

ESTUDO DE PERIGOS E OPERABILIDADE (HAZOP) EM UMA PLANTA PILOTO DE DESESTABILIZAÇÃO DE EMULSÕES DE PETRÓLEO VIA MICRO-ONDAS

Wilson Linhares dos Santos (UNIT)

wilson.linhares@yahoo.com.br

Roberto Theobald (UNIT)

theobald@infonet.com.br



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 foi utilizada a técnica de análise de riscos qualitativa 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, HAZOP, segurança operacional.

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 da 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 várias, 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 foi utilizada a técnica qualitativa de análise de riscos HAZOP, 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. 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 à 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 as palavras guias, verificando quais os desvios que são possíveis de ocorrer no nó:

- Desvios → Causas → Detecções existentes
 - Causas → Consequências → Recomendações

As Tabelas 1 e 2 apresentam palavras guias e desvios de parâmetros de processo respectivamente.

Tabela 1 – 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: Adaptado de Crowl e Louvar (2001)

Tabela 2 – Parâmetros de processo combinados com palavras guias

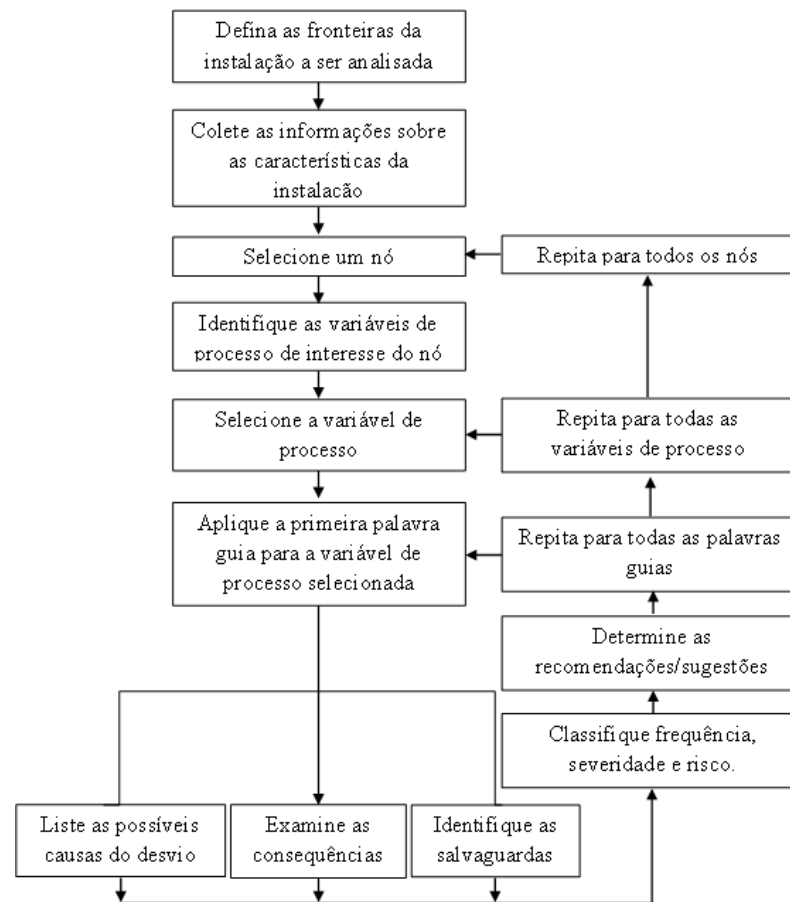
Parâmetros	Palavras guias	Desvios
Fluxo ou vazão	Não	Sem fluxo
	Maior	Mais fluxo
	Menor	Menos fluxo
	Tanto quanto	Concentração maior
	Parte de	Concentração errada
	Reverso	Fluxo reverso
	Em vez de	Fluxo errado
Tempo	Não	Faltou a ação

	Menor	Demorado ou atrasado
	Maior	Cedo demais ou curto demais
	Parte de	Passo para trás
	Tanto quanto	Ação extra
	Reverso	Volta à ação anterior
	Em vez de	Tempo errado
Pressão	Menor	Pressão mais baixa
	Maior	Pressão mais alta
Temperatura	Menor	Temperatura mais baixa
	Maior	Temperatura mais alta
Nível	Menor	Nível mais baixo
	Maior	Nível mais alto
Viscosidade	Menor	Viscosidade mais baixa
	Maior	Viscosidade mais alta
Reação	Não	Nenhuma reação
	Menor	Reação incompleta
	Maior	Reação descontrolada
	Tanto quanto	Reação secundária
	Reverso	Reação reversa

Fonte: Adaptado de Crowl e Louvar (2001)

A Figura 1 ilustra o diagrama do método de análise do HAZOP.

Figura 1 – Diagrama do método de análise do HAZOP



Fonte: Adaptado de Lihou (2004)

3. 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 desestabilização de emulsões de petróleo com o objetivo de separar água/óleo.

Nesta 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 fluído para o interior do reator localizado na cavidade interna do forno de micro-ondas.

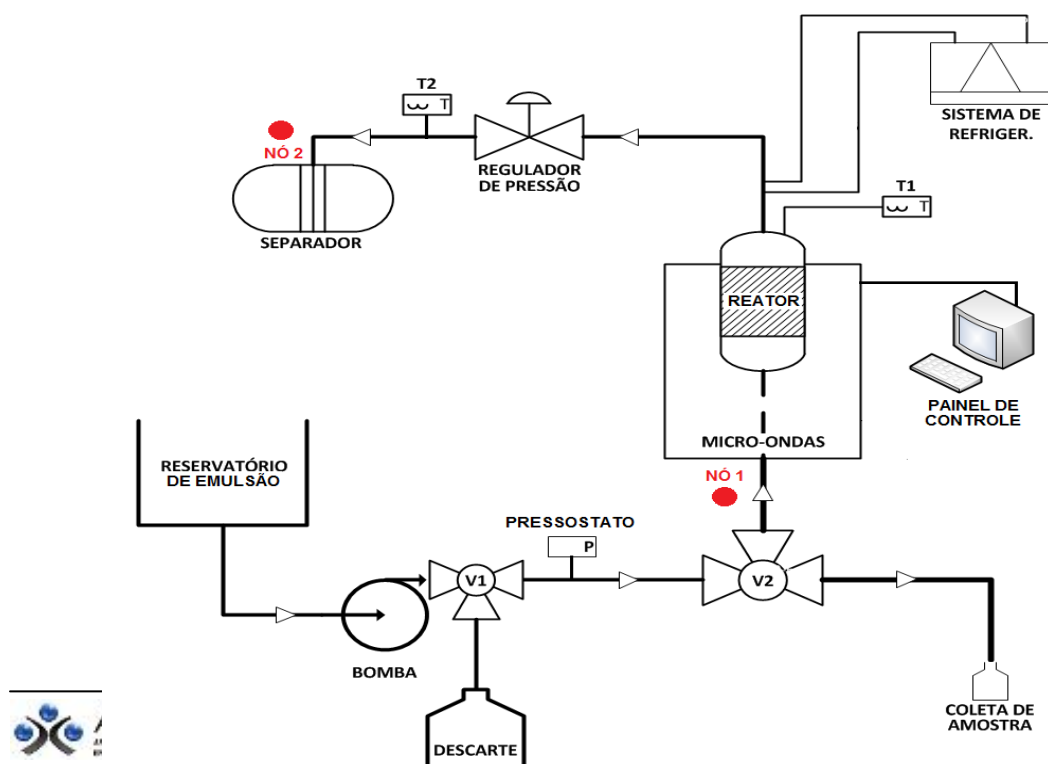
A quebra da emulsão, ou seja, o processo de separação água/óleo consiste no bombeamento contínuo da emulsão para cavidade interna do reator acoplado a um forno de micro-ondas. A emulsão sofre irradiação de micro-ondas, aquecendo a mesma e favorecendo a separação em duas fases (água e óleo). Através de 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

Para aplicação da técnica de Análise de Perigos e Operabilidade (HAZOP), na Planta Piloto do Núcleo de Estudos em Sistemas Coloidais – NUESC seguiram-se estritamente as etapas definidas na técnica com a divisão do sistema em subsistemas e identificadas 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 – Esquema representativo dos nós da planta piloto abordados no HAZOP



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.

5. Resultados

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

Quadro 1 – Análise de HAZOP do Nó 1

EMPRESA: ITP			HAZOP - HAZARDS AND OPERABILITY						
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:			SISTEMA: Desestabilização de Emulsões de Petróleo				SUBSISTEMA: do Micro-ondas		
			DESCRIÇÃO DO NÓ: Entrada do micro-ondas após a válvula V2				EQUIPE: LINHARES, THEOBALD		
NÓ	PARÂMETRO	PALAVRA GUIA	1	CAUSAS	DETECÇÃO EXISTENTE	2	AVALIAÇÃO RISCO		
			DESVIO			CONSEQUÊNCIAS (EVENTO INDESEJÁVEL)	1	2	CATEGORIA RISCO
							F	S	O
1	Vazão de Entrada	Não	Sem vazão	Bomba desligada ou quebrada	Visual ou no painel de controle	Parada da unidade	D	III	M
				Válvula V1 fora de posição	Visual	Descarte da Emulsão	D	III	M
				Válvula V2 fora de posição	Visual	Parada da unidade	D	III	M
		Menor	Menos fluxo	Viscosidade elevada da emulsão	Não há	Quebra da bomba	D	IV	NT
				Rotação da bomba baixa	Visual	Redução na alimentação do reator	D	III	M
		Maior	Mais fluxo	Viscosidade baixa da emulsão	Não há	Redução na eficiência de separação	E	III	NT
	Rotação da bomba elevada			Visual	Redução na eficiência de separação	E	III	NT	
	Pressão	Menor	Pressão mais baixa	Falha na bomba de alimentação	Pressostato	Parada da unidade	D	III	M
				Obstrução da válvula V2	Pressostato	Explosão	D	III	M
		Maior	Pressão	Válvula V2	Pressostato	Explosão	D	III	M

			mais alta	fora de posição	Pressostato	Explosão	D	III	M
				Obstrução da válvula V2					
Nível		Menor	Nível mais baixo	Reservatório de emulsão vazio	Não há	Parada da unidade	D	III	M
		Maior	Nível mais alto	Transbordo do reservatório de emulsão	Não há	Contaminação ambiental	D	IV	NT
Viscosidade		Menor	Viscosidade e mais baixa	Característica do óleo	Não há	Emulsão escoada rapidamente pelo processo	D	III	M
		Maior	Viscosidade e mais alta	Característica do óleo	Não há	Dificuldade no escoamento para alimentação da unidade	D	III	M

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

Quadro 2 – Análise de HAZOP do nó 2

EMPRESA: ITP			HAZOP - HAZARDS AND OPERABILITY						
DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:			SISTEMA: Desestabilização de Emulsões de Petróleo				SUBSISTEMA:		
			DESCRIÇÃO DO NÓ: Entrada do tanque de separação				EQUIPE: LINHARES, THEOBALD		
NÓ	PARÂMETRO	PALAVRA GUIA	1	CAUSAS	DETECÇÃO EXISTENTE	2	AVALIAÇÃO RISCO		
			DESVIO			CONSEQUÊNCIAS (EVENTO INDESEJÁVEL)	1 F	2 S	CATEG. RISCO
2	Vazão de Entrada	Não	Sem vazão	Obstrução na entrada do reator	Visual	Parada da unidade	D	III	M
				Obstrução na saída do reator	Visual	Parada da unidade	D	III	M
				Obstrução na válvula	Visual	Parada da unidade	D	III	M

				reguladora de pressão					
	Menor	Menos fluxo	Vazamento de conexões e tubulações	Visual	Contaminação ambiental	D	IV	NT	
			Vazamento no reator	Visual	Contaminação ambiental	D	IV	NT	
	Maior	Mais fluxo	Válvula reguladora de pressão danificada	Visual	Redução na eficiência de separação	D	III	M	
			Válvula reguladora de pressão totalmente aberta	Visual	Redução na eficiência de separação	D	III	M	
Pressão	Menor	Pressão mais baixa	Válvula reguladora de pressão totalmente aberta	Pressostato	Redução na eficiência de separação	D	III	M	
			Vazamento no reator	Pressostato	Contaminação ambiental	D	III	M	
	Maior	Pressão mais alta	Válvula reguladora de pressão fechada	Pressostato	Explosão	D	IV	NT	
			Obstrução do reator	Pressostato	Explosão	D	IV	NT	
Temperatura	Menor	Temperatura mais baixa	Falha nos sensores de temperatura	Termopares	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	
			Falha no sistema de irradiação de micro-ondas	Termopares	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	
	Maior	Temperatura mais alta	Falha nos sensores de temperatura	Termopares	Descontrole do processo	D	III	M	

				Falha no sistema de irradiação de micro-ondas	Termopares	Ineficiência no processo de separação	D	III	M
Nível	Menor	Nível mais baixo	Vazamento no tanque de separação	Visual	Contaminação ambiental	D	IV	NT	
	Maior	Nível mais alto	Transbordo do tanque de separação	Visual	Contaminação ambiental	D	IV	NT	
Reação	Não	Nenhuma reação	Micro-ondas parado	Painel de controle	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	
	Menor	Reação incompleta	Falha no sistema de irradiação de micro-ondas	Análise de eficiência de separação	Ineficiência no processo de separação	D	III	M	

Legenda: F – Frequência; S – Severidade.

A partir da análise dos resultados do HAZOP, 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, 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 pela técnica qualitativa HAZOP convergem para as 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 se 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. 5 p.

_____. **NBR6023**: informação e documentação: elaboração: referências. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

_____. **NBR6024**: Informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento. Rio de Janeiro, 2003. 3 p.

_____. **NBR6028**: resumos. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

_____. **NBR10520**: informação e documentação: citação em documentos. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.

ABNT. **NBR 6022**: informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa: apresentação. Rio de Janeiro, 2003. 5 p.

_____. **NBR6023**: informação e documentação: elaboração: referências. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

_____. **NBR6024**: Informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento. Rio de Janeiro, 2003. 3 p.

_____. **NBR6028**: resumos. Rio de Janeiro, 2003. 2 p.

_____. **NBR10520**: informação e documentação: citação em documentos. Rio de Janeiro, 2002. 7 p.

ALMEIDA, Eliézer Pedrosa; FERREIRA, Miguel Luis Ribeiro. **Técnicas de análise de risco aplicadas à planeamento 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, World. **Hazard and operability studies (HAZOP)**. In: Manual of industrial hazard assessment techniques, 1 ed., capítulo 7, London: Editora P. J. Kayes, 1985.

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

CARDELLA, Benedito. **Segurança no trabalho e prevenção de acidentes: uma abordagem holística**. In: Técnicas de Análise de Riscos, 1 ed., 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, Daniel A.; LOUVAR, Joseph F. **Chemical process safety: fundamentals with applications**. In: Hazards Identification, 2 ed., capítulo 10, p. 449, New Jersey, Prentice Hall PTR, 2001

COUTINHO, Raquel Campos Cauby. **Estudo da Estabilidade de Emulsões de Água em Petróleo**, Dissertação de Mestrado, UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2005.

ESTEVES, Alan da Silva. **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, Bruce K. L.; LAI, Peter M. C.; KLAILA, W. J. **Microwave demulsification**. Chemical Engineering Communications, v. 73, n. 1, p. 227-239, 1988.

FANG, C. S.; LAI, Peter M. C.; CHANG, Bruce 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, Montserrat; RAMOS, André Luis Dantas; DARIVA, Cláudio; EGUES, Silvia Maria da Silva; SANTOS, Alexandre Ferreira. **Principais aplicações das microondas na produção e refino do petróleo**. Química Nova, v. 31, n. 6, p. 1553-1561, 2008

LIHOU, Mike. **HAZARD & OPERABILITY STUDIES**, 2004. Disponível em: <<http://www.lihoutech.com/hzp1frm.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2013.

OLIVEIRA, Maurício de Paula; QUALHARINI, Eduardo. **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, Johan; ASKE, Narve; AUFLEM, Inge Harald; BRANDAL, Øystein; HAVRE, Trond Erik; SAETHER, Øystein; WESTVIK, Arild; JOHNSEN, Einar Eng; KALLEVIK, Harald. **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.Vernon; ARNOLD, Kenneth E. **Crude Oil Emulsions**. In: Petroleum Engineering Handbook, Ed. H.B. Bradley, 3rd Ed., Society of Petroleum Engineers: Richardson, Cap. 19, 1992.

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

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

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