e/ou eletrostáticos) e químicos. A compreensão dos mecanismos de desemulsificação do petróleo apresenta um grau de dificuldade elevado devido a diversos fatores, entre eles: a complexa composição dos emulsificantes naturais, a atuação de mecanismos de estabilização pouco conhecidos e a forte influência das condições experimentais (teor em água, composição da fase aquosa, distribuição do tamanho de gotas, temperatura, pressão do sistema, idade da emulsão, etc.) na estabilidade das emulsões (COUTINHO, 2005).

Em geral, as eficiências destes tratamentos dependem da viscosidade do meio assim como da estabilidade da emulsão, tornando estes tratamentos pouco eficientes, sendo necessários tempos de processamento muito elevados e/ou a utilização de quantidades substanciais de produtos químicos. Uma alternativa reconhecida na literatura por sua eficácia e rapidez na separação de fases de emulsões estáveis se dá com a aplicação de micro-ondas (FANG et al., 1988; 1989; WOLF, 1986; XIA et al., 2004; FORTUNY et al., 2008).

Com o aumento de produção de petróleo, e do número plantas piloto e industriais instaladas no Brasil e no mundo, além de se dar importância para os estudos que dizem respeito à produtividade e otimização do processo produtivo, cresce a necessidade de estudos sobre a segurança dessas plantas.

Segundo Theobald e Lima (2007), a busca pela excelência na gestão em Segurança, Meio Ambiente e Saúde (SMS), passou a ser uma meta estratégica empresarial para sustentabilidade dos negócios, principalmente nas áreas que envolvem altos riscos tecnológicos, como o segmento de petróleo e gás.

Entre as principais medidas para o gerenciamento da segurança dos processos produtivos está à realização de estudos que permitam identificar os perigos e avaliar os riscos a eles associados, bem como o adequado gerenciamento destes.

As técnicas que podem ser utilizadas para identificação de perigos numa instalação industrial são variadas, tais como (ALMEIDA; FERREIRA, 2008; OLIVEIRA; QUALHARINI, 2009; CARDELLA, 2011):

- Análise preliminar de risco (APR);
- Análise de perigos e operabilidade (HAZOP);
- Análise de modos e efeitos de falhas (FMEA);
- Lista de verificação (Check list);
- E se? (What-if?);
- Análise por árvore de falhas (FTA);
- Análise por árvore de eventos (ETA);
- Técnica de incidente crítico;
- Análise comparativa;
- Análise pela matriz das interações;
- Inspeção planejada;
- Registro e análise de ocorrência;
- Análise pela árvore das causas.

Nesse estudo foram utilizadas as técnicas qualitativas de análise de riscos na planta piloto de desestabilização de emulsões, localizadas no Núcleo de Estudo em Sistemas Coloidais (NUESC) da Universidade Tiradentes, com objetivo de gerar recomendações para que sejam aperfeiçoadas as salvaguardas de segurança durante a operação dessa planta piloto e posteriormente incorporadas às futuras, passíveis de serem estendidas a plantas em escala industrial.

2 ANÁLISE DE RISCOS

Dentre as principais técnicas qualitativas que embasam os estudos de riscos de segurança em processos produtivos estão a **Análise Preliminar de Risco (APR)** e o **Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP)** (CETESB, 2003; ESTEVES, 2004; OLIVEIRA; QUALHARINI, 2009, grifo nosso).

2.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)

Segundo Esteves (2004), a APR é uma metodologia estruturada para identificar os riscos que podem ser causados devido à ocorrência de eventos indesejáveis.

Também conhecida como Análise Preliminar de Perigos (APP), essa metodologia se aplica a qualquer objeto (instalações, sistemas, atividades/tarefas), pode ser realizada em qualquer etapa do ciclo de vida da instalação (projeto conceitual, básico, detalhamento, implantação, operação, descomissionamento), como também em qualquer etapa da realização da atividade/tarefa (planejamento ou execução) (CARDELLA, 2011).

Na APR devem ser identificados os perigos, as causas e os efeitos (consequências) e as categorias de frequência (Tabela 1) e de severidade (Tabela 2) correspondentes, obtendo desta forma a categoria do risco baseada na Matriz de Classificação de Riscos (Tabela 3), bem como as observações e recomendações pertinentes aos perigos identificados, devendo os resultados ser apresentados em planilha padronizada (CARDELLA, 2011).

Tabela 1 – Categorias de Frequência.

Categoria		Descrição
A	Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas de ocorrência extremamente improvável durante toda a vida útil do sistema produtivo.
B	Remota	Ocorrência não esperada durante a vida útil do sistema produtivo.
C	Pouco Provável	Pouco provável de ocorrer durante toda a vida útil do sistema produtivo.
D	Possível	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do sistema produtivo.
E	Frequente	Ocorrência esperada por várias vezes durante a vida útil do sistema produtivo.

Fonte: Barbosa Filho (2011).

Tabela 2 – Categorias de Severidade.

Severidade	Efeitos
I – Desprezível	Nenhum dano ou dano não mensurável.
II – Marginal	Danos irrelevantes ao meio ambiente e à comunidade.
III – Média	Danos moderados a sistemas, ao meio ambiente e à comunidade.
IV – Crítica	Degradação crítica. Dano substancial, com lesões, impondo ações imediatas.
V – Catastrófica	Impactos ambientais devido a liberações de substâncias químicas, tóxicas ou inflamáveis, atingindo áreas externas às instalações. Provoca mortes ou lesões graves na população externa ou impactos ao meio ambiente com tempo de recuperação elevado.

Fonte: Barbosa Filho (2011), adaptado pelos autores.

Tabela 3 – Matriz de Classificação de Risco.

		CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
CATEGORIAS DE SEVERIDADE	V	M	M	NT	NT	NT
	IV	T	M	M	NT	NT
	III	T	T	M	M	NT
	II	T	T	T	M	M
	I	T	T	T	T	M

Fonte: Barbosa Filho (2011), adaptado pelos autores.

Legenda: T – Tolerável; M – Moderado; NT – Não Tolerável.

2.2 ESTUDOS DE PERIGOS E OPERABILIDADE (HAZOP)

Segundo Bank (1985), o termo HAZOP origina-se do inglês *Hazard and Operability Analysis*, também conhecido como Estudo de Perigos e Operabilidade. A aplicação do HAZOP é uma técnica indutiva qualitativa e estruturada para identificar possíveis desvios (anomalias) de projetos e perigos potenciais e/ou problemas de operação utilizando palavras guias, combinadas às variáveis de processo, para avaliar desvios, suas causas e consequências.

O HAZOP consiste na realização de uma revisão da instalação, a fim de identificar os perigos potenciais e/ou problemas de operabilidade, por meio de uma série de reuniões, durante as quais uma equipe multidisciplinar discute metodicamente o projeto da instalação. O líder da equipe orienta o grupo através de um conjunto de *palavras-guias* que focalizam os desvios dos parâmetros estabelecidos para o processo ou operação em análise (CETESB, 2003, p. 21, grifo nosso).

Investiga de forma minuciosa cada seguimento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, lembrando que a operabilidade é tão importante quanto a identificação dos perigos. Essa análise requer a divisão da planta em subsistemas e escolher o ponto do subsistema a ser analisado, o chamado nó de estudo, entre os quais existem componentes como bombas, vasos e trocadores de calor, entre outros. Aplica-se às palavras guias, verificando quais os desvios que são possíveis de ocorrer no nó:

Desvios → Causas → Detecções existentes

Causas → Consequências → Recomendações

As Tabelas 4 e 5 apresentam palavras guias e desvios de parâmetros de processo respectivamente.

Tabela 4: Palavras guias

Palavras guias	Significado
Nenhum (Não)	Negação da intenção de projeto
Mais (Maior)	Aumento quantitativo de uma propriedade física ou química
Menos (Menor)	Diminuição quantitativa de uma propriedade física ou química
Tanto quanto	Aumento qualitativo (mais coisas do que deveria haver)
Parte de	Diminuição qualitativa (composição diferente do que deveria ser)
Reverso	Oposto lógico da intenção de projeto
Em vez de	Substituição Completa
Antes de (mais cedo do que)	Muito adiantado ou em ordem errada de acontecimento
Depois de (mais tarde do que)	Muito atrasado ou em ordem errada de acontecimento
Também em (onde mais)	Em locais adicionais

Fonte: Crowl e Louvar (2001), adaptado pelos autores.

Tabela 5: Parâmetros de processo combinados com palavras guias.

Parâmetros	Palavras guias	Desvios
Fluxo ou vazão	Não Maior Menor Tanto quanto Parte de Reverso Em vez de	Sem fluxo Mais fluxo Menos fluxo Concentração maior Concentração errada Fluxo reverso Fluxo errado
Tempo	Não Menor Maior Parte de Tanto quanto Reverso Em vez de	Faltou a ação Demorado ou atrasado Cedo demais ou curto demais Passo para trás Ação extra Volta à ação anterior Tempo errado
Pressão	Menor Maior	Pressão mais baixa Pressão mais alta
Temperatura	Menor Maior	Temperatura mais baixa Temperatura mais alta
Nível	Menor Maior	Nível mais baixo Nível mais alto
Viscosidade	Menor Maior	Viscosidade mais baixa Viscosidade mais alta
Reação	Não Menor Maior Tanto quanto Reverso	Nenhuma reação Reação incompleta Reação descontrolada Reação secundária Reação reversa

Fonte: Crowl e Louvar (2001), adaptado pelos autores.

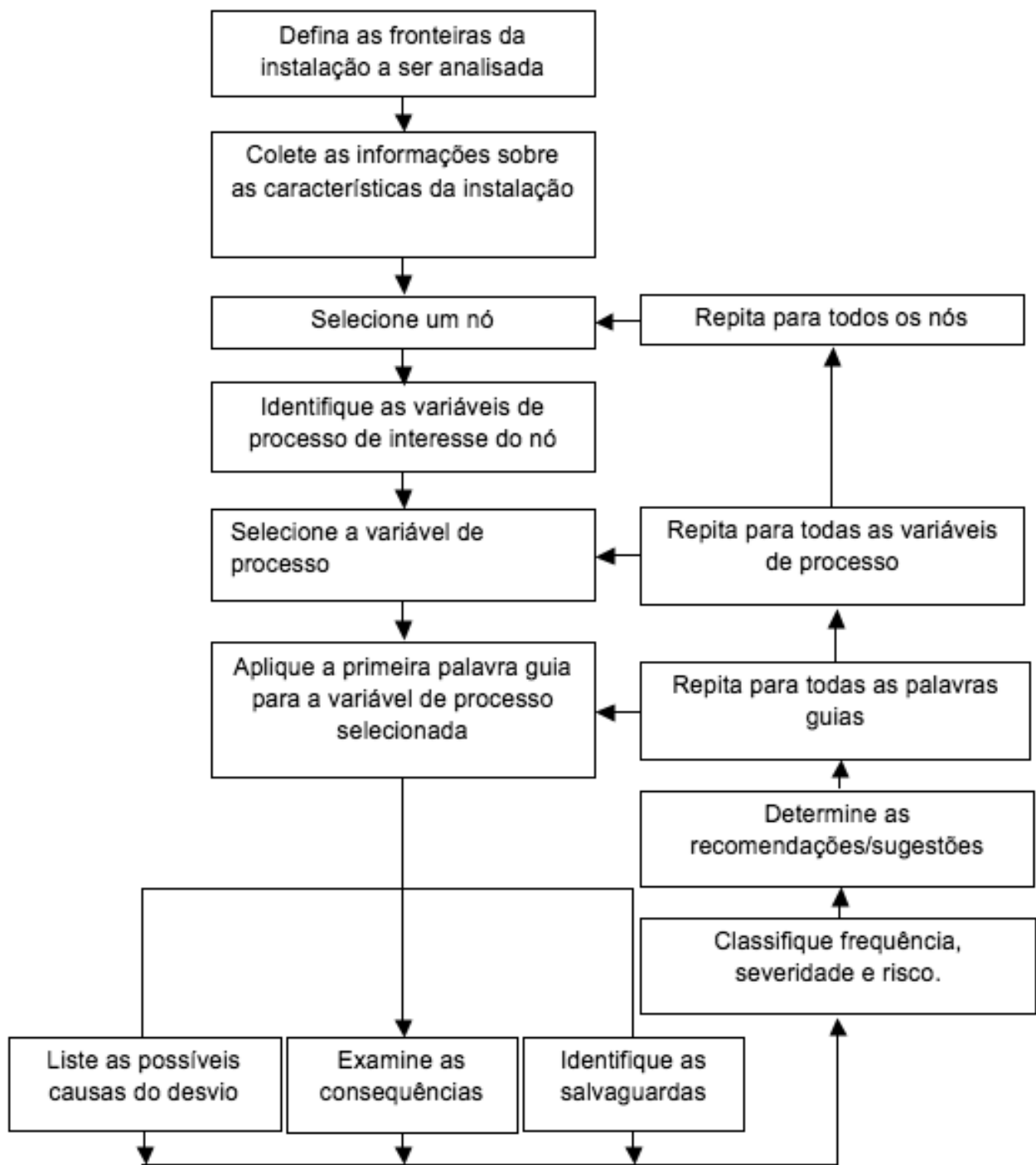


Figura 1: Diagrama do método de análise do HAZOP

3 A PLANTA PILOTO – DESCRIÇÃO DO PROCESSO

A planta piloto de desestabilização de emulsões de petróleo, objeto desse estudo, situa-se no Núcleo de Estudos em Sistemas Coloidais (NUESC) da Universidade Tiradentes (UNIT) e possui capacidade produtiva de 150 (cento e cinquenta) mililitros de emulsões por min. Trata-se de uma planta piloto operada em sistema contínuo, utilizando um forno de irradiação de micro-ondas para separação água/óleo.

Nessa planta piloto, as matérias-primas utilizadas são emulsões de petróleo e água destilada, sintetizadas em laboratório. A emulsão é armazenada em um reservatório com saída inferior acoplado a uma bomba de alimentação através de uma mangueira. A bomba alimenta o reator pela parte inferior através de uma mangueira em politetrafluoretileno (PTFE) conhecido mundialmente pelo nome comercial de teflon, com malha de aço inoxidável, que desloca o fluido para o interior do reator localizado na cavidade interna do forno de micro-ondas.

A quebra da emulsão, ou seja, o processo de separação água/óleo consiste no bombeamento da emulsão para cavidade interna do reator acoplado a um forno de micro-ondas. A emulsão sofre irradiação de micro-ondas, aquecendo a mesma e favorecendo a separação em duas fases (água e óleo). Através de uma mangueira na saída do reator após a válvula reguladora de pressão, os fluídos são armazenados em um tanque para sedimentação e posterior separação da água.

Para facilitar o desenvolvimento do trabalho, o processo de desestabilização da emulsão foi dividido nas seguintes etapas: tanque de emulsões, bomba de alimentação, válvula esfera, micro-ondas, reguladora de pressão e tanque de sedimentação.

4 METODOLOGIA

4.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)

A APR foi realizada cumprindo as etapas básicas, conforme ilustra a Tabela 6.

Tabela 6: Etapas básicas da APR.

Etapa	Conceito
Levantamento de problemas conhecidos	Revisão da experiência passada em sistemas e tarefas similares ou análogos
Confirmação o escopo	Identificação clara dos objetivos, exigências de desempenho, principais funções e procedimentos relativos as operações/tarefas;
Identificação dos perigos	Análise detalhada do processo, sistema, operação, tarefa, local e as condições de contorno da planta
Identificação dos riscos	Identificação dos riscos associados aos perigos
Identificação das causas	Identificação das possíveis causas geradoras dos riscos
Identificação dos efeitos	Avaliação das consequências/danos nas quatro dimensões (pessoal, instalação, meio ambiente e imagem)
Identificação das barreiras/controles existentes	Identificação das barreiras e os controles (físicas ou administrativas), atualmente na planta.

Avaliação dos riscos	Categorização dos riscos utilizando a Matriz de Classificação de Riscos da Tabela 3
Recomendação de medidas de prevenção/control	Proposição de medidas preventivas para a redução da ocorrência dos eventos identificados
Recomendação de medidas de proteção/recuperação/mitigação	Proposição de as medidas de proteção para a redução da severidade dos danos identificados
Recomendação dos responsáveis pelas medidas propostas	Proposição de possíveis responsáveis pela implementação de cada uma das medidas de prevenção e proteção recomendadas

Fonte: CETESB (2003), adaptado pelos autores.

Pelo fato da planta piloto operar com petróleo cru, que é considerado um líquido inflamável, foram identificados os seguintes riscos associados ao processo:

- Segurança – Pode inflamar se facilmente pelo calor, fagulhas ou chamas. Os vapores formam misturas explosivas com o ar e podem deslocar se até uma fonte de ignição e provocar retrocesso de chamas, com risco de explosão do vapor em ambientes fechados ou abertos ou em redes de esgotos;
- Meio ambiente – É considerado poluente, derramamentos podem causar mortalidade de organismos aquáticos, prejudicar a vida selvagem, particularmente as aves. Pode afetar a qualidade da água, o solo e, por percolação degradar a qualidade do lençol freático;

- Saúde – A inalação pode ocasionar irritação do nariz e da garganta. Contato prolongado com a pele provoca desengorduramento e dermatite. Contato com os olhos pode provocar ardência e irritação.

A APR foi registrada em uma planilha contendo dez colunas e apresentadas no item 5.1 deste trabalho.

4.2 ESTUDO DE PERIGOS E OPERABILIDADE (HAZOP)

Para aplicação da técnica de HAZOP na Planta Piloto da UNIT, seguiram-se estritamente as etapas definidas na técnica, com a divisão do sistema em subsistemas e identificados os nós de estudo representativos da planta, nos quais são analisados os possíveis desvios das variáveis de processo. A partir do descritivo da planta piloto e da análise preliminar de risco, os nós foram identificados, conforme ilustra a Figura 2.

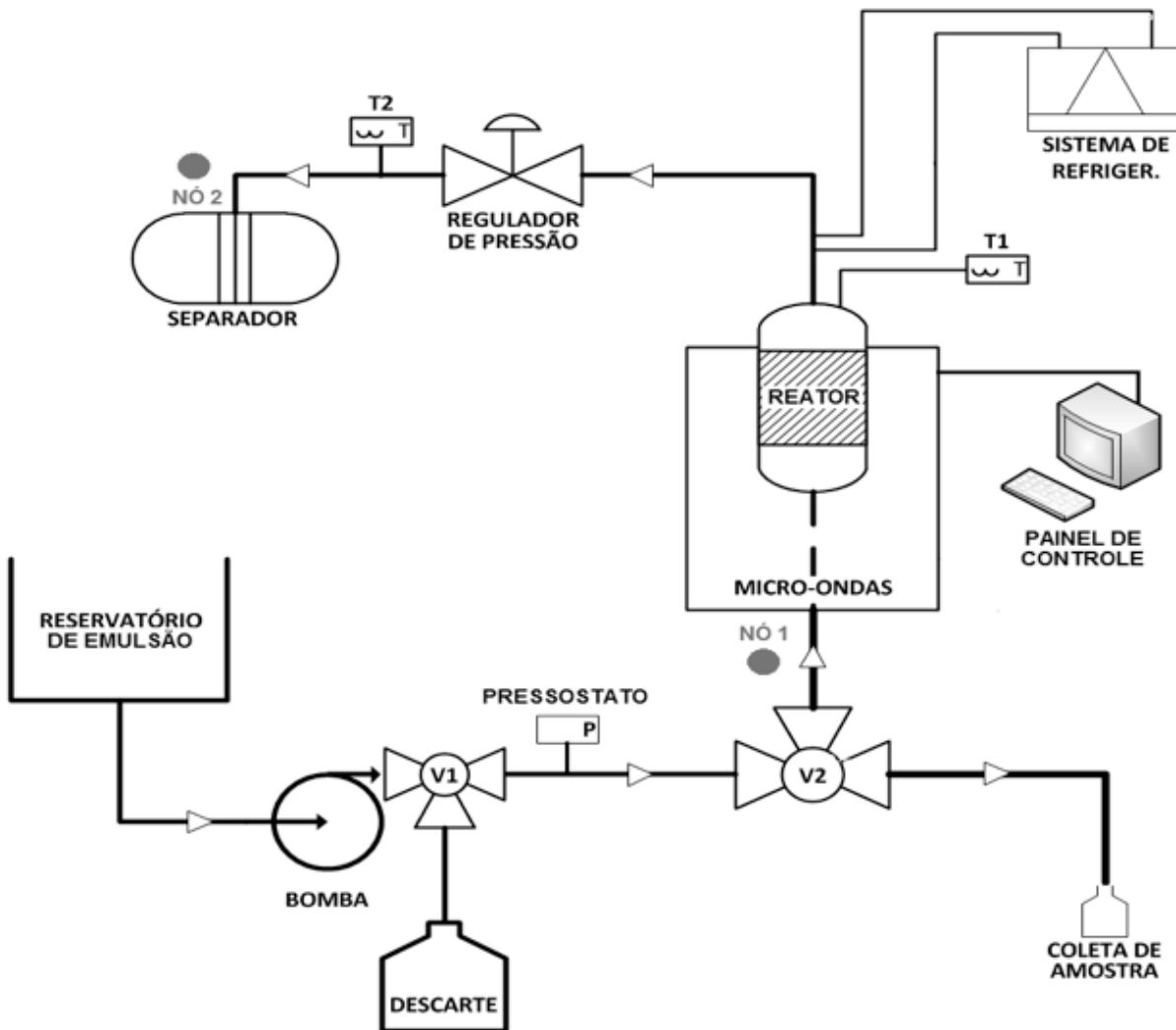


Figura 2: Planta piloto com identificação dos nós.

Para a realização do HAZOP, o processo foi definido da seguinte forma:

- Sistema: Desestabilização de emulsões de petróleo via micro-ondas;
- Subsistema 1: Reservatório de emulsão – entrada do micro-ondas;
- Subsistema 2: Micro-ondas – entrada do separador;
- Nó 1: Micro-ondas após a válvula V2;
- Nó 2: Entrada do vaso separador.

Após a identificação dos nós, foram aplicadas as palavras guia associadas à variável do processo analisada.

Com os desvios mapeados, foram apontadas suas possíveis causas e efeitos, e medidas para prevenção e/ou eliminação dos desvios e de suas consequências, verificando quais os desvios que são possíveis de ocorrer no nó.

Os resultados obtidos com a aplicação da técnica HAZOP, estão apresentados no item 5.2.

Quadro 1 - Análise preliminar de risco do subsistema reservatório de emulsões

EMPRESA: ITP/NUESC		Sistema: Desestabilização de Emulsões de Petróleo		Sistema: Reservatório de Emulsões		Equipamentos: Reservatório de Emulsão, Bomba, Válvulas e Pressostato.													
PR - ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO		Subsistema: Reservatório de Emulsões		Equipamento: Reservatório de Emulsão, Bomba, Válvulas e Pressostato.		Local: NUESC													
Data: 29/10/2012		Folha: 01		Equipe:		Data: 29/10/2012													
Folha: 01		LINHARES, THEOBALD		Equipe:		Data: 29/10/2012													
Perigo	1	Causas	2	AVALIAÇÃO DO RISCO												Cat. Risco	Medidas Preventivas Mitigadoras	Responsável	
				PESSOAL			INSTALAÇÃO			MEIO AMBIENT.			IMAGEM						
Risco	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Trabalho em Sistema Pressurizado	Liberação/vazamento de subst. tóxica	Emulsão do reservatório acima do nível, vazamento de conexões.	Contaminação Ambiental	Visual	Não há	D III	M	D	III	M	D	IV	NT	D	II	M	NT	Instalação de nível no reservatório de emulsão e sistema de contenção; plano de inspeção/manutenção das conexões; plano de resposta a emergência	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
		Coleta de amostra, vazamento no reator.	Contato com	Utilização de EPI's	Lavador de corpo e olhos	D III	M	D	I	T	D	II	M	D	II	M	M	Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/manutenção do sistema de amostragem e do reator; plano de resposta a emergência	
		Rompimento da mangueira em PTFE, vazamento de conexões.	Incêndio	Visual	Parada automática da unidade, extintores e saídas de emergências	D III	M	D	IV	NT	D	II	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/manutenção da mangueira e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Operação / Gerência de Segurança
		Rompimento da mangueira em PTFE, vazamento de conexões.	Explosão	Visual	Parada automática da unidade, saídas de emergências.	D IV	NT	D	IV	NT	D	III	M	D	IV	NT	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/manutenção da mangueira e conexões; plano de resposta a emergência	
Despressurização súbita	Despressurização súbita	Vazamento de conexões/ reator.	Contaminação ambiental	Não há	D III	M	D	III	M	D	IV	NT	D	II	M	NT	Plano de inspeção/manutenção das conexões e reator	Gerência de Manutenção	
		Falha na bomba de alimentação	Parada da unidade	Visual e alarme no painel de controle	Não há	D III	M	D	II	M	D	II	M	D	I	T	M	Plano de inspeção/manutenção da bomba	Gerência de Manutenção
Pressurização súbita	Pressurização súbita	Falha no pressostato, válvula V2 fechada.	Impacto contra	Controle da pressão, parada da unidade	D IV	NT	D	IV	NT	D	IV	NT	D	II	M	NT	Instalação de sistema automático de controle de pressão e da válvula; plano de inspeção/manutenção do pressostato.	Gerência de Manutenção	

Quadro 1 - Análise preliminar de risco do subsistema reservatório de emulsões - Continuação

EMPRESA: ITP/NUESC		Sistema: Desestabilização de Emulsões de Petróleo		Subsistema: Reservatório de Emulsões		Equipamentos: Reservatório de Emulsão, Bomba, Válvulas e Pressostato.													
Descrição do processo ou atividade		EQUIPE:		EQUIPE:		APR Nº 01													
As emulsões de petróleo e água de stibida, sintetizadas em laboratório, são armazenadas em um reservatório com saída inferior atoplado a uma bomba de alimentação através de uma mangueira. A bomba alimenta o reator pela parte inferior através de uma mangueira em PTFE com malha de aço inoxidável, que desloca o fluido para o interior do reator localizado na cavidade interna do forno de micro-ondas.		LINHARES, THEOBALD		Local: NUESC		Data: 29/10/2012													
Folha: 01																			
Perigo	1	Causas	2	Efeito	Detec. Existentes	Salvag. Existentes	AVALIAÇÃO DO RISCO												Responsável
							PESSOAL			INSTALAÇÃO			MEIO AMBIENT.			IMAGEM			
Risco	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Trabalho com Eletricidade	Intervenção em sistema energizado	Manutenção da unidade energizada	Choque elétrico	Atuação do disjuntor	Prevenção	Mitigação	E III	NT	E I	M	E I	M	E II	M	E II	M	NT	NT	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança / Gerência de operação
							E II	M	E III	NT	E I	M	E II	M	E I	M	E II	M	NT
Trabalho com liberação ambiental de substâncias perigosas	Formação de atmosfera explosiva	Concentração de vapores de gases do processo	Incêndio	Atuação do disjuntor	Sistema de exaustão de gases, utilização de EPI's	Tomada modelo alemão (aprova de erro)	B II	T	B IV	M	B I	T	B II	T	B I	T	B II	T	Gerência de Operação / Gerência de Segurança
							C III	M	C IV	M	C III	M	C II	T	C I	M	C II	T	M
Trabalho com liberação ambiental de substâncias perigosas	Formação de atmosfera de risco	Concentração de vapores de gases do processo	Explosão	Sistema de exaustão de gases, utilização de EPI's	Perda de segurança do MOC, Saídas de emergência	Saídas de emergência	C IV	M	C IV	M	C C	IV	M	C II	T	C I	M	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
							D III	M	D III	M	D IV	NT	D II	M	D I	NT	D II	M	NT
Trabalho com liberação ambiental de substâncias perigosas	Perda de controle da liberação	Vazamento nas conexões	Incêndio	Visual	Saídas de emergência	Saídas de emergência	D III	M	D IV	NT	D D	III	M	D II	M	D I	NT	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
							D III	M	D IV	NT	D D	III	M	D II	M	D I	NT	NT	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
Trabalho com liberação ambiental de substâncias perigosas	Falha na bomba de alimentação	Falha na bomba de alimentação	Explosão	Visual e alarme no painel de controle	Não há	Não há	D III	M	D IV	NT	D D	III	M	D II	M	D I	NT	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
							D III	M	D IV	NT	D D	III	M	D II	M	D I	NT	NT	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança

Quadro 1 - Análise preliminar de risco do subsistema reservatório de emulsões - Continuação

EMPRESA:		APR - ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO		Equipamentos: Reservatório de Emulsão, Bomba, Válvulas e Pressostato.																
ITP/NUESC		Subsistema: Reservatório de Emulsões		Local: NUESC																
Descrição do processo ou atividade		Equipe:		Data: 29/10/2012																
As emulsões de petróleo e água destilada, sintetizadas em laboratório, são armazenadas em um reservatório com saída inferior acoplado a uma bomba de alimentação através de uma mangueira. A bomba alimenta o reator pela parte inferior através de uma mangueira em PTFE com malha de aço inoxidável, que desloca o fluido para o interior do reator localizado na cavidade interna do forno de micro-ondas.		LINHARES, THEOBALD		Folha: 01																
Perigo	1	Causas	2	Detec. Existentes	Salvag. Existentes	AVALIAÇÃO DO RISCO												Cat. Risco	Medidas Preventivas Mitigadoras	Responsável
						PESSOAL			INSTALAÇÃO			MEIO AMBIENT.			IMAGEM					
Risco			Efeito	Prevenção	Mitigação	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	4	
Trabalho com liberação intermitente de substância perigosa		Vazamento no reservatório de emulsão e conexões.	Contaminação ambiental	Visual	Não há	D	III	M	D	III	M	D	IV	NT	D	II	M	NT	Instalação de sistema de contenção e sensor de nível do reservatório; plano de inspeção/ manutenção do reservatório e conexões; plano de resposta a emergência	
		Vazamento no reservatório de emulsão e conexões	Contato com	Utilização de EPI's	Lavador de corpo e olhos	D	III	M	D	I	T	D	III	M	D	II	M	M	Instalação de sensor de nível do reservatório; plano de inspeção/ manutenção do reservatório e conexões; plano de resposta a emergência	
Trabalho com Sist. Em alta temperatura		Liberação de substância quente	Contato com	Utilização de EPI's	Lavador de corpo e olhos	D	III	M	D	I	T	D	III	M	D	II	M	M	Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção das conexões; plano de resposta a emergência	
		Acesso a partes quentes	Contato em	Utilização de EPI's	Não há	D	III	M	D	I	T	D	I	T	D	II	M	M	Instalação de sinalização e proteção a partes quentes; plano de inspeção/ manutenção da unidade.	
Trabalho com produto químico		Coleta de amostra	Contato com	Utilização de EPI's	Treinamento do operador	E	III	NT	E	I	M	E	I	M	E	II	M	NT	Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção do sistema de amostragem; plano de resposta a emergência	
		Vazamento de conexões	Contato com	Utilização de EPI's	Treinamento do operador	E	III	NT	E	I	M	E	I	M	E	II	M	NT	Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção das conexões; plano de resposta a emergência	
Trabalho em área classificada		Rompimento da mangueira em PTFE	Contato com	Utilização de EPI's	Treinamento do operador	E	III	NT	E	I	M	E	I	M	E	II	M	NT	Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção da mangueira em PTFE; plano de resposta a emergência.	
		Concentração de vapores de gases do processo	Incêndio	Sistema de exaustão de gases	Parada automática da unidade, extintores e saídas de emergências.	D	III	M	D	IV	NT	D	III	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/ manutenção da unidade; plano de resposta a emergência	
		Concentração de vapores de gases do processo	Explosão	Sistema de exaustão de gases	Parada automática da unidade, saídas de emergências	D	IV	NT	D	IV	NT	D	III	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de coleta; plano de inspeção/ manutenção da unidade; plano de resposta a emergência	

Quadro 2 - Análise preliminar de risco do subsistema micro-ondas

EMPRESA: ITP/NUESC		Sistema: Desestabilização de Emulsões de Petróleo		Subsistema: Micro-ondas		APR - ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO		Equipamentos: Micro-ondas; Reator, Válvula, Termopares, Reguladora de Pressão, tubulações e Tanque de Separação.																	
Descrição do processo ou atividade		Equipe: LINHARES, THEOBALD		APR Nº 02		Local: NUESC		Data: 29/10/2012																	
				Folha: 01																					
Perigo	Risco	Causas	2	Efeito	Detec. Existentes	Salvag. Existentes	AVALIAÇÃO DO RISCO												Cat. Risco	Medidas Preventivas Mitigadoras	Responsável				
							PESSOAL			INSTALAÇÃO			MEIO AMBIENT.			IMAGEM									
Trabalho em Sistema Pressurizado	Liberação/vazamento de subst. tóxica	Tanque de separação cheio, vazamento do reator e conexões.	2	Contaminação Ambiental	Visual	Não há	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	M	Instalação de nível no tanque de separação e sistema de contenção; plano de inspeção/manutenção do tanque de separação, reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança		
							F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R			F	S
		Coleta de amostra, vazamento do reator e conexões.	2	Contato com	2	Utilização de EPI's	Lavador de corpo e olhos.	D III	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	M	Instalação de sistema de coleta; plano de inspeção/manutenção do sistema de amostragem, do reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
									F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R		
Liberação/vazamento de substância inflamável	Vazamento do reator e conexões	2	Incêndio	Visual	Parada automática da unidade, extintores e saídas de emergências.	D III	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/manutenção do reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança		
							F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R			F	S
Despressurizaçã súbita	Falha na válvula reguladora de pressão	2	Explosão	Visual	Parada automática da unidade, saídas de emergências.	D IV	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/manutenção do reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança		
							F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R			F	S
Pressurização súbita	Falha na válvula reguladora de pressão e/ou elevação da temperatura	2	Impacto contra	Visual e alarme no painel de controle	Pressostato, termopares e parada da unidade.	D IV	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	NT	Instalação de sistema automático de controle de pressão; plano de inspeção/manutenção da válvula; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança		
							F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R			F	S

Legenda: F – Frequência; S – Severidade; R – Risco.

Quadro 2 - Análise preliminar de risco do subsistema micro-ondas - Continuação

EMPRESA: ITP/NUESC		Sistema: Desestabilização de Emulsões de Petróleo		Subsistema: Micro-ondas		Equipamento: Micro-ondas; Reator; Válvula, Termopares, Reguladora de Pressão, tubulações e Tanque de Separação.																		
Descrição do processo ou atividade		Equipamento		Local: NUESC		Data: 29/10/2012																		
Folha: 01		Folha: 01		Folha: 01		Folha: 01																		
Perigo	Risco	Causas	2	Efeito	Detec. Existentes	Salvag. Existentes	AVALIAÇÃO DO RISCO												Cat. Risco	Medidas Preventivas Mitigadoras	Responsável			
							PESSOAL			INSTALAÇÃO			MEIO AMBIENT.			IMAGEM								
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
								F	S	R	F	S	R	F	S	R	F	S	R					
Trabalho com Eletricidade	Intervenção em sistema energizado	Manutenção da unidade energizada	Choque elétrico	Choque elétrico	Atuação do disjuntor	Aterramento	E	III	NT	E	I	M	E	I	M	E	I	M	E	II	M	NT	Treinamento do operador; plano de resposta a emergência	Gerência de Operação / Gerência de Segurança
	Energização indevida / não intencional	Cabos de alimentação danificados	Curto circuito	Curto circuito	Atuação do disjuntor	Não há	E	II	M	E	III	NT	E	II	M	E	II	M	E	II	M	NT	Plano de inspeção/ manutenção dos cabos de alimentação; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
Trabalho com liberação intencional de substância perigosa	Formação de atmosfera explosiva	Perda do filme de proteção interna do micro-ondas.	Incêndio	Incêndio	Sistema de exaustão de gases, utilização de EPI's	Extintores e saídas de emergência	D	III	M	D	IV	NT	D	II	M	D	II	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/ manutenção do micro-ondas; plano de resposta a emergência.	Gerência de Operação / Gerência de Segurança
	Formação de atmosfera de risco	Perda do filme de proteção interna do micro-ondas.	Explosão	Explosão	Dispositivo de segurança da porta do micro-ondas	Saídas de emergência	D	IV	NT	D	IV	NT	D	II	M	D	II	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção do micro-ondas; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
Perda de controle da liberação	Formação de atmosfera de risco	Concentração de vapores de gases do processo	Contaminação ambiental	Contaminação ambiental	Sistema de exaustão de gases, utilização de EPI's	Saídas de emergência	D	III	M	D	III	M	D	IV	NT	D	II	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção do sistema de exaustão de gases; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
	Perda de controle da liberação	Vazamento no tanque de separação	Incêndio	Incêndio	Visual	Saídas de emergência	D	III	M	D	IV	NT	D	III	M	D	II	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/ manutenção do tanque de separação; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
		Falha na válvula reguladora de pressão	Explosão	Explosão	Visual e alarme no painel de controle	Não há	D	III	M	D	IV	NT	D	III	M	D	II	M	D	II	M	NT	Instalação de sistema de coleta; plano de inspeção/ manutenção da válvula; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança

Legenda: F – Frequência; S – Severidade; R – Risco.

Quadro 2 - Análise preliminar de risco do subsistema micro-ondas - Continuação

EMPRESA: ITP/NUESC		Sistema: Desestabilização de Emulsões de Petróleo		Subsistema: Micro-ondas		APR - ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO																							
Descrição do processo ou atividade A emulsão sofre irradiação de micro-ondas, aquecendo a mesma e favorecendo a separação em duas fases (água e óleo). Através de uma mangueira na saída do reator após a válvula reguladora de pressão, os fluidos são armazenados em um tanque para sedimentação e posterior separação da água.				Equipamentos: Micro-ondas, Reator, Válvula, Termopares, Reguladora de Pressão, Tubulações e Tanque de Separação.		APR Nº 02																							
				Local: NUESC		Data: 29/10/2012											Folha: 01												
Perigo	1 Risco	Causas	2 Efeito	Detec. Existentes Prevenção	Salvag. Existentes Mitigação	AVALIAÇÃO DO RISCO												Cat. Risco	Medidas Preventivas (Mitigadoras)	Responsável									
						PESSOAL			INSTALAÇÃO			MEIO AMBIENT.			IMAGEM														
						1	2	R	F	S	1	2	R	F	S	1	2	R	F	S	1	2	R	F	S				
Trabalho com Sist. Em alta temperatura	Liberação de substância quente	Vazamento no tanque de separação, no reator e conexões.	Contaminação ambiental	Visual	Não há	D	III	M	D	III	M	D	IV	M	D	NT	D	II	M								Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção do tanque de separação, reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
		Vazamento no tanque de separação, no reator e conexões.	Contato com	Utilização de EPI's	Lavador de corpo e olhos	D	III	M	D	I	T	D	III	M	D	III	M	D	II	M								Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção do tanque de separação, do reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
		Vazamento no tanque de separação, no reator e conexões.	Contato com	Utilização de EPI's	Lavador de corpo e olhos	D	III	M	D	I	T	D	III	M	D	III	M	D	II	M								Instalação de sistema de contenção; plano de inspeção/ manutenção do tanque de separação, do reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança
Trabalho c/ produto químico	Acesso a partes quentes	Falta de proteção/ sinalização	Contato em	Utilização de EPI's	Não há	D	III	M	D	I	T	D	I	T	D	I	T	D	II	M							Instalação de sinalização e proteção a partes quentes; plano de inspeção/ manutenção da unidade.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
		Coleta de amostra, vazamento no reator e conexões.	Contato com	Utilização de EPI's	Não há	E	III	NT	E	I	M	E	I	M	E	I	M	E	II	M							Plano de inspeção/ manutenção do sistema de amostragem, do reator e conexões; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
Trabalho em área classificada	Presença atmosférica explosiva	Concentração de vapores de gases do processo.	Incêndio	Sistema de exaustão de gases	Parada automática da unidade, extintores e saídas de emergências.	D	III	M	D	IV	NT	D	III	M	D	III	M	D	II	M							Instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio; plano de inspeção/ manutenção do sistema de exaustão; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	
		Concentração de vapores de gases do processo	Explosão	Sistema de exaustão de gases	Parada automática da unidade, saídas de emergências.	D	IV	NT	D	IV	NT	D	III	M	D	III	M	D	II	M							Instalação de sistema de coleta; plano de inspeção/ manutenção do sistema de exaustão; plano de resposta a emergência.	Gerência de Manutenção / Gerência de Segurança	

Legenda: F – Frequência; S – Severidade; R – Risco.

Quadro 3: Análise de HAZOP do Nó 1.

EMPRESA: ITP		HAZOP - HAZARDS AND OPERABILITY STUDIES				SISTEMA: Desestabilização de Emulsões de Petróleo		SUBSISTEMA: Reservatório de Emulsões - Entrada do Micro-ondas			
NÓ	PARÂMETRO	PALAVRA GUIA	DESCRIÇÃO DO NÓ: Entrada do micro-ondas após a válvula V2		DETEÇÃO EXISTENTE	2 CONSEQUÊNCIAS INDESEJÁVEL (EVENTO)	AVALIAÇÃO RISCO			RECOMENDAÇÕES	RESPONSÁVEL
			1 DESVIO	CAUSAS			1 F	2 S	5 RISCO		
1	Vazão de Entrada	Não	Bomba desligada ou quebrada	Visual ou no painel de controle	Parada da unidade	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção da bomba	Gerência de Manutenção	
			Válvula V1 fora de posição	Visual	Descarte da Emulsão	D	III	M	Automação do posicionamento da válvula V1	Gerência de Manutenção	
		Menor	Válvula V2 fora de posição	Visual	Parada da unidade	D	III	M	Automação do posicionamento da válvula V2	Gerência de Manutenção	
			Viscosidade elevada da emulsão	Não há	Quebra da bomba	D	IV	NT	Gerar relatório de viscosidade das emulsões antes do processamento	Gerência de Operações	
		Maior	Rotação da bomba baixa	Visual	Redução na alimentação do reator	D	III	M	Automação da rotação da bomba	Gerência de Manutenção	
			Viscosidade baixa da emulsão	Não há	Redução na eficiência de separação	E	III	NT	Gerar relatório de viscosidade das emulsões antes do processamento	Gerência de Operações	
	Pressão	Menor	Rotação da bomba elevada	Visual	Redução na eficiência de separação	E	III	NT	Automação da rotação da bomba	Gerência de Manutenção	
			Falha na bomba de alimentação	Pressostato	Parada da unidade	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção da bomba	Gerência de Manutenção	
		Maior	Obstrução da válvula V2	Pressostato	Explosão	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção da Válvula	Gerência de Manutenção	
			Válvula V2 fora de posição	Pressostato	Explosão	D	III	M	Automação do posicionamento da válvula V2	Gerência de Manutenção	
		Menor	Obstrução da válvula V2	Pressostato	Explosão	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção da Válvula	Gerência de Manutenção	
			Reservatório de emulsão vazio	Não há	Parada da unidade	D	III	M	Instalação de sensor de nível mínimo no reservatório	Gerência de Manutenção	
Viscosidade	Maior	Transbordamento do reservatório de emulsão	Não há	Contaminação ambiental	D	IV	NT	Instalação de sensor de nível máximo no reservatório	Gerência de Manutenção		
		Característica do óleo	Não há	Emulsão escora rapidamente pelo processo	D	III	M	Gerar relatório de viscosidade das emulsões antes do processamento	Gerência de Operações		
		Maior	Viscosidade mais alta	Não há	Dificuldade no escoamento para alimentação da unidade	D	III	M	Gerar relatório de viscosidade das emulsões antes do processamento	Gerência de Operações	

Quadro 4: Análise de HAZOP do nó 2

EMPRESA: ITP		HAZOP - HAZARDS AND OPERABILITY STUDIES									
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:		SUBSISTEMA: Micro-ondas - Entrada do Separador									
NÓ	PARÂMETRO	PALAVRA-GUIA	1 DESVIO	DESCRIÇÃO DO NÓ: Entrada do tanque de separação	DETECÇÃO EXISTENTE	2 CONSEQUÊNCIAS (EVENTO INDESEJÁVEL)	AVALIAÇÃO RISCO			RECOMENDAÇÕES	RESPONSÁVEL
							1 F	2 S	CATEG. RISCO		
2	Vazão de Entrada	Menor	Sem vazão	Obstrução na entrada do reator.	Visual	Parada da unidade	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do reator	Gerência de Manutenção
					Visual	Parada da unidade	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do reator	Gerência de Manutenção
					Visual	Parada da unidade	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção da válvula, Automação do posicionamento da válvula reguladora de pressão.	Gerência de Manutenção
					Visual	Vazamento de conexões e tubulações	D	IV	NT	Plano de inspeção/ manutenção de conexões e tubulações; instalação de sistema de contenção.	Gerência de Manutenção
					Visual	Vazamento no reator	D	IV	NT	Plano de inspeção/ manutenção do reator; Instalação de sistema de contenção.	Gerência de Manutenção
					Visual	Válvula reguladora de pressão danificada	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção da válvula de pressão.	Gerência de Manutenção
					Visual	Válvula reguladora de pressão totalmente aberta	D	III	M	Automação da válvula reguladora de pressão	Gerência de Manutenção
					Pressostato	Válvula reguladora de pressão totalmente aberta	D	III	M	Automação do posicionamento da válvula reguladora de pressão	Gerência de Manutenção
					Pressostato	Vazamento no reator	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do reator	Gerência de Manutenção
					Pressostato	Válvula reguladora de pressão fechada	D	IV	NT	Automação do posicionamento da válvula reguladora de pressão	Gerência de Manutenção
Temperatura	Menor	Temperatura mais baixa	Obstrução do reator	Pressostato	Explosão	D	IV	NT	Plano de inspeção/ manutenção do reator	Gerência de Manutenção	
				Pressostato	Explosão	D	IV	NT	Plano de inspeção/ manutenção do reator	Gerência de Manutenção	
				Termopares	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção dos termopares	Gerência de Manutenção	
				Termopares	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do micro-ondas.	Gerência de Manutenção	
				Termopares	Descontrole do processo	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção dos termopares	Gerência de Manutenção	
				Termopares	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do micro-ondas.	Gerência de Manutenção	
				Visual	Contaminação ambiental	D	IV	NT	Plano de inspeção/ manutenção do tanque de separação; instalação de sistema de separação.	Gerência de Manutenção	
				Visual	Contaminação ambiental	D	IV	NT	Instalação de sensor de nível máximo no tanque de separação; instalação de sistema de contenção.	Gerência de Manutenção	
				Panel de controle	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do micro-ondas.	Gerência de Manutenção	
				Análise de eficiência de separação	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	Plano de inspeção/ manutenção do micro-ondas.	Gerência de Manutenção	

Legenda: F – Frequência; S – Severidade.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)

A análise preliminar de risco do subsistema reservatório de emulsões é mostrado no Quadro 1.

A análise preliminar de risco do subsistema micro-ondas é mostrado no Quadro 2.

Pode-se observar nos Quadros 1 e 2 que após avaliação dos riscos, a categoria de risco identificada foi estabelecida entre moderado e não tolerável, sendo necessários controles adicionais e métodos alternativos para reduzir a probabilidade de ocorrência ou a severidade das consequências, de forma a trazer os riscos para regiões de menor magnitude de riscos. Sendo necessárias ações para que grande parte destes riscos seja evitada como: instalação de sistema de contenção, plano de inspeção/ manutenção da unidade, plano de resposta à emergência, instalação de sistema de alarme e de combate a incêndio, etc.

5.2 ESTUDO DE PERIGOS E OPERABILIDADE (HAZOP)

A análise de HAZOP do Nó 1 é mostrado no Quadro 3.

A análise de HAZOP do Nó 2 é mostrado no Quadro 4.

A partir da análise dos resultados do HAZOP, pode-se observar nos Quadros 3 e 4 que semelhante a análise de APR, que após avaliação dos riscos, a categoria de risco identificada foi estabelecida entre moderado e não tolerável, e que grande parte dos riscos associados a planta piloto é gerada pela falta de manutenção dos equipamentos, conexões e linhas de tubulação; erro de posicionamento de válvulas por parte do operador; e da falta de automação da planta.

Como principais ações estão: plano de inspeção/ manutenção periódica dos equipamentos da planta piloto, automação da planta piloto, instalação de medidores de nível e sistema de contenção, etc.

De maneira geral, os resultados obtidos pelas técnicas qualitativas APR e HAZOP convergem para as mesmas ações requeridas para que os riscos associados à planta piloto sejam minimizados para implantação em escala industrial.

6 CONCLUSÕES

Na planta piloto de desestabilização de emulsões de petróleo via micro-ondas, o principal objetivo é o desenvolvimento de estudos em escala de laboratório para implantação em escala industrial.

O resultado do estudo aponta para a necessidade de implementação de um conjunto de medidas preventivas e/ou mitigadoras, não só para minimizar o risco às pessoas e meio ambiente presentes na operação da planta piloto, mas também quando da implantação desta unidade em escala industrial. Ressalta-se, ainda, que para os riscos categorizados como Não Toleráveis, as medidas preventivas e/ou mitigadoras propostas devem ser implementadas e, após isto, uma reanálise dos riscos deverá ser realizada para a confirmação houve alteração da categoria de Frequência ou Severidade ou ambas, de forma a mover a categoria do risco para, no mínimo, Tolerável.

Os resultados deste estudo servem, também, como oportunidade para o treinamento inicial de operadores que poderão atuar em escala industrial, para um melhor entendimento dos pontos críticos do processo. Promovendo, desta forma, uma maior interação entre a academia e a indústria.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. **NBR6023**: informação e documentação: elaboração: referências. Rio de Janeiro, 2002.

ABNT. **NBR6024**: Informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. **BR6028**: resumos. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT. **NBR10520**: informação e documentação: citação em documentos. Rio de Janeiro, 2002.

ALMEIDA, E. P.; FERREIRA, M. L. R. Técnicas de análise de risco aplicadas à planejamento e programação de projetos da construção civil. In: **IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Niterói, RJ, 2008. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg4/anais/T7_0012_0178.pdf>. Acesso em: 25 out. 2012.

BANK, W. Hazard and operability studies (HAZOP). In: **Manual of industrial hazard assessment techniques**, capítulo 7. London: P. J. Kayes, 1985.

BARBOSA FILHO, A. N. Segurança do trabalho & gestão ambiental. In: **Conhecimentos de Gestão**, 4. ed., capítulo 3. São Paulo: Atlas, 2011.

CARDELLA, B. Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística. In: **Técnicas de Análise de Riscos**, capítulo 7. São Paulo: Atlas, 2011.

CETESB. **Norma Técnica P4.261** – Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos. São Paulo, 2003.

CROWL, D. A.; LOUVAR, J.F. Chemical process safety: fundamentals with applications. In: **Hazards Identification**, 2 ed., capítulo 10. New Jersey: Prentice Hall PTR, 2001

COUTINHO, R.C.C., **Estudo da Estabilidade de Emulsões de Água em Petróleo**, Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

ESTEVES, A.S. **Gerenciamento de riscos de processo em plantas de petroquímicos básicos** – uma proposta de metodologia estruturada. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

FANG, C. S.; CHANG, B. K. L.; LAI, P. M. C.; KLAILA, W. J. **Microwave demulsification**. Chemical Engineering Communications, v. 73, n. 1, 1988, p. 227-239.

FANG, C. S.; LAI, P. M. C.; CHANG, B. K. L.; KLAILA, W. J. Oil recovery and wasre reduction by microwave radiation. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 8, n. 4, p. 235-238, 1989.

FORTUNY, M.; RAMOS, A. L. D.; DARIVA, C.; EGUES, S. M. S.; SANTOS, A. F. Principais aplicações das micro-ondas na produção e refino do petróleo. **Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1553-1561, 2008

OLIVEIRA, M. P.; QUALHARINI, E. Gestão de Riscos na Operação de plataformas de petróleo. In: **V Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Niterói, RJ, 2009. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents/cneg5/anais/T8_0152_0630.pdf>. Acesso em: 25 out. 2012.

SJÖBLOM, J., ASKE, N., AUFLEM, I. H., BRANDAL, Ø., HAVRE, T.E., SAETHER, Ø., WESTVIK, A., JOHNSEN, E.E., KALLEVIK, H., **Our current understanding of water-in-crude oil emulsions**. Recent characterization techniques and high pressure performance, *Adv. Colloid Interf. Sci.*, v.100-102, p. 399-473, 2003.

SMITH, H.V., ARNOLD, K.E., Crude Oil Emulsions. In: **Petroleum Engineering Handbook**, Ed. H.B. Bradley, 3rd Ed., Society of Petroleum Engineers: Richardson, Cap. 19, 1992.

THEOBALD, R.; LIMA, G. B. A. A excelência em gestão de SMS: uma abordagem orientada para os fatores humanos. **Sistemas & Gestão**, v. 2, n. 1, 2007, p. 50-64.

WOLF, N.O. **Use of microwave radiation in separating emulsions and dispersions of hydrocarbons and water**. US Patent, 4582629, 1986.

XIA, L; LU, S.; CAO, G. Stability and demulsification of emulsions stabilized by asphaltenes or resins. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 271, 2004, p. 504-506.

Recebido em: 23 de janeiro de 2013
Avaliado em: 15 de fevereiro de 2013
Aceito em: 19 de fevereiro de 2013
