



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

APLICAÇÃO DO MÉTODO HAZOP EM OPERAÇÕES DA CEPSA PORTUGUESA PETRÓLEOS S.A.

Nuno Nascimento Ciravegna da Fonseca

Orientador: Professor Doutor Fernando Gomes Martins (Professor Associado do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador da empresa: Dr. João Manuel Fernandes Leigo (Coordenador de Segurança da CEPSA Portuguesa Petróleos S.A.)

Arguente: Doutora Susana Patrícia Bastos de Sousa (INEGI)

Presidente do Júri: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Professor Associado do Departamento de Engenharia de Minas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2016



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654

 Telephone: +351 22 508 14 00

 Fax: +351 22 508 14 40

 URL: <http://www.fe.up.pt>

 Correio Eletrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Esta página é dedicada às pessoas merecedoras de toda a minha gratidão pelo seu contributo na minha vida e pela sua cooperação na realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador Professor Doutor Fernando Martins pela sua disponibilidade sempre demonstrada e acompanhamento durante a realização da Dissertação. Também fico grato pelo seu entusiasmo e encorajamento transmitidos durante as reuniões.

Agradeço ao Coordenador de Segurança da CEPSA, João Leigo, e ao Chefe de Operações da CEPSA, Pedro Ferreira da Silva, pela oportunidade dada em realizar a Dissertação em ambiente empresarial na CEPSA Portuguesa Petróleos S.A., permitindo concretizar um trabalho académico, tanto quanto se sabe, sem precedentes a nível das Dissertações de Mestrado na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Quero dar o meu agradecimento especial ao João Leigo pelas suas sugestões e conselhos que me foi dando ao longo do trabalho, pelo incentivo que me transmitiu nos momentos de maior dificuldade e pela sua compreensão para com as minhas limitações em realizar um trabalho deste género. Também quero agradecer ao José Carlos Cunha por toda a sua disponibilidade e paciência em explicar o funcionamento de alguns sistemas de segurança e operações analisadas.

Agradeço ao João Leigo, Pedro Ferreira da Silva, José Carlos Cunha, Tito Conrado e Abílio Martins pela disponibilidade em participar nas Sessões HAZOP e pela informação disponibilizada.

Fora do campo académico e profissional, quero agradecer aos meus pais pelo apoio incondicional e incentivo prestado ao longo da minha vida académica, à minha irmã Filipa e ao meu irmão Miguel. Para finalizar a esfera familiar, quero agradecer profundamente aos meus avós maternos e madrinha por todo o amor, dedicação e valores que me conseguiram transmitir, guardo-vos para sempre no meu coração.

Quero agradecer à minha querida namorada, Cristiana, por todo o carinho, paciência e apoio que me deu durante a realização deste percurso académico. Aos meus amigos de infância, Paulo, Daniel e Mariana por todos os inúmeros momentos de convívio. Ao meu amigo Alain, pelos fantásticos momentos vividos e pela sua ímpar visão que me transmitiu. Aos meus amigos do polo-aquático, onde incorporei um verdadeiro espírito de equipa. A todos os meus colegas de curso e professores com quem tive a oportunidade de conviver durante a realização do Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais.

RESUMO

Com a crescente complexidade das indústrias de processo, o recurso à utilização de metodologias que reforçam o nível de segurança dos processos nas instalações industriais torna-se cada vez mais fundamental, tendo como principal objetivo prevenir a ocorrência de acidentes e incidentes industriais. Neste sentido, foi desenvolvido o Método HAZOP que visa identificar, avaliar, controlar ou eliminar perigos e problemas de operacionalidade de processos, tornando-se uma metodologia bastante utilizada para avaliar e adequar a segurança dos processos deste tipo de indústrias.

Neste âmbito, o presente trabalho pretendeu aplicar o Método HAZOP numa operação de transferência interna de gasóleo de aquecimento, desde um tanque de maior capacidade para seis tanques de menor capacidade, na área de combustíveis e numa operação de abastecimento de um camião cisterna com betume, desde um tanque de armazenamento até a um braço de carga, na área de betumes da instalação da CEPSA.

Na concretização dos objetivos definidos, foi recolhida e analisada diversa documentação atualizada (planta da instalação, relatório de segurança da instalação, diagramas de tubulação e instrumentação, resultados do Estudos HAZOP anteriores, certificados de qualidade de produtos e informações técnicas de equipamentos e sistemas de controlo instalados) para obter o conhecimento necessário sobre as duas operações em estudo. De seguida, foi aplicado individualmente o Método HAZOP às duas operações selecionadas. Este estudo individual foi completo e melhorado com a participação de uma equipa técnica multidisciplinar com bastante experiência na Organização, através da realização de três sessões HAZOP.

Este estudo permitiu identificar novas situações de perigo e problemas de operacionalidade relativamente às duas operações analisadas, propondo-se medidas para os minimizar ou eliminar. Os resultados da aplicação do Método HAZOP revelaram que a falha humana é uma causa básica principal com bastante influência na geração de desvios significativos e que as ações de recomendação propostas pela equipa HAZOP visam reforçar os níveis de automação e controlo dos equipamentos e sistemas envolvidos nas duas operações. Para compreender melhor o nível de segurança industrial da Organização, foi realizada uma breve análise do historial de acidentes e incidentes industriais desde o ano de 1994, o que permitiu concluir a elevada robustez da segurança dos processos das operações realizadas na instalação.

A realização desta dissertação demonstrou que Método HAZOP é uma metodologia capaz de produzir soluções importantes para melhorar o nível de segurança de processo das instalações industriais.

Palavras- chave: HAZOP, CEPSA, Segurança, Processo.

ABSTRACT

Keeping up with the increasing complexity of the process industries, the use of several methodologies which enhance the safety level of the processes in industrial plants becomes increasingly essential, with the main purpose of preventing accidents and industrial incidents. In this sense, the HAZOP method was developed with the aim to identify, evaluate, control or eliminate hazards and problems of operational processes, making it a widely used methodology to assess and enhance the safety of the processes of this type of industries.

Considering this, this work sought to apply the HAZOP method in an internal transfer operation of heating diesel, from a larger capacity tank to six tanks of smaller capacity, in the fuel area and in a refueling operation of a truck with bitumen, from a storage tank to a loading arm, in a bitumen installation area that belongs to CEPSA.

In order to achieve the defined goals, many updated documentation (installation plant, the installation safety report, pipe and instrumentation diagrams, results of previous HAZOP studies, product quality certificates and some information about technical equipment and installed control systems) was collected and analyzed in order to obtain the needed knowledge about the two operations under study. Thereafter, the HAZOP method was individually applied to the two previous selected operations. This individual study was completed and improved with the involvement of a multidisciplinary technical team with extensive experience in the Organization, through the implementation of three HAZOP meetings.

This study allowed to identify new hazard scenarios and operability problems for the two analyzed operations and to propose measures to minimize or eliminate them. The outcome of the application of HAZOP method revealed that human error is a major underlying cause with considerable influence in the creation of significant deviations and that the recommendations proposed by the HAZOP team aim to enhance the levels of automation and control of the equipment and systems involved in both operations. To better understand the industrial safety level of the Organization, a brief analysis of the history of industrial accidents and incidents since 1994 was done, which allowed to conclude the high strength of the safety of the operations processes at the facility.

This work showed that HAZOP method is a methodology capable of producing important solutions to improve the process safety level of industrial plants.

Keywords: HAZOP, CEPSA, Safety, Process.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	3
1.1. Importância da segurança e saúde ocupacionais	3
1.2. Âmbito, justificação e finalidade do estudo	4
2. ESTADO DE ARTE	7
2.1. Enquadramento	7
2.1.1. Acidentes de trabalho na União Europeia	7
2.1.2. Acidentes de trabalho nos Estados Unidos da América	8
2.1.3. Acidentes industriais graves e a evolução da Diretiva SEVESO	8
2.1.4. Caracterização da atividade petrolífera em Portugal.....	11
2.1.5. Caracterização da Organização	13
2.2. Regulamentação da segurança e saúde no trabalho em Portugal	14
2.3. Desafios da implementação de segurança de processos em indústrias de processo.....	16
2.4. Início do desenvolvimento do Método HAZOP.....	17
2.5. Método HAZOP	18
2.5.1. Objetivo.....	18
2.5.2. Procedimento.....	19
2.5.3. Aplicação.....	21
2.5.4. Dados necessários	21
2.5.5. Constituição da equipa HAZOP	22
2.5.6. Tempo e custo necessários	23
2.5.8. Vantagens e Desvantagens	24
2.6. Revisão sistemática	25
3. OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1. Objetivos da Dissertação	31
3.2. Materiais e Métodos	32
4. RESULTADOS	37
4.1. Descrição do estabelecimento	37
4.2. Descrição geral dos processos de combustíveis e betumes asfálticos	38
4.3. Equipamentos e sistemas de segurança que integram as duas operações selecionadas ...	40
4.4. Constituição da equipa HAZOP e dados necessários	42
4.5. Estudo HAZOP na operação da Área de combustíveis	43

4.5.1. Descrição da operação.....	43
4.5.2. Intenção da operação.....	44
4.5.3. Aplicação do Método HAZOP na operação da área de combustíveis.....	46
4.6. Estudo HAZOP na operação da área de betumes.....	52
4.6.1. Descrição da operação.....	52
4.6.2. Intenção da operação.....	53
4.6.3. Aplicação do Método HAZOP na operação da área de betumes	56
4.7. Breve análise dos acidentes e incidentes industriais ocorridos na instalação.....	63
5. DISCUSSÃO.....	65
5.1. Síntese dos resultados obtidos na aplicação do Método HAZOP	65
5.2. Reflexão crítica do trabalho realizado.....	67
6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	69
6.1. Conclusões	69
6.2. Perspetivas Futuras.....	70
7. BIBLIOGRAFIA.....	71
Legislação	73
ANEXO A – Artigos de ligação entre os diplomas jurídicos relativos à segurança e saúde do trabalho.....	A
ANEXO B – Folhas de Presença das Sessões HAZOP referente às duas operações analisadas ..	B

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Taxa de acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, na EU-15 (vermelho) e no Reino Unido (azul), e entre 1998 e 2012 (adaptado de Health and Safety Executive, 2015).	7
Figura 2 - Taxa de acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, nos EUA entre 2006 e 2014 (adaptado de U.S. Bureau of Labor Statistics, 2015).	8
Figura 3 - Consumo de petróleo, por setor, em Portugal desde 1973 até 2011 (adaptado) (International Energy Agency, 2014).	11
Figura 4 - Infraestruturas petrolíferas de Portugal (International Energy Agency, 2014).	12
Figura 5 - Torre CEPSA. ³	13
Figura 6 - Países onde a CEPSA está presente.	13
Figura 7 - IPIC Square em Abu Dhabi. ⁴	13
Figura 8 - Instalações de Matosinhos da CEPSA Portuguesa Petróleos S.A.. ³	13
Figura 9 - Esquema do objetivo da aplicação do Método HAZOP.	18
Figura 10 - Diagrama processual da inclusão de artigos da revisão sistemática.	26
Figura 11 - Diagrama processual do trabalho desenvolvido.	32
Figura 12 - Diagrama de fluxo para uma análise HAZOP (adaptado de Crawley e Tyler, 2015).	33
Figura 13 - Planta geral do estabelecimento.	37
Figura 14 - TK-362.	45
Figura 15 - TK-360, TK-360.1, TK-360.2.	45
Figura 16 - TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	45
Figura 17- P&ID D-111 “Gasóleos - Diagrama Operativo” personalizado com linha laranja que representa a operação em estudo.	46
Figura 18 - TK-352.	54
Figura 19 - TK-362, TK-363 e Ilha de enchimento de betumes.	54
Figura 20 - Carga de camião cisterna com betume na Ilha de enchimento.	54
Figura 21 - P&ID D-103 “Betumes – Diagrama Operativo” personalizado com linha laranja que representa a operação em estudo.	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Acidentes graves que influenciaram a evolução da Diretiva SEVESO (Health and Safety Executive, 2010).	10
Tabela 2 - Exemplos de possíveis parâmetros da operação do processo (Crawley e Tyler, 2015).	19
Tabela 3 - Palavras-guia e respetivos significados (Crawley e Tyler, 2015).	20
Tabela 4 - Exemplos de desvios, resultantes da combinação de parâmetros com palavras-guia (Crawley e Tyler, 2015).	20
Tabela 5 - Folha HAZOP.	21
Tabela 6 - Palavras-guias resultantes de erros humanos (Crawley e Tyler, 2015).	24
Tabela 7 - Vantagens da aplicação do Método HAZOP (Kotek e Tabas, 2012).	24
Tabela 8 - Desvantagens da aplicação do Método HAZOP (Kotek e Tabas, 2012).	25
Tabela 9 – Análise dos artigos selecionados na Revisão Sistemática.	27
Tabela 10 – Descrição das diferentes Seções do estabelecimento.	38
Tabela 11 - Lista dos elementos que participaram na Sessão HAZOP.	42
Tabela 12 - Documentação utilizada no Estudo HAZOP para as duas operações selecionadas.	43
Tabela 13 - Procedimento da Operação.	44
Tabela 14 - Propriedades físico-químicas do GO-AQ.	44
Tabela 15 - Operação de Estudo: Transferência interna de GO-AQ do TK-362 para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	47
Tabela 16 - Procedimento da Operação.	53
Tabela 17 - Propriedades físico-química do betume 50/70.	53
Tabela 18 - Aplicação do Método HAZOP no Nó de Estudo 1: Transferência de betume 50/70 desde o TK-352 até à bomba P-12C.	56
Tabela 19 - Aplicação do Método HAZOP no Nó de Estudo 2: Transferência de betume 50/70 desde a bomba P-12C até BC 7.	60
Tabela 20 - Ações de Recomendação propostas pela equipa HAZOP para a operação de transferência interna de GO-AQ do TK-362 para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	65
Tabela 21 - Desvios se Ações de Recomendação resultantes do Estudo HAZOP para a operação de transferência interna de GO-AQ do TK-362 para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	65
Tabela 22 - Ações de Recomendação propostas pela equipa HAZOP para a operação de abastecimento de camião cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 até ao BC 7.	66
Tabela 23 - Desvios e Ações de Recomendação resultantes do Estudo HAZOP para a operação de abastecimento de camião cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 até ao BC 7.	66
Tabela 24 - Ligações da Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro, com os diplomas jurídicos técnicos. ... A	
Tabela 25 - Ligações dos diplomas jurídicos técnicos com a Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro. A	

GLOSSÁRIO/ABREVIACÕES

APDL - Administração dos Portos do Douro e Leixões

BC - Braço de Carga

BLS - Bureau of Labor Statistics

CE - Comissão Europeia

EPA - Environmental Protection Agency

EUA - Estados Unidos da América

GO-AQ - Gasóleo de Aquecimento

HAZOP - Hazard and Operability Study

HSE - Health and Safety Executive

ICI - Imperial Chemical Industries

IPIC - International Petroleum Investment Company

OSHA - Occupational Safety and Health Administration

PIB - Produto Interno Bruto

P&ID - Diagramas de Tubulação e Instrumentação

SST - Segurança e Saúde do Trabalho

TPPL - Terminal Petroleiro do Porto de Leixões

UE - União Europeia

PARTE 1

1.INTRODUÇÃO

1.1. Importância da segurança e saúde ocupacionais

O aumento da consciência sobre a prioridade de prevenção de forma a tornar os locais de trabalho mais seguros tem reforçado a importância da segurança e saúde dos trabalhadores (International Labour Office, 2014). A segurança e saúde do trabalho (SST) é uma obrigação legal e social e representa um pilar fundamental para o sucesso de uma organização. Quando incorporada e aplicada devidamente numa organização são refletidos vários benefícios consideráveis, entre os quais se destacam: promoção de uma responsabilidade social, proteção e reforço da imagem de marca, aumento da produtividade, reforço do compromisso dos trabalhadores com a empresa, criação mão-de-obra mais competente e saudável e incentivo dos trabalhadores a permanecerem na vida ativa durante mais tempo (European Agency for Safety and Health at Work, 2007).

Estima-se que, cerca de 2,3 milhões de trabalhadores morrem anualmente devido a acidentes de trabalho e doenças relacionadas com o trabalho, das quais 350 mil são provocadas por acidentes de trabalho e perto de 2 milhões devido a doenças ocupacionais. A maioria dos acidentes de trabalho, fatais e não fatais, ocorrem em países de médio e baixo rendimento da região do Sudeste Asiático e do Pacífico Ocidental. Estas fatalidades e problemas de saúde ocupacionais provocam um grande sofrimento humano e causam elevadas perdas económicas para as empresas e sociedades. Calcula-se que cerca de quatro por cento do Produto Interno Bruto (PIB) mundial é desperdiçado devido a custos diretos e indiretos, incluindo indemnizações, despesas médicas, danos materiais, perdas de receitas e formação de substitutos (International Labour Office, 2014).

É cada vez mais evidente que o dinheiro despendido na melhoria da SST, promovendo a proteção dos trabalhadores de riscos de segurança e saúde, é recompensado no aumento de produtividade e nos custos evitados, e, portanto, a área de SST é muitas vezes vista como um objetivo, mas também como um investimento (European Agency for Safety and Health at Work, 2014).

De forma a garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável para os trabalhadores da União Europeia (UE), a Comissão Europeia (CE) adotou um novo quadro estratégico para a Saúde e Segurança no Trabalho 2014-2020, que está em consonância com os objetivos delineados para um crescimento inteligente, sustentável e inclusivo através da estratégia Europa 2020 (European Commission, 2014).

1.2. Âmbito, justificação e finalidade do estudo

Existe um aumento da quantidade e da complexidade de substâncias perigosas, utilizadas pela indústria química, desde as fases de armazenamento, manuseamento, transformação até à fase de distribuição (Reniersa *et al.*, 2006). Além disso, nas instalações petroquímicas, a maioria dos equipamentos operam a elevadas temperaturas e pressões (Wang *et al.*, 2012). Incêndios, explosões e intoxicações são exemplos dos riscos elevados presentes na indústria petroquímica, que podem ter como consequência acidentes graves associados a uma má influência social (Yi-fei *et al.*, 2013). Consequentemente, as instalações petroquímicas, são confrontadas com a crescente importância das questões de segurança (Reniersa *et al.*, 2006).

As indústrias que envolvem produtos químicos, petróleo ou produtos farmacêuticos, têm que obter um equilíbrio entre um ótimo desempenho das operações de processo e a segurança de processo, de modo a garantir a sustentabilidade. De forma a prevenir a ocorrência de acidentes, assim como as suas consequências, a indústria de processo fez bastantes progressos na implementação de medidas corretivas. Depois das lições aprendidas através dos acidentes trágicos de Flixborough (1974), Seveso (1976) e Bhopal (1984), considerado o pior acidente industrial da história, não há qualquer dúvida que a segurança do processo tem que ser tratada como parte integrante das operações de uma instalação. No entanto, continuam a ocorrer regularmente incidentes devido à insuficiente compreensão da urgência em identificar as melhores práticas e em conduzir melhorias de segurança de processo nas organizações. O défice de atenção aos principais indicadores, o aumento da complexidade das operações de processo, a falta de comunicação e a falta de aprendizagem com os incidentes passados, não aproveitando esse conhecimento para aplicar em desenhos de processos, procedimentos, formação, manutenção e outros programas, constituem desafios críticos na implementação de programas de segurança eficazes (Qi *et al.*, 2012).

A Imperial Chemical Industries (ICI), formada em 1926 pela fusão das quatro maiores empresas químicas do Reino Unido e que apresentava uma elevada reputação, contribuiu bastante para a segurança do processo, sendo Trevor Kletz o seu maior impulsionador. Uma das principais inovações da ICI foi o desenvolvimento do Estudo de Perigos e Operacionalidade (HAZOP – Hazard and Operability Study) em 1963, que desde então tem sido bastante utilizado por várias empresas com bastante sucesso (Kletz, 2010).

Com o objetivo de identificar eficazmente os perigos potenciais das indústrias químicas, diversas metodologias de avaliação de segurança têm sido desenvolvidas, entre as quais se destaca o Método HAZOP como um dos métodos de avaliação de segurança mais poderoso e bastante utilizado na indústria (Guo e Kang, 2015). Desde o seu desenvolvimento, a técnica HAZOP tornou-se a principal técnica para estudos de perigo e operacionalidade na conceção de novos processos e operações. Este método

pode ser utilizado na procura de potenciais problemas operacionais e apresenta uma elevada capacidade em identificar perigos a nível de segurança, saúde e ambiente (Crawley e Tyler, 2015).

O Estudo HAZOP é uma metodologia sistemática utilizada para identificar causas de desvios de processo e as suas consequências, e consequentemente, eliminar ou mitigar esses perigos ou problemas de operacionalidade. O nível de detalhe e conhecimento do processo alvo de análise necessário para um Estudo HAZOP, implica a formação de uma equipa multidisciplinar de especialistas envolvidos durante sessões de debate de ideias (Guo e Kang, 2015).

O estudo desenvolvido nesta dissertação pretende realizar a aplicação do Método HAZOP numa operação na área de combustíveis e numa operação na área de betumes, de forma a investigar detalhadamente os possíveis desvios, causas e consequências e avaliar as salvaguardas existentes e, caso seja necessário, propor medidas para eliminar ou controlar qualquer perigo ou problema de operacionalidade da instalação. Para o efeito, por forma a garantir com sucesso a aplicação desta metodologia, além de um estudo aprofundado sobre a aplicação Método HAZOP, é necessário a consulta de informações detalhadas e atualizadas relativamente a instrumentação e condições de operação na instalação, assim como a participação de pessoal técnico especializado com experiência na Organização.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. Enquadramento

2.1.1. Acidentes de trabalho na União Europeia

Segundo a Health and Safety Executive (HSE), que representa o organismo responsável pelo incentivo, regulamentação e aplicação da saúde, bem-estar e segurança no local de trabalho e pela investigação sobre os riscos profissionais no Reino Unido, a taxa dos acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, nos 15 estados membros da UE (EU-15) e no Reino Unido tem vindo a diminuir desde 1998 até 2012 (Health and Safety Executive, 2015), como é possível observar na Figura 1.

Em 2012, a Letónia e a Lituânia foram os países da UE que apresentaram a taxa mais elevada de acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, sendo que Portugal ficou colocado na sétima posição mais elevada neste critério. Por outro lado, os países constituintes do Reino Unido foram os que obtiveram a menor taxa de acidentes de trabalho, por 100 mil trabalhadores, seguido da Holanda, Suécia e Alemanha (Health and Safety Executive, 2015).

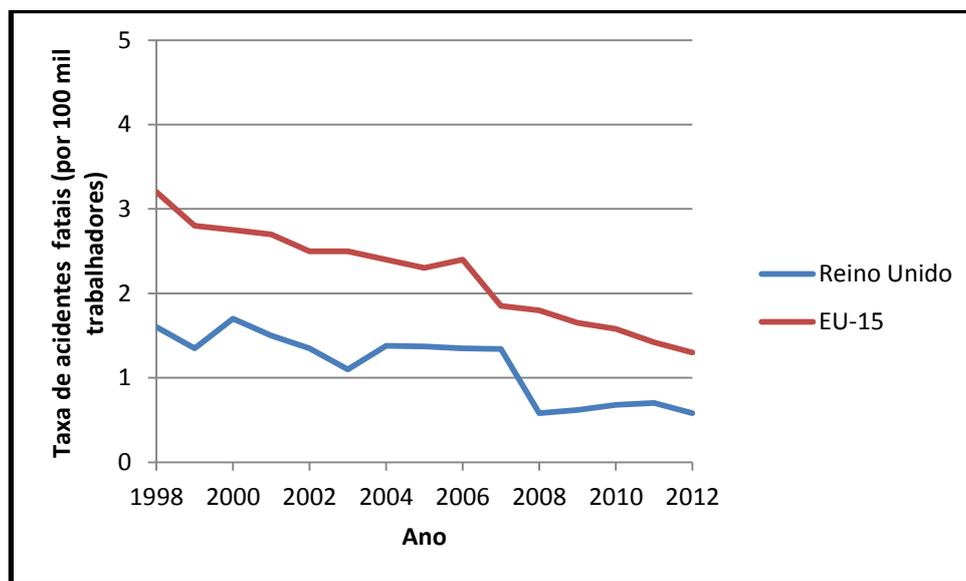


Figura 1 - Taxa de acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, na EU-15 (vermelho) e no Reino Unido (azul), e entre 1998 e 2012 (adaptado de Health and Safety Executive, 2015).

2.1.2. Acidentes de trabalho nos Estados Unidos da América

De acordo com o Bureau of Labor Statistics (BLS), que representa a principal agência de averiguação do governo dos Estados Unidos da América (EUA) no campo da economia do trabalho e estatísticas, a taxa de acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, nos EUA tem vindo a diminuir desde 2006, como evidenciado na Figura 2. Segundo informações da BLS, em 2014, o número de acidentes de trabalho fatais foi muito desproporcional em relação ao género, envolvendo maioritariamente homens (92%) (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2015).

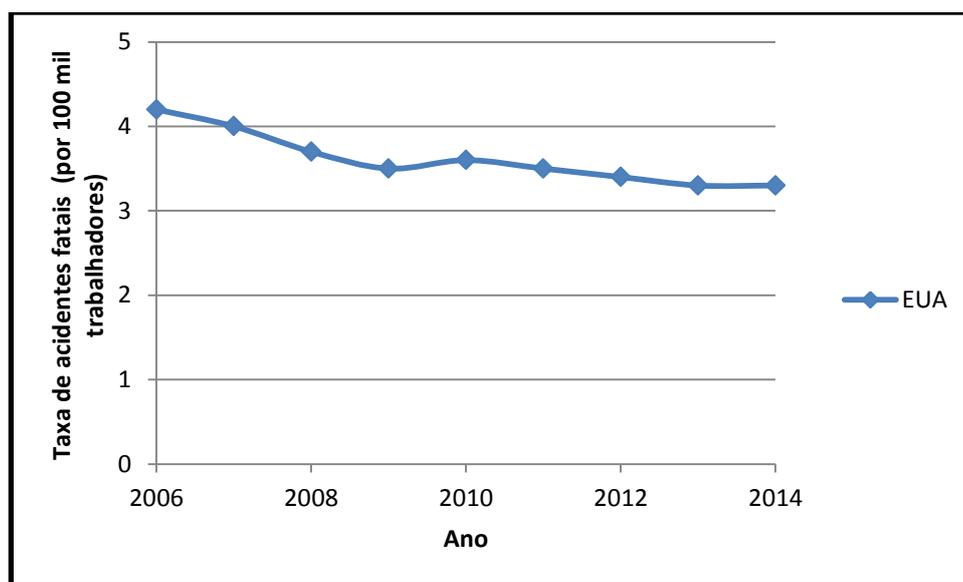


Figura 2 - Taxa de acidentes de trabalho fatais, por 100 mil trabalhadores, nos EUA entre 2006 e 2014 (adaptado de U.S. Bureau of Labor Statistics, 2015).

2.1.3. Acidentes industriais graves e a evolução da Diretiva SEVESO

Numa sociedade moderna industrializada, a utilização de grandes quantidades de produtos químicos perigosos em alguns setores da indústria é inevitável. A utilização deste tipo de produtos perigosos, pode resultar em acidentes industriais graves que representam uma ameaça significativa para as pessoas e meio ambiente, provocando elevadas perdas económicas e perturbações no desenvolvimento sustentável.¹

De acordo com a Diretiva SEVESO III (Diretiva 2012/18/UE), entende-se por “Acidente grave”, *um acontecimento, como uma emissão, um incêndio ou uma explosão, de graves proporções, resultante de desenvolvimentos não controlados durante o funcionamento de um estabelecimento abrangido pela presente diretiva, e que provoque um perigo grave, imediato ou retardado, no interior ou no exterior de um*

¹ <http://ec.europa.eu/environment/seveso/> (acedido a 21 Março 2016)

estabelecimento, para a saúde humana ou para o ambiente, e que envolva uma ou mais substâncias perigosas (Diretiva 2012/18/UE, de 4 de julho de 2012).

A ocorrência de acidentes graves tem sido determinante para a alteração da legislação europeia relativamente à prevenção de acidentes que envolvam substâncias perigosas. A publicação pela CE da primeira Diretiva Europeia relativa à prevenção de acidentes graves, denominada Diretiva Seveso I (Diretiva 82/501/CE) foi consequência de dois acidentes graves que aconteceram na Europa: Flixborough (Reino Unido) em 1974 e Seveso (Itália) em 1976. Mais tarde, na sequência de vários acidentes graves, incluindo, Bhopal e Cidade do México em 1984, e Piper Alpha em 1988, foi considerado necessário expandir a aplicação da legislação e criar uma maior segurança dos sistemas de gestão das empresas químicas. Neste sentido, em 1996 foi aprovada pela CE a Diretiva Seveso II (Diretiva 96/82 /CE) (Vierendeels *et al.*, 2011).

Em 2003, a CE aprova a Diretiva 2003/105/CE, que altera a Diretiva Seveso II, tendo em atenção as ocorrências de três grandes acidentes registados: um acidente ambiental na Baía Mare (Roménia), uma explosão de fogos-de-artifício em Enschede (Holanda) em 2000 e uma explosão de nitrato de amónio em Toulouse (França) em 2001 (Vierendeels *et al.*, 2011).

Em 2012, a Diretiva Seveso II foi substituída pela aprovação da Diretiva Seveso III (Diretiva 2012/18/UE). Esta alteração legislativa, que não resultou da ocorrência de acidentes, apresenta alterações nas áreas do ordenamento do território, informação ao público, participação do público e acesso à justiça, inspeções e introduz novas regras do Regulamento CLP (Agência Portuguesa do Ambiente, 2015), regulamento relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas (Agência Portuguesa do Ambiente, 2012).

A Diretiva Seveso atual aplica-se a mais de 10 000 estabelecimentos industriais da UE que armazenam e utilizam elevadas quantidades de substâncias químicas, particularmente nas indústrias dos setores químico, petroquímico, refinação, metalúrgico e logístico. A Diretiva Seveso tem contribuído para alcançar uma baixa frequência de acidentes graves na UE e é considerada como uma referência para a política de acidentes industriais e vista como um modelo de legislação em vários países do Mundo.¹

Em resposta a estes acidentes, a UE implementou as Diretivas SEVESO I, II e III, conforme menciona a Tabela 1. Por outro lado, os EUA responderam com uma série de novas regulamentações, incluindo: a Gestão da Segurança de Processos (PSM) pela Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA - Occupational Safety and Health Administration), o Plano de Gestão de Riscos (RMP) pela Agência de Proteção Ambiental (EPA - Environmental Protection Agency), e as Normas Antiterrorismo para Instalações Químicas (CFATS) pelo Departamento de Segurança Interna. Estes regulamentos exigem às empresas e instalações industriais, a tomada das medidas

necessárias de forma a identificar os perigos e geri-los ou eliminá-los, evitando assim a ocorrência de acidentes adicionais (Chen *et al.*, 2015).

Tabela 1 - Acidentes graves que influenciaram a evolução da Diretiva SEVESO (Health and Safety Executive, 2010).

DATA	LOCAL	DESCRIÇÃO ACIDENTE	DANOS
1974	Flixborough, Reino Unido	Libertação de ciclohexano provocou a uma explosão de nuvem de vapor após uma modificação na instalação ter sido realizada sem avaliação completa das suas consequências.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 28 trabalhadores mortos ▪ 89 feridos ▪ Danos devastadores em edifícios locais e danos em larga escala em edifícios fora do local
1976	Seveso, Itália	Reação térmica descontrolada, provocou a libertação de TCDD (tetraclorodibenzo-p-dioxina), uma dioxina altamente tóxica.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mais de 700 residentes evacuados ▪ 220 000 pessoas sob vigilância médica ▪ 447 casos de lesões cutâneas ▪ 3 000 animais mortos ▪ 80 000 animais abatidos (para evitar que a TCDD entrasse na cadeia alimentar)
1982	DIRETIVA SEVESO I (Diretiva 82/501/CE)		
1984	Cidade do México, México	Uma fuga de GPL na tubagem de conexão de duas esferas foi inflamado por queimadores de gás. 2 explosões simultâneas do tipo BLEVE – Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Explosão do vapor de expansão de um líquido sob pressão) com diversas outras explosões do mesmo tipo nos 75 minutos seguintes.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 500 pessoas mortas (elevado número de mortes devido à proximidade do terminal com a população residencial) ▪ 2 500 lesões (principalmente queimaduras) ▪ Terminal destruído
1984	Bhopal, Índia	A entrada de água num tanque de isocianato de metilo (MIC) provocou uma reação exotérmica, e consequente libertação de 40 toneladas MIC.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Números de fatalidades incertas: 3 000 – 8 000 mortes imediatas e 18 000 - 20 000 mortes no total ▪ Danos significativos na saúde humana e no meio ambiente – 400 toneladas de produtos químicos abandonados no local continuam a poluir a águas subterrâneas
1996	DIRETIVA SEVESO II (Diretiva 96/82 /CE)		
2000	Enschede, Holanda	Incêndio numa área de armazenamento de fogos de artifício causou a explosão de 177 toneladas de fogos de artifício.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 22 pessoas morreram, incluindo 4 bombeiros ▪ 947 feridos ▪ 2 000 casas destruídas ▪ 1 250 pessoas desalojadas
2000	Baia Mara, Roménia	Depois de um período de condições meteorológicas extremas, ocorreu uma rutura de uma barragem de retenção, libertando 100 000 m ³ de água contaminada com cianeto, cobre e outros metais pesados em rios que desaguavam no Danúbio e no Mar Negro.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contaminação e interrupção do fornecimento de água potável em 24 locais, afetando 2,5 milhões de pessoas ▪ Morte em massa de peixes ▪ Destruição de espécies aquáticas em sistemas fluviais
2001	Toulouse, França	Explosão de 300-400 toneladas de nitrato de amónio numa fábrica.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30 pessoas mortas ▪ 2 500 feridos ▪ 25 000 casas danificadas ▪ 40 000 pessoas desalojadas
2003	ALTERAÇÃO DIRETIVA SEVESO II (Diretiva 2003/105/CE)		
2012	DIRETIVA SEVESO III (Diretiva 2012/18/ UE)		

2.1.4. Caracterização da atividade petrolífera em Portugal

O petróleo foi a principal fonte de energia utilizada em Portugal referente ao ano de 2012, representando 43% da energia primária total. No entanto, a procura deste recurso energético tem vindo a diminuir desde o ano de 2002. Desde 1973 até 2011, o consumo de petróleo por setores tem vindo a sofrer várias alterações. Por um lado, o setor do transporte aumentou significativamente o consumo de petróleo, devido essencialmente ao incremento da procura deste recurso sob a forma de *diesel*. No entanto, a procura de *diesel* diminuiu em 2010 devido à recessão económica e a procura de gasolina diminuiu cerca de 40% na última década. Por outro lado, o setor industrial e da transformação têm requisitado cada vez menos este recurso. Estes dados estão representados graficamente na Figura 3 (International Energy Agency, 2014).

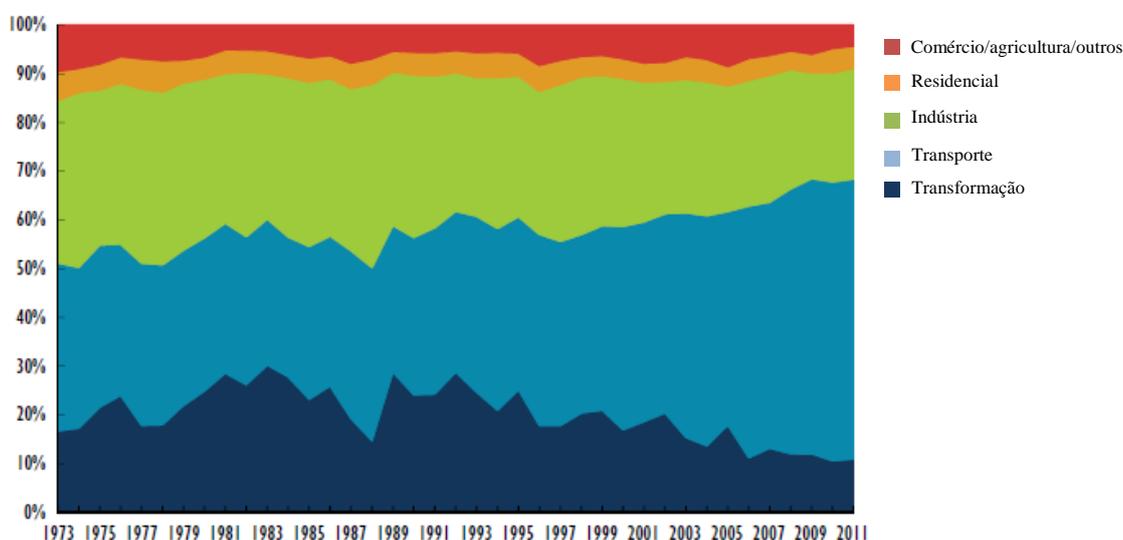


Figura 3 - Consumo de petróleo, por setor, em Portugal desde 1973 até 2011 (adaptado) (International Energy Agency, 2014).

Portugal é um país totalmente dependente das importações de petróleo e apresenta uma rede de importação de petróleo bruto bastante diversificada. Em 2012, Angola foi o seu maior fornecedor com grande destaque (22%), seguido do Brasil (11%), da Argélia (11%) e da Arábia Saúdita (10%). No mesmo período, Portugal importou 227 kb/d (thousand barrels per day (mil barris por dia)) de petróleo bruto e 63 kb/d de produtos refinados, totalizando 290 kb/d e exportou 76,2 kb/d de produtos refinados (International Energy Agency, 2014).

Em relação às suas infraestruturas internas, Portugal contempla 2 refinarias e 6 instalações de armazenamento de produtos petrolíferos, como é observável na Figura 4. As duas refinarias portuguesas, situadas em Matosinhos e em Sines, pertencem à Galp Energia e têm uma capacidade de refinação combinada de 330 kb/d. A refinaria do Norte de Portugal é responsável por 30% dos produtos refinados, enquanto que, a refinaria de Sines contempla 70% desses produtos, sendo considerada uma das maiores da Península Ibérica.

Em 2012, Portugal produziu 240 kb/d dos produtos refinados, dos quais 35% corresponderam a *diesel* (International Energy Agency, 2014).

No que diz respeito ao volume de vendas de combustíveis referente ao ano de 2014, as empresas petrolíferas (Galp Energia, Cepsa, Repsol e BP) lideram com uma quota de 70,5%, seguido dos supermercados (22,2%) e dos operadores independentes (7,3%) (Autoridade da Concorrência, 2015).

A indústria petrolífera representa um setor de atividade que engloba riscos humanos, materiais e ambientais. Neste sentido, a promoção de uma cultura de segurança, a prática da melhoria contínua dos processos e regulamentos de segurança, assim como a aplicação de elevados padrões em todas as práticas e políticas globais, constituem pilares fundamentais para o sucesso da indústria petrolífera.²



Figura 4 - Infraestruturas petrolíferas de Portugal (International Energy Agency, 2014).

² <http://www.apetro.pt> (acedido em 17/03/2016)

2.1.5. Caracterização da Organização

A Compañía Española de Petróleos S.A., denominada CEPSA, fundou-se em 1929, representando a primeira companhia petrolífera privada em Espanha. A Figura 5 apresenta a Torre CEPSA localizada em Madrid. Esta Organização está associada ao ramo energético e engloba todas as fases de cadeia de valor do petróleo, empregando mais de 10 mil profissionais. A CEPSA está envolvida em



Figura 5 - Torre CEPSA.³

diversas atividades interligadas e relacionadas com o petróleo, entre as quais se enquadram: exploração e produção de petróleo e gás natural, refinação, transporte e comercialização de derivados petrolíferos e de gás, petroquímica, co-geração e comercialização de

biocombustíveis e de energia elétrica. Esta empresa espanhola de referência no ramo petrolífero e energético tem apostado numa gradual

internacionalização das suas atividades, estando presente em diversos países, como se pode observar na Figura 6.³



Figura 6 - Países onde a CEPSA está presente.

Desde Agosto de 2011, 100% das ações da CEPSA estão sob propriedade da IPIC (International Petroleum Investment Company), empresa especializada em investimentos do setor energético e constituída pelo Governo do Emirado de Abu Dhabi. A Figura 7 apresenta a IPIC Square.⁴



Figura 7 - IPIC Square em Abu Dhabi.⁴

A CEPSA Portuguesa Petróleos S.A., formada em 1963, constitui uma das principais empresas petrolíferas a operar em Portugal e está destinada à comercialização de produtos petrolíferos, como combustíveis, betumes, lubrificantes, gás, combustíveis para marinha e aviação e outros derivados do petróleo. A sua sede



Figura 8 - Instalações de Matosinhos da CEPSA Portuguesa Petróleos S.A..³

³ <http://www.cepsa.com> (acedido em 18/03/2016)

⁴ <http://www.ipic.ae> (acedido em 18/03/2016)

está localizada em Lisboa e as suas instalações de Matosinhos, que ocupam uma área aproximada de 35 mil m², englobam um parque de armazenamento de produtos combustíveis e armazenamento e fabricação de produtos betuminosos (Figura 8). De forma a promover um desenvolvimento sustentado, a CEPSA desenvolveu e implementou um sistema integrado de Gestão de Segurança, Ambiente e Qualidade, com base nos referenciais normativos OHSAS 18001:2007, NP EN ISO 14001:2004 e NP EN ISO 9001:2008.³ Recentemente, em Julho de 2016, foi comunicado e divulgado o manual de gestão de segurança de processo do grupo CEPSA.

2.2. Regulamentação da segurança e saúde no trabalho em Portugal

O regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho é regulado pela Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, de acordo com o previsto no artigo 284.º do Código do Trabalho, no que respeita à prevenção. Esta Lei aplica-se a todos os ramos de atividade, nos setores privado ou cooperativo e social, ao trabalhador por conta de outrem e respetivo empregador, incluindo as pessoas coletivas de direito privado sem fins lucrativos e ao trabalhador independente (Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro). A Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, já sofreu duas alterações, sendo que a última foi alcançada pela promulgação da Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro (Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro). Na perspetiva de abranger os riscos associados aos trabalhadores de uma determinada unidade industrial representativa da indústria petrolífera, seguem-se os principais diplomas jurídicos de natureza técnica relativos à legislação de segurança de diversas matérias, entre as quais se destacam:

- **SEVESO III:** Diretiva relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas (Diretiva 2012/18/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012).
- **Segurança contra incêndios em edifícios:** Regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios (Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro) e regulamentação técnica das condições de segurança contra incêndio em edifícios e recintos (Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro).
- **Infraestruturas críticas:** Procedimentos de identificação e de proteção das infraestruturas essenciais para a saúde, a segurança e o bem-estar económico e social da sociedade nos setores da energia e transportes (Decreto-Lei n.º 62/2011, de 9 de maio).
- **Locais de trabalho:** Prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho (Decreto-Lei n.º 347/93, de 1 de outubro).
- **Equipamentos de proteção individual (EPI'S):** Prescrições mínimas de segurança e de saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de proteção individual (Decreto-Lei n.º 348/93, de 1 de outubro).
- **Equipamentos de trabalho:** Prescrições mínimas de segurança e de saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de trabalho (Decreto-Lei n.º 50/2005, de 25 de fevereiro).

- **Equipamentos dotados de visor:** Prescrições mínimas de segurança e de saúde respeitantes ao trabalho com equipamentos dotados de visor (Decreto-Lei nº 349/93, de 1 de outubro).
- **Movimentação manual de carga:** Prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas (Decreto-Lei nº 330/93, de 25 de setembro).
- **Sinalização local de trabalho:** Prescrições mínimas de colocação e utilização de sinalização de segurança e de saúde no local de trabalho (Portaria nº 1456-A/95, de 11 de dezembro).
- **Ruído:** Prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído (Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro).
- **Vibrações:** Prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a vibrações (Decreto-Lei nº 46/ 2006, de 24 de fevereiro).
- **Agentes físicos (campos eletromagnéticos):** Prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra riscos para a segurança e a saúde a que estão, ou podem vir a estar sujeitos devido à exposição a campos eletromagnéticos durante o trabalho. (Diretiva 2013/35/UE, de 26 de junho).
- **Radiações óticas:** Prescrições mínimas para proteção dos trabalhadores contra riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações óticas de fontes artificiais (Lei nº 25/2010, de 30 de agosto).
- **Agentes biológicos:** Prescrições mínimas de proteção da segurança e saúde dos trabalhadores contra os riscos de exposição a agentes biológicos durante o trabalho (Decreto-Lei nº 84/97, de 16 de abril).
- **Agentes químicos:** Prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho (Decreto-Lei nº 24/2012, de 6 de fevereiro).
- **ATEX:** Regras de segurança e de saúde relativas aos aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas (Decreto-Lei nº 112/96, de 5 de agosto).
- **Estaleiros temporários:** Prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho dos estaleiros temporários ou móveis (Portaria nº 101/96, de 3 de abril).

Existe uma atenção significativa por parte dos órgãos legislativos em garantir a correspondência entre os vários diplomas jurídicos. Neste sentido, de forma a verificar a elevada interligação existente entre a Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro e os principais diplomas legais de ordem técnica relativos à segurança e saúde do trabalho, as tabelas presentes no Anexo A apresentam os respetivos artigos de ligação. Este tipo de interação jurídica a nível de segurança e saúde do trabalho, facilita a consulta legislativa, promovendo a tomada de medidas de prevenção que sejam capazes de minimizar ou eliminar riscos ocupacionais.

2.3. Desafios da implementação de segurança de processos em indústrias de processo

A indústria de processo apresenta bastantes desafios que podem dificultar a implementação de segurança de processo nas organizações.

Existem vários fatores que podem contribuir para instalações inseguras. Falhas na manutenção, programas de redução de custos, redução de funcionários, diminuição da formação, falta de comunicação entre os operadores e a administração, falhas na gestão da mudança, falta de supervisão, fadiga do operador, instrumentação inadequada, manutenção adiada e manutenção de equipamento inadequada, representam falhas que podem contribuir como uma receita para o desastre. Subsiste uma falta de atenção aos percursos de acidentes e aos principais indicadores devido ao esforço insuficiente no entendimento dos processos, falta de sensibilização dos riscos químicos reativos e escassez de ferramentas de modelagem de previsão de perturbações do processo. Além disso, a má gestão, falta de consciência e a limitação da otimização de produção também podem ser fatores que conduzam a acidentes.

Por outro lado, vários incidentes semelhantes ocorrem porque as organizações não têm “memória organizacional” para superar as mudanças de pessoal, mostrando que a indústria no seu todo necessita de desenvolver e implementar ferramentas eficazes de aprendizagem e retenção de conhecimentos. Em 1993, Kletz observou que, após uma média de dez anos, as organizações perdem informação valiosa por causa das mudanças de pessoal, refletindo o problema das falhas na aprendizagem de incidentes passados. Muitas vezes os operadores de fábrica não compreendem as razões de certas práticas operacionais ou peças de equipamento, que foram introduzidas após a ocorrência de um incidente. A falta de memória organizacional por parte das empresas, faz com que haja uma grande necessidade de cavar o passado através da realização de investigações de incidentes ocorridos. Entender o que se passou de errado vai ajudar na formação de respostas apropriadas às perturbações de processo nas instalações, por forma a prevenir incidentes futuros. O início e a promoção de uma aprendizagem contínua dos incidentes passados associada a uma melhor comunicação organizacional, através do aperfeiçoamento da partilha de informação entre os vários setores das organizações e em toda a indústria, constituem elementos decisivos que contribuem para um aumento da memória organizacional.

A crescente complexidade das instalações de processo aumenta a imprevisibilidade de certos riscos. Existe uma correlação entre a complexidade do processo das instalações e a ocorrência de acidentes graves. Para enfrentar o problema da crescente complexidade do processo das operações, a alternativa baseia-se na pesquisa científica de elevada qualidade por forma a entender a cinética das reações, as propriedades dos produtos químicos, o estudo das consequências com recurso a modelagem de previsão e na aposta da formação dos funcionários.

Desde os acidentes de Flixborough e Bhopal, tem-se verificado uma maior investigação no desenvolvimento de métodos científicos baseados em estratégias para identificar e avaliar operações que envolvam processo, de forma a estabelecer compatibilidade entre a segurança de operações das instalações e as condições operacionais nelas aplicadas. Na segunda metade do século passado, o surgimento da indústria petroquímica e o conseqüente aumento das suas instalações levou ao desenvolvimento de técnicas de análise física e química dos parâmetros de processo, que ainda são bastante utilizadas na indústria. A utilização eficaz destas técnicas, onde se inclui Método HAZOP, pode prevenir e mitigar as conseqüências de incidentes que envolvam substâncias perigosas (Qi *et al.*, 2012).

2.4. Início do desenvolvimento do Método HAZOP

Apesar da técnica HAZOP ter sido publicada pela primeira vez por Lawley em 1974, foi a ICI que iniciou o desenvolvimento desta técnica em 1963 (Kletz, 2010). O papel de Trevor Kletz no desenvolvimento de vários métodos de segurança, entre os quais, o Método HAZOP, é amplamente reconhecido (Tyler, 2012). Trevor Kletz trabalhou em vários setores da ICI entre 1944 e 1982: 7 anos no departamento de investigação, 16 anos na produção e 14 anos em segurança do processo (Kletz, 2010). No final dos anos de 1960, após três anos consecutivos de ocorrência de acidentes fatais na ICI, a direção da ICI decidiu reforçar a segurança da fábrica com pessoal com formação técnica qualificada, nomeando o engenheiro químico Trevor Kletz como conselheiro de segurança da ICI. Dois dos seus primeiros trabalhos consistiam em encontrar uma forma de detetar perigos antes que os acidentes ocorressem e em reconhecer equipamentos e procedimentos que poderiam resultar em acidentes. Foi através dos Estudos de Perigo e Operacionalidade (HAZOP), que Kletz encontrou a solução para desempenhar com êxito as suas tarefas. Neste sentido, Trevor Kletz, descrito como o inventor do HAZOP, iniciou o seu trabalho como conselheiro de segurança sozinho, até criar uma equipa especialista em segurança constituída por 8 elementos (Kletz, cinco elementos técnicos e duas secretárias). O resultado na sua envolvimento na segurança da ICI permitiu diminuir significativamente a taxa de acidentes mortais da empresa, entre 1960 e 1982 (Kletz, 2012).

Após a incorporação do Método HAZOP na ICI, Trevor Kletz deu início à divulgação do Método HAZOP para outras empresas, através de cursos públicos que ilustravam exemplos da ICI. Segundo Kletz, a principal justificação em compartilhar os seus conhecimentos desenvolvidos na ICI, sem qualquer custo, foi que a aplicação desses conhecimentos iria conduzir a instalações e operações mais seguras, observando a indústria no seu todo (Tyler, 2012).

2.5. Método HAZOP

2.5.1. Objetivo

O estudo HAZOP visa identificar, avaliar e controlar ou eliminar perigos e problemas de operacionalidade de uma instalação de processo. Os perigos podem ser ao nível de segurança e saúde dos trabalhadores ou do ambiente envolvente. Os problemas de operacionalidade podem danificar equipamentos, provocar paragens nos processos, gastos desperdiçados, produtos fora de especificação, e conseqüentemente, provocar elevados custos para as organizações. Muitos problemas de operacionalidade também podem constituir perigos, reforçando a sua necessidade para os identificar e controlar.

O principal objetivo do Método HAZOP é investigar de forma estruturada e sistemática cada seção de uma instalação de processo ou operação, através da análise dos seus Nós (pontos específicos do projeto) representativos. Neste sentido, com o recurso à associação dos principais parâmetros da instalação com determinadas palavras-guia, o método HAZOP pretende estudar possíveis desvios significativos e analisar as suas causas e respetivas conseqüências. De seguida, a metodologia procura identificar e avaliar as salvaguardas existentes e, caso seja necessário, propor medidas de ação de forma a eliminar ou controlar os perigos ou os problemas de operacionalidade da instalação (Crawley e Tyler, 2015).

Uma representação esquemática do objetivo de aplicação do método HAZOP é apresentada na Figura 9.

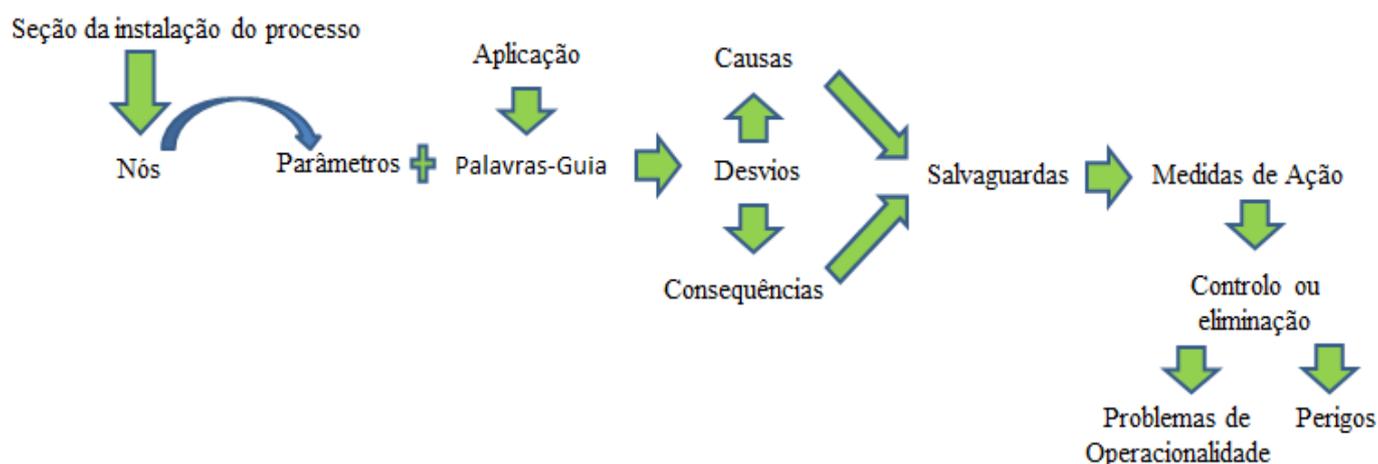


Figura 9 - Esquema do objetivo da aplicação do Método HAZOP.

2.5.2. Procedimento

O procedimento de um estudo HAZOP deve ser realizado de uma forma planeada e sistemática, por forma a englobar todos os aspetos seleccionados do processo ou operação em questão. Para operações contínuas, normalmente divide-se em seções ou etapas, que são constituídas por Nós (pontos específicos do projeto) e inicia-se a análise a partir dos Nós a montante. Para processos descontínuos ou procedimentos, divide-se em etapas sequenciais, e analisa-se por ordem cronológica.

É essencial que a equipa inicie a análise do estudo HAZOP pela compreensão completa da seção ou etapa a analisar, através da recolha de informação suficiente de todos os aspetos envolvidos. Cada secção a analisar é constituída por Nós, que podem ser equipamentos ou seção de tubagem (Crawley e Tyler, 2015). Reservatórios de água, colunas de destilação, reatores, tanques de mistura, bombas, refrigeradores de gás, compressores, medidores, tanques de armazenamento, fornos, incineradores, bombas de incêndio representam alguns dos equipamentos típicos que poderão ser identificados como Nós nas indústrias petrolífera e química (Nolan, 1994). De seguida, inicia-se a discussão e a descrição da intenção da operação assim como a seleção dos principais parâmetros que englobam a seção ou etapa a analisar. Exemplos de parâmetros que podem ser utilizados numa operação de processo são ilustrados na Tabela 2. A extensão desta lista realça a necessidade de a equipa formar um modelo conceitual bem definido da seção a analisar para decidir quais os parâmetros a serem utilizados.

O próximo passo consiste na geração de um desvio significativo através combinação de um parâmetro-chave com uma palavra-guia. É importante seleccionar um conjunto de palavras-guia adequadas para o problema a estudar, pois a sua utilidade é ajudar a equipa na procura criativa e completa de desvios significativos. Importa enfatizar que nem todas as palavras-guia combinam com um parâmetro para dar um desvio. A Tabela 3 apresenta o conjunto de palavras-guia padrão, acompanhadas pelos seus significados. A Tabela 4 apresenta uma lista de desvios resultantes da ligação dos parâmetros com as palavras-guia (Crawley e Tyler, 2015).

Tabela 2 - Exemplos de possíveis parâmetros da operação do processo (Crawley e Tyler, 2015).

Fluxo	Agitação	Reação	Separação	Velocidade	pH
Pressão	Transferência	Composição	Tempo	Dimensão das partículas	Sequência
Temperatura	Nível	Adição	Envelhecimento	Medição	Sinal
Mistura	Viscosidade	Monitorização	Fase	Controlo	Comunicação

Tabela 3 - Palavras-guia e respetivos significados (Crawley e Tyler, 2015).

Palavras-guia	Significado
Não, Nenhum	Nenhuma intenção do projeto é alcançada
Mais, Maior	Aumento quantitativo no parâmetro
Menos, Menor	Diminuição quantitativa no parâmetro
Bem como	Ocorre uma atividade adicional
Parte de	Apenas alguma intenção do projeto é alcançada
Reverso	Oposição lógica ao significado do projeto
Além de, Outro	Completa substituição: ocorre outra atividade ou ocorre uma atividade invulgar ou existe uma condição incomum

Tabela 4 - Exemplos de desvios, resultantes da combinação de parâmetros com palavras-guia (Crawley e Tyler, 2015).

Parâmetros	Palavras-Guia	Desvios significativos
Fluxo	Nenhum	Nenhum fluxo
	Menos	Menos fluxo
	Mais	Mais fluxo
	Reverso	Fluxo reverso
Temperatura	Mais	Temperatura alta
	Menos	Temperatura baixa
Pressão	Mais	Pressão alta
	Menos	Pressão baixa
Nível	Mais	Nível alto
	Menos	Nível baixo
Mistura	Mais	Mais mistura
	Menos	Menos mistura
	Nenhuma	Nenhuma mistura
Reação	Mais	Reação descontrolada
	Menos	Reação incompleta
	Nenhuma	Nenhuma reação
Comunicação	Mais	Mais comunicação
	Menos	Menos comunicação
	Nenhuma	Nenhuma comunicação

Uma vez identificado um desvio, a equipa procura encontrar e avaliar as causas e respetivas consequências. Neste capítulo, é essencial que todos os membros da equipa tenham uma atitude crítica de forma a criar uma análise com detalhe. Em seguida, a equipa procura avaliar quais as salvaguardas existentes, e se estas são suficientes para as causas e consequências abordadas. Caso seja necessário, a equipa procura propor medidas de ação que promovam a eliminação ou o controlo das causas ou a mitigação das consequências relacionadas com perigos ou problemas de operacionalidade. Após a análise de todos os desvios possíveis para o Nó em questão, procede-se à análise do próximo Nó, e assim sucessivamente até analisar todos os Nós da seção da instalação selecionada (Crawley e Tyler, 2015). Na realização de um estudo HAZOP, utiliza-se uma Folha de registo, que poderá ter a apresentação indicada na Tabela 5.

Tabela 5 - Folha HAZOP.

Seção:			Intenção do projeto:				
Nó:			Equipa:			Data:	
Número	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação

2.5.3. Aplicação

A técnica HAZOP pode ser utilizada em várias fases do ciclo de vida de uma determinada instalação de processo ou operação por forma a garantir que o projeto envolva todos os perigos e problemas de operacionalidade. Pode ser aplicada para novas instalações de processos ou operações, para uma revisão geral de uma instalação de processo ou operação existente, ou para modificações das instalações de processo ou operações. Estas alterações podem ser de vários tipos, entre os quais se destacam: materiais, catalisadores, solventes, condições de operação, sequências, quantidades, procedimentos, *software*. A aplicação desta técnica pode ser estendida a laboratórios de pesquisa, cujos sistemas de suporte sejam críticos a nível de segurança, saúde e ambiente do laboratório, como é o caso dos sistemas de ventilação e aspiração dos laboratórios projetados para lidar com substâncias altamente tóxicas ou agentes biologicamente ativos (Crawley e Tyler, 2015). A aplicação do Método HAZOP num sistema constituído por dois cilindros de monóxido de carbono e oxigénio presentes no laboratório de engenharia química da Universidade da Califórnia em Berkeley, representa um exemplo ilustrativo da prática desta metodologia em ambiente laboratorial (Zakzeski, 2009).

A técnica HAZOP foi desenvolvida especificamente para as indústrias químicas e de processo (Crawley e Tyler, 2015). A indústria de processo engloba vários tipos de indústrias, entre as quais se destacam as indústrias petroquímica, química, alimentar, mineira e farmacêutica (Lager, 2016).

2.5.4. Dados necessários

Para a realização de uma análise HAZOP de qualidade, a equipa necessita de uma representação completa do processo a analisar que deverá ser constituída por vários documentos atualizados. Para processos contínuos, diagramas de tubulação e instrumentação (P&ID), fluxogramas de balanço de materiais, documentos que revelem o método e a filosofia operacional, especificações dos equipamentos e instrumentos envolvidos constituem informações essenciais a incluir neste tipo de estudo. Também devem ser conhecidas as propriedades dos materiais envolvidos, perigos e problemas de operacionalidade, sistemas de segurança, pormenores do local, serviços realizados no local e resultados dos estudos HAZOP anteriores. Para processos descontínuos, além da documentação descrita anteriormente, também será necessário ter em conta o

procedimento operacional do processo e o desenho da sequência do processo controlado por um computador. Uma vez recolhida a informação e obtido o conhecimento necessário sobre o processo ou operação em questão, o próximo passo consiste em dividir os P&ID em seções e nós para que se inicie a aplicação do método (Crawley e Tyler, 2015).

2.5.5. Constituição da equipa HAZOP

A equipa HAZOP deve ser constituída por uma combinação de elementos que possuam experiência em áreas distintas e uma experiência geral do tipo de operação a analisar. De forma a promover a qualidade do estudo HAZOP, a equipa deve englobar membros que estão muito envolvidos com o projeto e um ou mais elementos que tenham pouca ou nenhuma ligação. Algumas empresas preferem ter um engenheiro de processo independente presente para agir com questões críticas e pressuposições desafiadoras ou integrar um membro independente com bastante experiência e conhecimento que efetue o papel de líder da equipa pois proporciona uma visão mais objetiva e imparcial.

Uma equipa típica pode ser constituída pelo líder de equipa, relator, engenheiro de processo, engenheiro de projeto, gerente de operações/fábrica e operador. Consoante a complexidade e a natureza do estudo, também podem ser integrados um ou mais dos seguintes elementos: especialista em segurança, saúde e ambiente (também pode atuar como líder de equipa e a sua integração na equipa é obrigatória em alguns países), investigador químico, engenheiro de manutenção/mecânico, engenheiro responsável pela instrumentação. A natureza e a complexidade do estudo a analisar determinam a dimensão e a constituição da equipa HAZOP. Para estudos mais simples, a equipa deve ser constituída por pelo menos quatro pessoas com algumas funções combinadas. Para estudos de complexidade intermédia, a equipa deve ser constituída por cinco ou seis elementos. Para estudos mais complexos, a equipa pode atingir os oito ou nove elementos. A formação de equipas com um grande número de membros promove a manifestação de conversas paralelas e, conseqüentemente, reduz a captura de informação por parte do líder de equipa e diminui o espírito de equipa entre os membros.

O papel essencial do líder é assegurar que a metodologia HAZOP é aplicada de forma coerente e eficaz. Com efeito, o líder precisa de ter uma elevada compreensão e ampla experiência sobre os estudos HAZOP. O relator deve ser um bom ouvinte e prestar atenção aos detalhes de forma a registar as informações mais importantes que vão sendo discutidas ao longo do estudo. Para estudos de maior complexidade, o papel do relator é apenas registar as informações importantes, enquanto que para estudos pequenos, tanto o líder de equipa como qualquer membro integrante da equipa podem desempenhar a função de relator (Crawley e Tyler, 2015).

2.5.6. Tempo e custo necessários

Existem duas questões-chave quando se faz um estudo HAZOP numa organização. A primeira é saber quanto tempo vai demorar a realização do estudo e a segunda é saber qual é o seu custo associado. Normalmente, são necessárias cerca de 2 horas para que uma equipa experiente complete uma avaliação HAZOP num único nó. Para um diagrama de tubulação e instrumentação – P&ID, constituído por dois Nós são necessárias cerca de 4 horas. Durante a sessão de revisão HAZOP, após uma a duas horas de revisão, são recomendados intervalos de dez minutos. Os estudos podem ser realizados durante oito horas por dia, quando a revisão global se prevê ser inferior a cinco dias úteis. Caso a previsão da revisão ultrapasse uma semana, as sessões devem ser limitadas a cinco horas por dia. Constata-se um aumento da exaustão dos membros da equipa e diminuição da produtividade, durante revisões com períodos mais longos. O custo de um estudo HAZOP é proporcional ao tempo estimado de revisão, ao número de elementos integrantes da equipa de revisão e ao número de Nós a analisar (Nolan, 1994).

2.5.7. A importância do fator humano

Existem orientações básicas sobre aspetos humanos que podem ser considerados num estudo HAZOP. O comportamento operacional humano divide-se essencialmente em três padrões distintos. Na maioria do tempo operacional, as pessoas operam em “modo baseado em habilidade”, realizando tarefas familiares e ações sem ter que pensar conscientemente sobre elas. Neste caso, os principais erros associados são deslizes ou lapsos por parte do operador (como por exemplo, pressionar um determinado botão (A), quando deveria pressionar o botão do lado (B)). Este tipo de erros depende do *layout* do painel de controlo e de influências externas, tais como restrições de tempo e fadiga, podendo levar a consequências desde a perda de material a reações catastróficas. Quando as pessoas realizam tarefas menos familiares, operam em “modo baseado na regra”, utilizando as informações disponíveis e os trabalhos realizados no passado para encaixar nas respostas. Se nenhuma regra funciona, os operadores entram em “modo do conhecimento”, procurando por mais informações de forma a encontrar uma explicação que permita uma resposta adequada. Nestes dois últimos modos os erros são propensos a acontecer. Por outro lado, também podem existir violações de procedimentos por parte dos operadores com o intuito de economizar o tempo ou tornar um determinado trabalho mais fácil.

Além da importância destas orientações a nível comportamental, é importante reconhecer a existência de diversos fatores que influenciam o desempenho e que podem provocar a ocorrência de erro humano. Entre estes fatores, incluem-se, formação, desenho do painel de controlo, competência e motivação, ambiente, nível de exigência, atitude de gestão de segurança, procedimentos e comunicações. Estes fatores podem motivar a sugestão de medidas de ação por parte de uma equipa HAZOP.

A Tabela 6 apresenta uma lista do tipo de falhas humanas, na forma de palavras-guia de estilo HAZOP, que podem ser utilizadas na pesquisa de erros humanos que conduzam a um desvio (Crawley e Tyler, 2015).

Tabela 6 - Palavras-guias resultantes de erros humanos (Crawley e Tyler, 2015).

Erros de Ação	Erros de Seleção	Erros de recuperação de informação
Operação demasiado grande/pequena	Seleção omitida	Informação não obtida
Operação na direção errada	Seleção errada	Informação obtida incorreta
Operação demasiado rápida/lenta	Violações	Recuperação de informação incompleta
Desalinhado	Ações deliberadas	Informação interpretada incorretamente
Operação direita com objeto errado	Erros de Verificação	Erros de comunicação de informação
Operação errada com objeto direito	Verificação omitida	Informação não comunicada
Operação omitida	Verificação incompleta	Informação comunicada incorretamente
Operação incompleta	Verificação correta no objeto errado	Comunicação de informação incompleta
Operação demasiado cedo/tarde	Verificação errada no objeto certo	Comunicação de informação pouco clara
	Verificação demasiado cedo/tarde	

Seguindo esta abordagem, a equipa HAZOP precisa de entender o comportamento operacional humano, analisar a perspetiva do operador e os fatores que influenciam o seu desempenho, por forma a estar ciente da possibilidade do erro humano em gerar causas e influenciar consequências (Crawley e Tyler, 2015). Este tipo de abordagem humana, também designada por HAZOP humano, é visto como um suplemento ao Método HAZOP (Kotek e Tabas, 2012).

2.5.8. Vantagens e Desvantagens

A aplicação do Método HAZOP numa determinada operação ou processo apresenta vantagens e desvantagens, que são apresentadas na Tabela 7 e na Tabela 8, respetivamente.

Tabela 7 - Vantagens da aplicação do Método HAZOP (Kotek e Tabas, 2012).

Vantagens
Identificar novas situações de perigo e propor medidas para os minimizar ou eliminar.
Identificar e avaliar consequências significativas resultantes de falha humana.
Identificar situações que podem conduzir a perturbações de operação, avaria de equipamento ou perda de material processado.
Melhorar condições operacionais.
Aumentar a eficiência dos equipamentos de operação.
Melhorar a compreensão do processo por parte dos membros da equipa (as reuniões podem oferecer novas informações acerca das operações, aumentando o grau de conhecimento).

Tabela 8 - Desvantagens da aplicação do Método HAZOP (Kotek e Tabas, 2012).

Desvantagens
Exige um longo período de tempo.
Requer uma equipa constituída por elementos com elevados conhecimentos e capacidades sobre o estudo HAZOP. Sem uma boa equipa HAZOP e sem um bom líder, o estudo não deverá ser realizado.

2.6. Revisão sistemática

Tendo por base o âmbito do presente trabalho, decidiu-se realizar uma revisão sistemática no sentido de analisar artigos científicos publicados que abordem a aplicação do método HAZOP na indústria. A revisão foi efetuada seguindo os princípios da metodologia Prisma Statement⁵. A pesquisa foi realizada com o recurso a 3 bases de dados diferentes (Science Direct, Scopus e Web of Science) e foi utilizada a seção “expert search” com a descrição: TITLE-ABS-KEY ("Hazop" or "Hazard and operability studies" or "Hazard and operability analysis") and ("Safety Industry" or "Process Industry " or "Chemical Industry" or "Oil Industry" or "Oil and Gas Industry" or "Petroleum Industry" or "Petrochemical Industry"), tendo por base os anos de publicação 2008-2016. Assim sendo, eliminaram-se os registos duplicados e excluíram-se 260 registos que representavam papéis de conferências, livros, capítulos de livros e que apresentavam o título ou o resumo inadequado, assim como os registos sem acesso. Depois da triagem e da avaliação dos artigos, foram selecionados 9 artigos pertinentes para o objetivo da revisão sistemática, tendo em conta o âmbito dos estudos. A sequência da revisão sistemática é apresenta na Figura 10. De seguida, foram analisados detalhadamente os 9 artigos selecionados. Nesta análise, considerou-se que o tipo de indústria, o sistema de estudo, a intenção do estudo, os pontos essenciais do HAZOP e as principais conclusões da aplicação do HAZOP de cada artigo, constituem os aspetos fundamentais de avaliação. Esta informação encontra-se apresentada na Tabela 9.

⁵ <http://www.prisma-statement.org> (acedido em 10/04/2016)

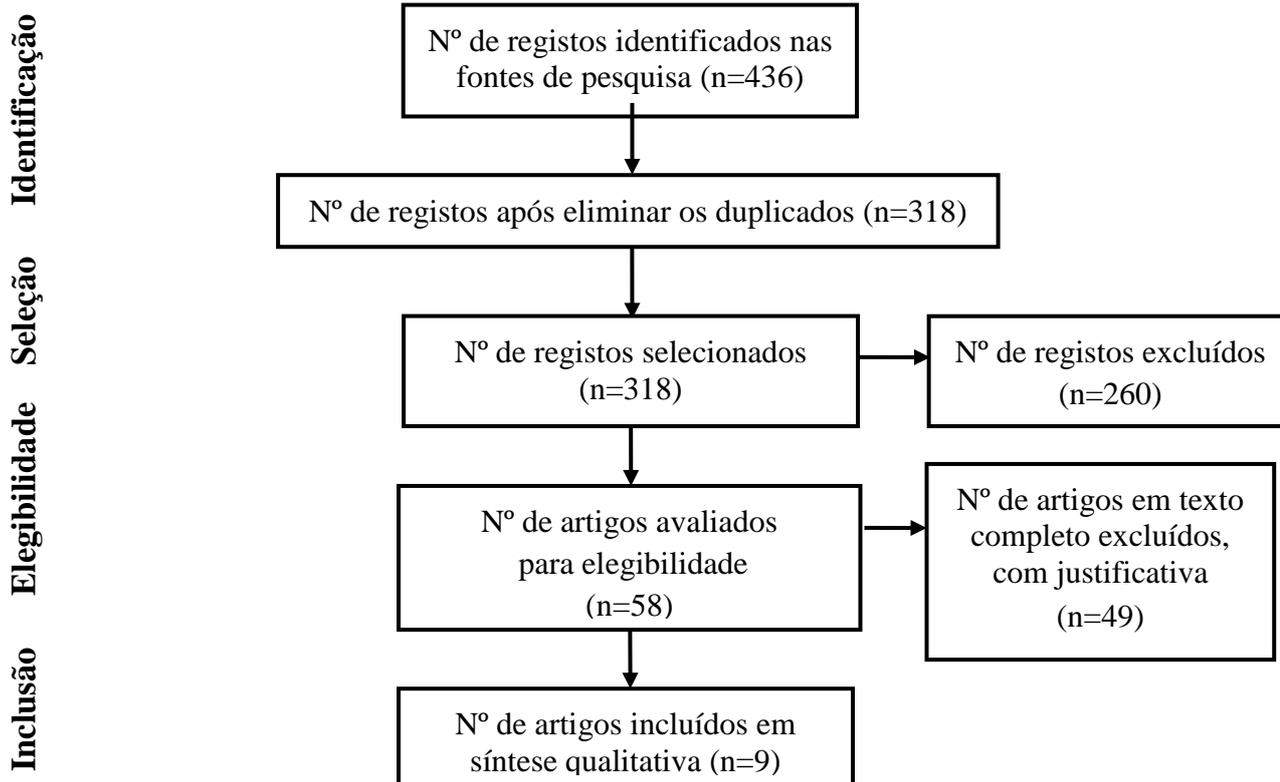


Figura 10 - Diagrama processual da inclusão de artigos da revisão sistemática.

Tabela 9 – Análise dos artigos selecionados na Revisão Sistemática.

Ano	País	Indústria Sistema em estudo	Intenção do estudo	Comentários	Principais Conclusões	Referência
2008	França	Química Permutador de calor	Identificar perigos potenciais do permutador de calor	1.Parâmetros: fluxo, temperatura, pressão, composição inicial. 2.Palavras-guia: nenhum, menos, bem como, reverso.	1.Identificação de 3 cenários que poderão levar a uma alteração térmica: nenhum fluxo de serviço, fluxos não reativos, paragem da linha de serviço e de reação.	(Benaissa <i>et al.</i> , 2008)
2010	Irão	Nuclear Sistema de arrefecimento primário de um reator	Identificação dos riscos e das situações perigosas de um sistema de arrefecimento primário de um reator	1.Foi selecionado 1 Nó de estudo. 2.Parâmetros: fluxo de entrada de água da linha de arrefecimento, fluxo de saída de água, temperatura de saída da água, pressão do pressurizador YU10-B002, nível do pressurizador YU10-B002 3.Palavras-guia: alta, baixa, menos. 4.Considerados 5 desvios. 5.Reator em fase de projeto.	1.Perda de refrigerante LOCA é uma das principais consequências analisadas. 2.O resultado do HAZOP permitiu encontrar recomendações a aplicar no desenho de fluxo de processo do sistema de arrefecimento do reator em fase de projeto com vista a melhorar a segurança.	(Hashemi-Tilehnoee e Tashakor, 2010)
2011	República da Coreia	Gás Quatro estações de combustível de hidrogénio	Analisar os riscos inerentes e os problemas que diminuem a eficiência do processo e verificar se os dispositivos de segurança foram instalados corretamente.	1.Foram selecionados 27 Nós de estudo. 2.Parâmetros: fluxo, pressão, temperatura, nível, etapa, tempo e adsorção a cada Nó de estudo. 3.Palavras-guia: mais, menos, nenhum, bem como, reverso. 4.Resultaram um total de 222 Desvios para as quatro estações.	1.Devido à acumulação de materiais estranhos, é necessário um filtro de asfixia e é recomendável a realização de limpezas e inspeções periódicas. 2.São necessárias verificações periódicas do filtro e do sensor de calor devido à retração da válvula da caldeira, acumulação de materiais estranhos e paralisação prevista do fornecimento de líquido de arrefecimento que causam um sobreaquecimento. 3.É necessário rever a instalação do medidor de caudal, para observar o manual de operação e educar os operadores pois o enchimento rápido ou fugas de gás podem provocar um sobreaquecimento e, conseqüentemente, causar um incêndio ou explosão. 4.Restrictar o acesso a pessoas não autorizadas e instalar rails (proteções metálicas) de forma a proteger os tubos e válvulas de abastecimento.	(Kim <i>et al.</i> , 2011)

Tabela 9 - (Continuação).

Ano	País	Indústria Sistema em estudo	Intenção do estudo	Comentários	Principais Conclusões	Referência
2012	China	Petroquímica Instalação de hidrogenação	Avaliar e controlar ou eliminar os riscos e prevenir acidentes numa instalação de hidrogenação.	1.Os equipamentos da instalação de hidrogenação foram selecionados como Nós de estudo. 2.Foi programado uma base de dados para gerir de uma forma segura e ordenada os dados do projeto de engenharia da análise HAZOP.	1.O Reator de hidrefinação R2001 tem bastante importância na instalação de hidrogenação. 2. Foi recomendado aumentar a frequência de monitorização de metal pesado, calcular todos os parâmetros que elevam a temperatura do reator e analisar o seu efeito, analisar o efeito de proporção de hidrogénio gasoso e petróleo sobre a temperatura de entrada e do leito do reator. 3.Os riscos potenciais na fase de conceção podem ser eliminados ou controlados pela aplicação das sugestões da análise HAZOP. 4.A combinação dos resultados HAZOP com a experiência do projeto de engenharia na base de dados desempenha um papel fundamental na segurança intrínseca da instalação.	(Wang <i>et al.</i> , 2012)
2013	Itália e Irão	Química Reator com membrana de sílica	Análise qualitativa do modo operacional do reator com membrana de sílica utilizado para conversão de metanol em hidrogénio.	1.O reator de membrana de sílica representa o único Nó de estudo 2.Parâmetros: Temperatura de reação, pressão de reação, fluxo de alimentação, razão molar. 3.Palavras-guia: mais, menos.	1.Foram recomendadas várias verificações de segurança antes da realização dos testes experimentais, por forma a evitar perdas económicas e de segurança. 2.Foi fortemente recomendado a utilização de um controlador de temperatura no sistema de aquecimento do reator com membrana de sílica.	(Ghasemzadeh <i>et al.</i> , 2013)
2013	China	Petroquímica Instalação de óxido de etileno e etilenoglicol	Desenvolver um programa de gestão de dados de segurança de processo para a instalação de óxido de etileno e etilenoglicol	Foram selecionados 39 Nós de estudo.	1.Durante o processo de produção pode ocorrer uma temperatura elevada descontrolada, que poderá resultar na queima do catalisador e em danos no reator. 2.Os documentos e guias de referências podem ser analisados com os resultados da análise HAZOP, ajudando os operadores a resolver problemas técnicos e lidar com situações anormais. 3.Ao utilizar o programa de gestão de dados de segurança, o tempo de pesquisa é reduzido e a capacidade operacional dos operadores é melhorada.	(Wang <i>et al.</i> , 2013)

Tabela 9 - (Continuação).

Ano	País	Indústria Sistema em estudo	Intenção do estudo	Comentários	Principais Conclusões	Referência
2014	Irão	Gás Unidade de recuperação de enxofre	Avaliar o nível de segurança da unidade de recuperação de enxofre (nomeadamente do forno, ventilador e equipamento de troca de calor)	<ol style="list-style-type: none"> 1.Foram selecionados 12 Nós de estudo. 2.Parâmetros: pressão, temperatura, fluxo. 3.Palavras-guia: mais, menos, reverso. 4.HAZOP integrado com Matriz de Risco. 5.A Matriz de Risco é uma tabela de avaliação de risco em função da probabilidade e severidade. A probabilidade foi estimada de acordo com a taxa de falha dos equipamentos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.Através da análise HAZOP, operadores podem encontrar facilmente as informações necessárias para fazer face a situações anormais. 2.A poluição da Unidade de recuperação de enxofre pode ser controlada. 3.A causa mais importante de desvios são os erros humanos. 4.Mais de 8 situações de riscos devem ser reduzidas para um risco aceitável. 5.A aplicação de bons procedimentos e a formação são controlos administrativos que podem reduzir o nível de risco para nível aceitável. 6.Estas técnicas são eficazes para o reconhecimento e previsão de perigos, aumentar níveis de segurança, prevenção de acidentes e melhorar a fiabilidade dos sistemas, reduzindo os problemas operacionais. 	(Alaei <i>et al.</i> , 2014)
2015	Brasil	Farmacêutica Bioreactor	Análise de riscos dos desvios de um bioreator, concebido para produzir proteínas recombinantes.	<ol style="list-style-type: none"> 1.Foram selecionados 5 Nós de estudo. 2.Parâmetros: pressão, temperatura, fluxo, corrosão, composição, esterilização agitação, adição, nível. 3.Palavras-guia: mais, menos, nenhum, bem como, além de. 4.Criação de um grupo multidisciplinar de especialista para efetuar a análise HAZOP. 5.HAZOP integrado com Matriz de Risco. 	<ol style="list-style-type: none"> 1.Matriz de risco permitiu transformar desvios qualitativos, numa análise semi-quantitativa, determinando o nível de risco dos 5 Nós de estudo. 2.Desvios mais críticos são aqueles que resultam da não conformidade dos requisitos regulamentares. 3.Recomendações para reduzir o número e o nível de riscos: formação de pessoal operacional, definir e validar um programa de manutenção, validar o controlo do <i>software</i>, verificar a implementação dos procedimentos operacionais padrão, verificações visuais a indicadores e sensores, incluindo pH, condutividade, pressão, nível e temperatura. 	(Herrera <i>et al.</i> , 2015)
2015	Itália	Gás Sistema de armazenamento de gás natural liquefeito	Analisar os riscos de um sistema de armazenamento de gás natural liquefeito em construção	<ol style="list-style-type: none"> 1.Foram selecionados 5 Nós de estudo. 2.Pâmetros: taxa de fluxo de gás natural liquefeito, pressão. 3.HAZOP integrado com FMECA (Failure modes, effects and criticality analysis). 4.A análise FMECA é baseada no cálculo do número prioritário de risco (RPN) que classifica o risco de acordo com a severidade, probabilidade e nível de deteção. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abordagem metodológica útil para identificar potenciais erros humanos, causas das falhas e correlação causa/consequência das várias fases do processo. 	(Giardina e Morale, 2015)

3. OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Objetivos da Dissertação

O Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais é um curso de carácter multidisciplinar que fornece uma abordagem integrada de forma a desenvolver, coordenar e controlar atividades de prevenção e proteção contra riscos profissionais.

A aplicação do Método HAZOP numa determinada unidade industrial visa identificar, avaliar, controlar e, se possível, eliminar perigos e problemas de operacionalidade. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal aplicação do Método HAZOP em duas áreas distintas da instalação da CEPSA Portuguesa Petróleos S.A. por forma a analisar as causas e as consequências dos desvios significativos identificados e avaliar se todas as medidas de salvaguarda existentes são suficientes e, caso seja necessário, propor ações de recomendação de modo a reforçar o nível de segurança de processo. Para o efeito, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Aquisição de conhecimentos técnicos sobre a aplicação do Método HAZOP;
- Aplicação do Método HAZOP numa operação na área de combustíveis: transferência interna de gasóleo de aquecimento de um tanque de grande capacidade de armazenamento para seis tanques de menor capacidade;
- Aplicação do Método HAZOP numa operação na área de betumes: abastecimento de camião cisterna com betume 50/70 desde um tanque de armazenamento até a um braço de carga;
- Breve análise dos acidentes e incidentes industriais ocorridos na instalação da CEPSA Portuguesa Petróleos S.A..

3.2. Materiais e Métodos

De forma a concretizar o objetivo da aplicação do Método HAZOP nas duas operações realizadas na instalação da CEPESA, o presente trabalho foi desenvolvido de acordo com o Diagrama processual representado na Figura 11.

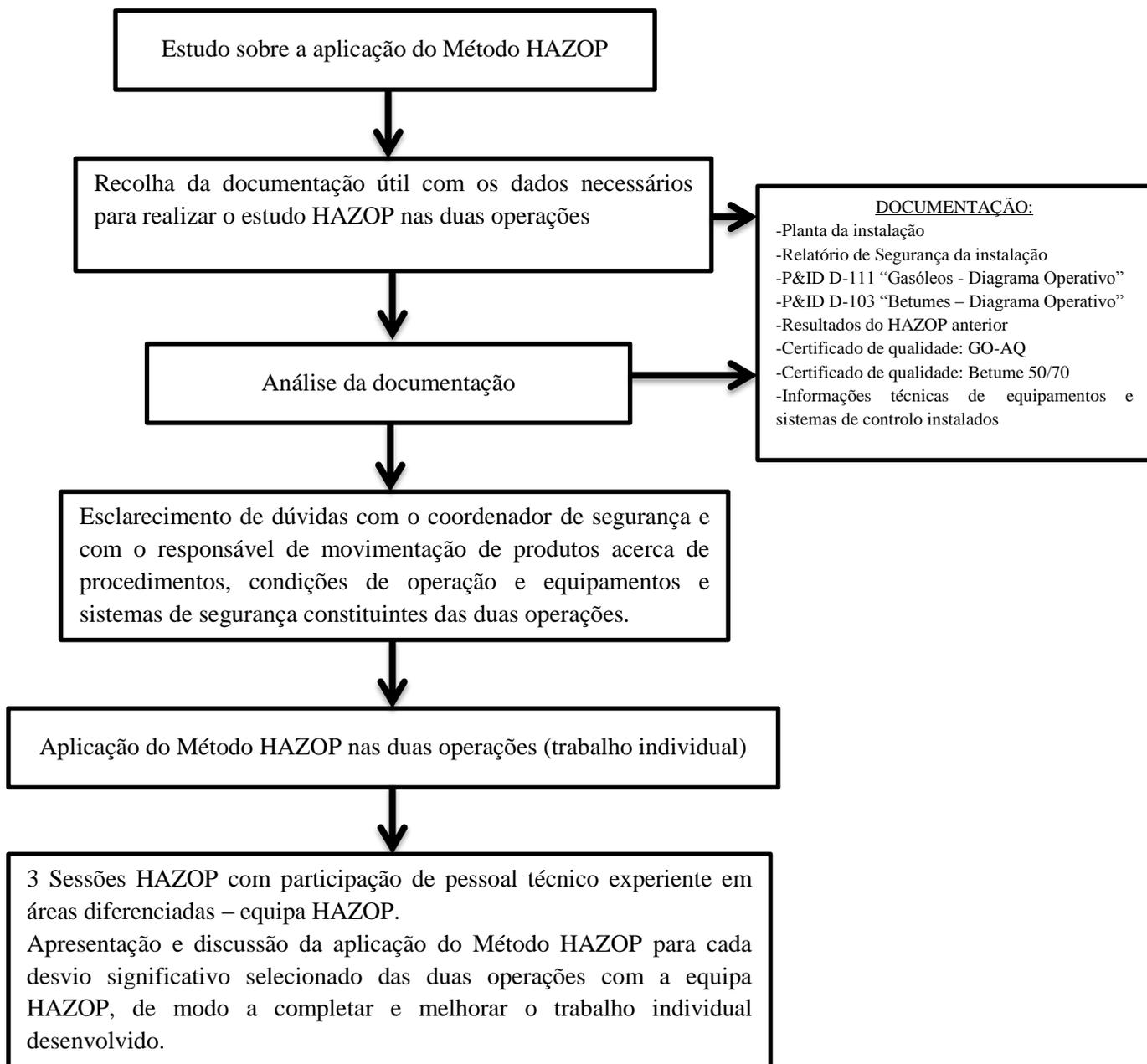


Figura 11 - Diagrama processual do trabalho desenvolvido.

A aplicação do Método HAZOP para as duas operações foi desenvolvido de acordo com o seguinte Diagrama de fluxo, representado na Figura 12.

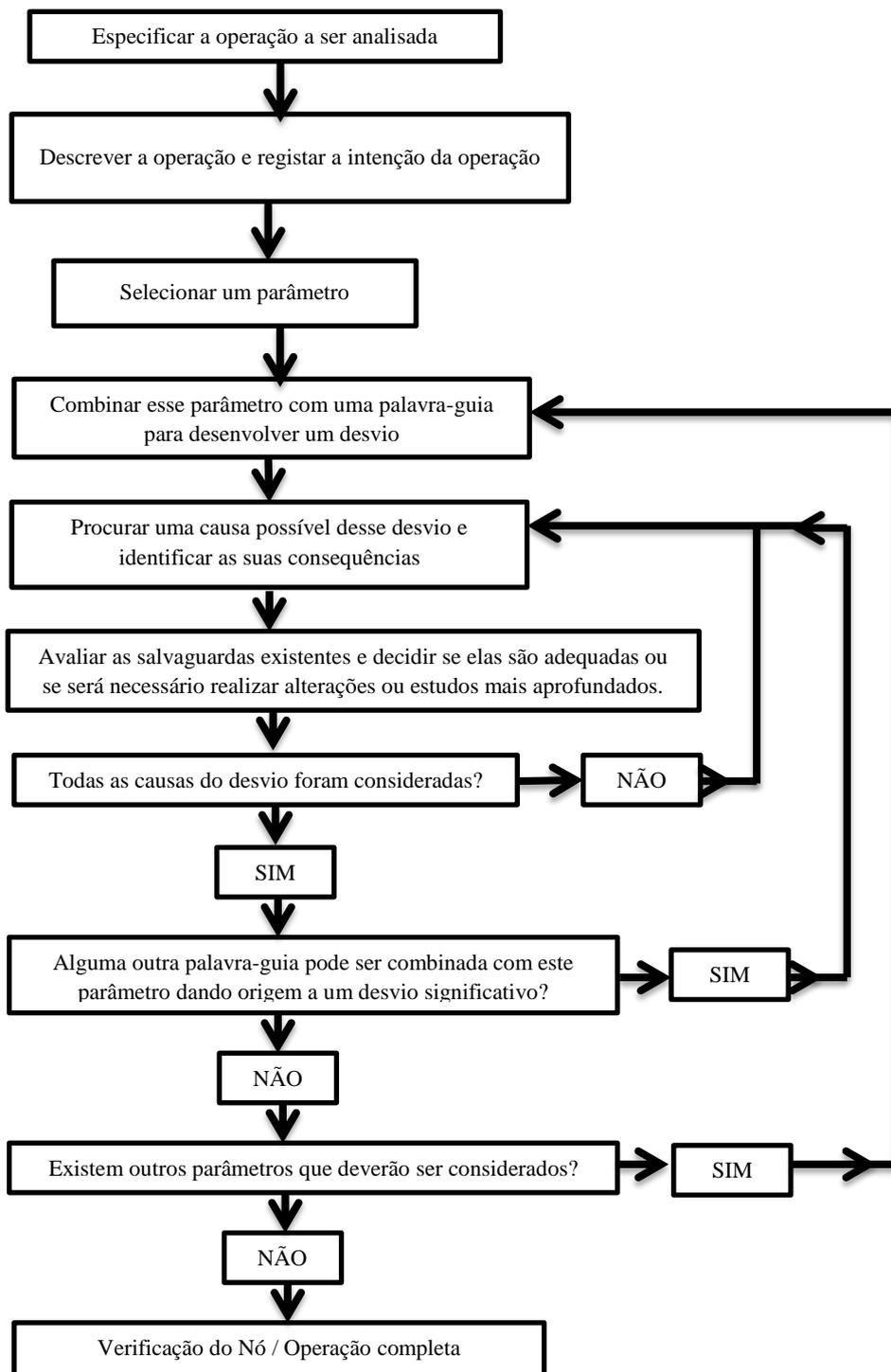


Figura 12 - Diagrama de fluxo para uma análise HAZOP (adaptado de Crawley e Tyler, 2015).

PARTE 2

Tabela 10 – Descrição das diferentes Seções do estabelecimento.

SEÇÃO	DESCRIÇÃO
ÁREA 0	Parque de matérias-primas Parque de resíduos Defesa Contra Incêndio (DCI)
ÁREA 1	Armazenamento de gasóleo
ÁREA 2	Armazenamento de gasóleo
ÁREA 3	Armazenamento de betume e óleo térmico
ÁREA 4	Armazenamento de gasóleo, gasolina, queroseno e interfase/misturas de HC.
ÁREA 5	Armazenamento de gasóleo e biodiesel
ÁREA 6	Estação de bombagem
ÁREA 7	Ilhas combustíveis e corantes/marcadores
ÁREA 8	Cais HCl (33%) e Emulgentes
ÁREA 9	Fábrica Emulsões
ÁREA 10	Aditivos de qualidade combustíveis e unidade de recuperação de COVs
ÁREA 11	Separador de Águas Residuais e Posto de Transformação

4.2. Descrição geral dos processos de combustíveis e betumes asfálticos

Nas instalações do estabelecimento da CEPSA, as operações associadas aos combustíveis, onde se inclui a gasolina, o gasóleo e o petróleo iluminante, envolvem sobretudo a receção e o armazenamento em tanques verticais de superfície para posterior venda e distribuição. O abastecimento de gasolina e de gasóleo para a instalação é efetuado por oleodutos que ligam diretamente a instalação ao Terminal Petrolero do Porto de Leixões (TPPL) operado pela Petrolgal, enquanto o petróleo iluminante é rececionado por camião cisterna. Nas instalações da CEPSA existem válvulas de segurança e de alívio de pressão e válvulas de drenagem e respiro de desgaseificação que permitem vaziar a linha quando necessário para diversas atividades de manutenção. Os tanques de combustíveis dispõem de medidores de nível com quatro alarmes definidos, alto e muito alto nível e, também, baixo e muito baixo nível, com registo na sala de controlo. Além disso, os tanques de combustíveis presentes nas Áreas 1, 2 e 3 possuem um segundo medidor de nível independente do primeiro. Estes alarmes atuam na sala de controlo e no exterior por sirene para os operadores de campo. Todos os tanques são equipados com sondas de temperatura e conectados com 3 alarmes (baixa, alta e muito alta temperatura), com registo na sala de controlo. Além destas medições em contínuo, também se realizam medições físicas de nível, de temperatura e recolha de amostras para validação dos cálculos de transferências.

O processo de transferência destes produtos para o estabelecimento da CEPSA é efetuado com comunicação via rádio, entre o pessoal do TPPL e a sala de controlo da

CEPSA por forma a coordenar as operações de bombagem de barcos, abertura e fecho de válvulas desde o TPPL até às instalações da CEPSA, assim como qualquer situação de emergência que se possa verificar. Este processo também envolve a vigilância por parte do operador de serviço sobre os tanques e circuitos. Este tipo de operações requer o fecho das válvulas de saída e a medição do nível por uma boca situada no teto do tanque e da temperatura com o recurso a uma sonda antes de iniciar a operação. Além disso, sempre que se considere necessário, analisa-se uma amostra extraída através das tomas situadas na parede lateral do tanque. No final de cada transferência deste género, realizam-se medições de amostras dos tanques envolvidos na transferência, tanto por parte da CEPSA, como por parte da empresa abastecedora, certificando a coincidência das amostras.

Nas instalações também são realizadas transferências internas de combustíveis de uns tanques para outros, conforme as necessidades, sempre com a vigilância da sala de controlo e do operador de serviço. Antes de realizar cada transferência, verifica-se que todas as válvulas de passagem até ao tanque selecionado estão abertas e que as válvulas e discos cegos que isolam os possíveis tanques que recebem do mesmo coletor geral se encontram fechadas. Para evitar sobreenchimentos, o operador da sala de controlo verifica, via Tankmaster (*software* de controlo de tanques), o nível de enchimentos dos tanques envolvidos na operação e o caudal de transferência. Esta operação também é monitorizada no exterior com o recurso a indicadores de nível e de caudal em campo por um segundo operador. Além disso, a instalação é dotada de alarmes sonoros na sala de controlo e em campo, que atuam em caso de sobreenchimento. O abastecimento dos produtos combustíveis para as cisternas, realiza-se utilizando um conjunto de grupos eletrobomba concentrados numa estação de bombagem na Área 6, desde os tanques de armazenamento até à Ilha de combustíveis localizada na Área 7.

As operações realizadas na instalação com os betumes asfálticos consistem na receção e armazenagem em tanques verticais de superfície, para posterior venda e distribuição, e na utilização dos produtos betuminosos como matéria-prima para a fabricação de emulsões betuminosas. O betume asfáltico é descarregado na APDL por navios que utilizam as próprias bombas, chegando à instalação por oleoduto até aos tanques de armazenamento de betumes, localizados na Área 3. Existem três ilhas de enchimento (Ilhas 6, 7 e 8) localizadas na Área 8 para realizar a carga dos camiões cisterna de betume asfáltico. Estes pontos de carga são equipados com sistema de enchimento automático através de *accuload*, contador mássico e braço articulado acionado à distância por sistema pneumático com controlo de prevenção de sobreenchimento. Na Área 8 também existe o cais que consiste numa plataforma elevada com cobertura ao qual se procede ao enchimento de tambores de 200 litros de betume e emulsão betuminosa. Neste local também são armazenados os respetivos tambores para posterior carga de camiões recorrendo a empilhadores e a uma plataforma de comando elétrico designada por nivelador de cais.

A carga de betumes asfálticos para o enchimento de caminhões cisterna ou de tambores realiza-se desde os tanques de armazenagem recorrendo aos grupos eletrobomba situados na parte posterior do cais. A alimentação das bombas de engrenagem desde os tanques de armazenagem realiza-se por gravidade. O aquecimento de tanques e circuitos de tubagens na área de betumes é efetuado por um circuito de aquecimento de serpentinas com óleo térmico, aproximadamente, a 220 °C, através de um sistema de caldeiras que utiliza gasóleo como combustível.

4.3. Equipamentos e sistemas de segurança que integram as duas operações selecionadas

Controlo em Tankmaster: *software* de controlo de tanques, que recebe informação dos medidores de nível e das sondas de temperatura (PT-100), presente na sala de controlo.

Disco cego ou raquete: disco em aço colocado numa tubagem que bloqueia a passagem de produto nos dois sentidos.

Vigilância CCTV: câmaras de videovigilância presentes na instalação com objetivo principal de vigilância, sendo também utilizadas no auxílio nas operações.

Alarme de anti-fuga dos tanques: sistema de tanques em repouso que permite detetar variações de nível (subida ou descida), enviando automaticamente uma mensagem quando ocorre uma situação que ultrapasse os valores programados.

UPS - Unit Power System: sistema que protege a instalação de subtensões, sobretensões e falhas de energia elétrica.

Estabilizadores de corrente elétrica na entrada da instalação: sistema que compensa os picos de corrente elétrica e os desfasamentos de corrente elétrica provocados pelos equipamentos indutivos (motores elétricos), limitando a energia reativa (energia que não realiza trabalho mas é consumida pelos equipamentos) na rede elétrica.

Diagrama operativo: desenho operativo que representa equipamentos e acessórios constituintes da operação que se pretende realizar para utilização e consulta dos operadores.

Sistema de Proteção contra Incêndio: sistema de defesa contra incêndio constituído por rede de alimentação de água, rede de tubagens, fechadas em anel, vinte hidrantes com monitor direcional, um hidrante sem monitor, um sistema de refrigeração de tanques e um sistema de espuma. Esta rede também inclui uma central de bombagem e dois tanques iguais de reserva de água com capacidade de 4400 m³, localizados no plano de cota mais elevado da instalação.

Bacia de retenção: área estanque com capacidade de reter o produto do tanque de maior volume dentro dessa bacia e 50% da capacidade total armazenada nessa bacia.

Alarmes sonoros em campo: alarmes de alto e muito alto nível de Tanques.

Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas: referência visual da posição do fuso das válvulas para orientação do operador.

Sistema *accuload*: computador industrial presente na ilha de enchimento que permite controlar a carga de produto, fazendo a contagem de caudal e volume de produto.

Disparo térmico do motor da bomba: equipamento montado no suavizador de arranque do motor da bomba que faz parar a bomba quando existe sobreconsumo.

Indicador de pressão da bomba: manómetro com separador que serve para verificar as pressões do fluido da bomba.

Indicador de temperatura da bomba: termómetro que serve para verificar as temperaturas do fluido da bomba.

Válvula de segurança da bomba: válvula de mola regulada a determinada pressão que em caso de bloqueio na impulsão, abre, permitindo a recirculação do fluido na própria bomba.

Controlo de qualidade do betume: realização de ensaios laboratoriais diários, quinzenais e mensais definidos de acordo com o programa de controlo e qualidade.

Depósito de expansão de óleo térmico: sistema de compensação de óleo térmico, dotado de alarme de baixo e muito baixo nível de óleo térmico, que atua diretamente no sistema de motorização e controlo de aquecimento e nas caldeiras, em caso de muito baixo ou baixo nível de óleo térmico, fazendo parar o circuito de óleo térmico.

Abaixamento de pressão no retorno do circuito de óleo térmico com alarme: as caldeiras são dotadas de um equipamento que controla o diferencial de pressão de entrada e saída. Havendo disparidade no diferencial estabelecido, o sistema de controlo da própria caldeira interrompe o seu funcionamento e emite um alarme.

Transmissor de temperatura com alarme de alta temperatura do TK-352, com fecho das válvulas de antiretorno de óleo térmico: sistema que controla a temperatura do TK-352, através da sonda de temperatura, fechando e abrindo as válvulas de antiretorno do óleo térmico em função das temperaturas pré-estabelecidas.

Botão de paragem de emergência: botão existente na parte superior e inferior das ilhas de enchimento das áreas de combustíveis e betumes, que permite ao operador e motorista efetuar uma paragem de emergência da operação com sinais acústicos na instalação.

Sistema de carga G3C (Gestão de centros de carga da Cepsa): *software* que controla todos os sistemas de carga e gestão de stock dos produtos CEPSA.

Controlo de pesagem à entrada do camião cisterna: pesagem obrigatória do camião cisterna pelo sistema de carga G3C para controlo de carga e gestão de carga residual.

Sistema pneumático de controlo de sobreenchimento de camião cisterna instalado nos BC das ilhas de enchimento na área de betumes: BC são dotados de um sistema pneumático que fecha automaticamente as eletroválvulas e envia um sinal ao sistema *accuload*, caso ocorra obstrução da tubagem de ar comprimido resultante do sobreenchimento do camião cisterna.

Securiterra: ligação à terra do camião cisterna na carga de betumes.

4.4. Constituição da equipa HAZOP e dados necessários

O Estudo HAZOP relativo às duas operações escolhidas foi finalizado com três sessões HAZOP com a participação de elementos da CEPSA que possuem experiência em áreas diferenciadas no dia 7 de julho das 10h às 11h:30m e no dia 12 de julho das 10h:30m às 13h e das 15h:30 às 16h:30m. A Tabela 11 apresenta o pessoal técnico que fez parte das Sessões HAZOP e as folhas de presença das sessões HAZOP referentes às duas operações analisadas, podem ser consultadas no Anexo B. Antes da realização das sessões HAZOP, foi recolhida e analisada a documentação com a informação necessária para realizar o estudo, apresentada na Tabela 12. De seguida, foi aplicado individualmente o Método HAZOP para as duas operações selecionadas. Este trabalho individual realizado antes das sessões HAZOP envolveu várias semanas de dedicação.

Tabela 11 - Lista dos elementos que participaram na Sessão HAZOP.

Nome	Função	Anos de experiência CEPSA	Sessão 1: Operação na área de combustíveis	Sessão 2: Operação na área de betumes	Sessão 3: Operação na área de betumes
Nuno Fonseca	-	-	Presente	Presente	Presente
Tito Conrado	Diretor de Operações	27	-	Presente	-
Pedro Ferreira da Silva	Chefe de Operações - Engenharia	23	Presente	Presente	Presente
João Leigo	Coordenador HSE Segurança	25	Presente	Presente	Presente
José Carlos Cunha	Responsável Movimentação de Produtos - Sala de Controlo	26	Presente	Presente	Presente
Abílio Martins	Projetista – Sala de Engenharia	26	Presente	-	-

Tabela 12 - Documentação utilizada no Estudo HAZOP para as duas operações selecionadas.

Documentação
P&ID D-111 “Gasóleos - Diagrama Operativo”
P&ID D-103 “Betumes - Diagrama Operativo”
Resultados do HAZOP anterior
Planta da instalação
Relatório de Segurança da instalação
Certificado de qualidade - Gasóleo de Aquecimento
Certificado de qualidade – Betume 50/70
Informações técnicas de equipamentos e sistemas de controlo instalados

4.5. Estudo HAZOP na operação da Área de combustíveis

4.5.1. Descrição da operação

Uma quantidade de Gasóleo de Aquecimento (GO-AQ) é transferida por gravidade desde o TK-362 na Área 2 até aos tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 na Área 5. A operação exige o manuseamento e verificação de uma série de válvulas por parte do operador em campo e uma comunicação contínua entre o operador e a sala de controlo. Normalmente, o caudal de saída de GO-AQ do TK-362 corresponde, em média, 600 m³/h. Esta operação pode demorar cerca de 2 horas, estando dependente do caudal de saída do TK-362 e do nível de enchimento dos 6 Tanques da Área 5. O procedimento da operação está representado na Tabela 13. Também é possível verificar a linha de tubagem por onde atravessa o GO-AQ durante a respetiva operação através da observação da linha laranja no Diagrama Operativo representado na Figura 17. A temperatura de GO-AQ varia entre os 3°C e 30°C, conforme a temperatura ambiente. As restantes propriedades físico-químicas deste produto estão apresentadas na Tabela 14.

Tabela 13 - Procedimento da Operação.

ANTES	Confirmação do nível dos tanques recetores
	Comunicação entre a Sala de Controlo e o operador de campo para iniciar a verificação, abertura e fecho das válvulas envolvidas na operação
	Operador confirma que a válvula 786 se encontra fechada (Área 5)
	Operador fecha as 3 válvulas: 802, 131, 720 (Área 6)
	Operador abre as 6 válvulas de entrada dos tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 (Área 5)
	Operador confirma que a válvula 770 se encontra aberta (Área 5)
	Comunicação e confirmação com a Sala de Controlo
	Operador abre as 2 válvulas de saída do TK-362: 201 + 201B (Área 2)
DURANTE	Comunicação e controlo da operação na Sala de Controlo através da análise do caudal de saída do TK-362 e da análise dos caudais de entrada e nível de enchimento dos 6 tanques da Área 5. A vigilância da operação também é realizada pelo operador em campo.
	Comunicação entre a Sala de Controlo e o operador de campo para iniciar a abertura e fecho das válvulas envolvidas na operação.
DEPOIS	Operador fecha as 2 válvulas de saída do TK-362: 201 + 201B (Área 2)
	Operador fecha as 6 válvulas de entrada dos tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 (Área 5)
	Operador abre as 3 válvulas: 802, 131, 720 (Área 6)
	Operador abre a válvula 786 (Área 5)
	Comunicação entre o Operador e a Sala de Controlo do fim da operação

Tabela 14 - Propriedades físico-químicas do GO-AQ.

Massa volúmica (a 15°C)	Ponto de inflamação
$\leq 900 \text{ kg/m}^3$	$\geq 60 \text{ °C}$

4.5.2. Intenção da operação

A intenção da operação é a transferência por gravidade de GO-AQ do TK-362 (Área 2) para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 (Área 5) até atingir o nível de enchimento desejado dos 6 tanques envolvidos. Os tanques envolvidos nesta operação apresentam-se nas Figuras 14, 15 e 16.



Figura 14 - TK-362.



Figura 15 - TK-360, TK-360.1, TK-360.2.



Figura 16 - TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.

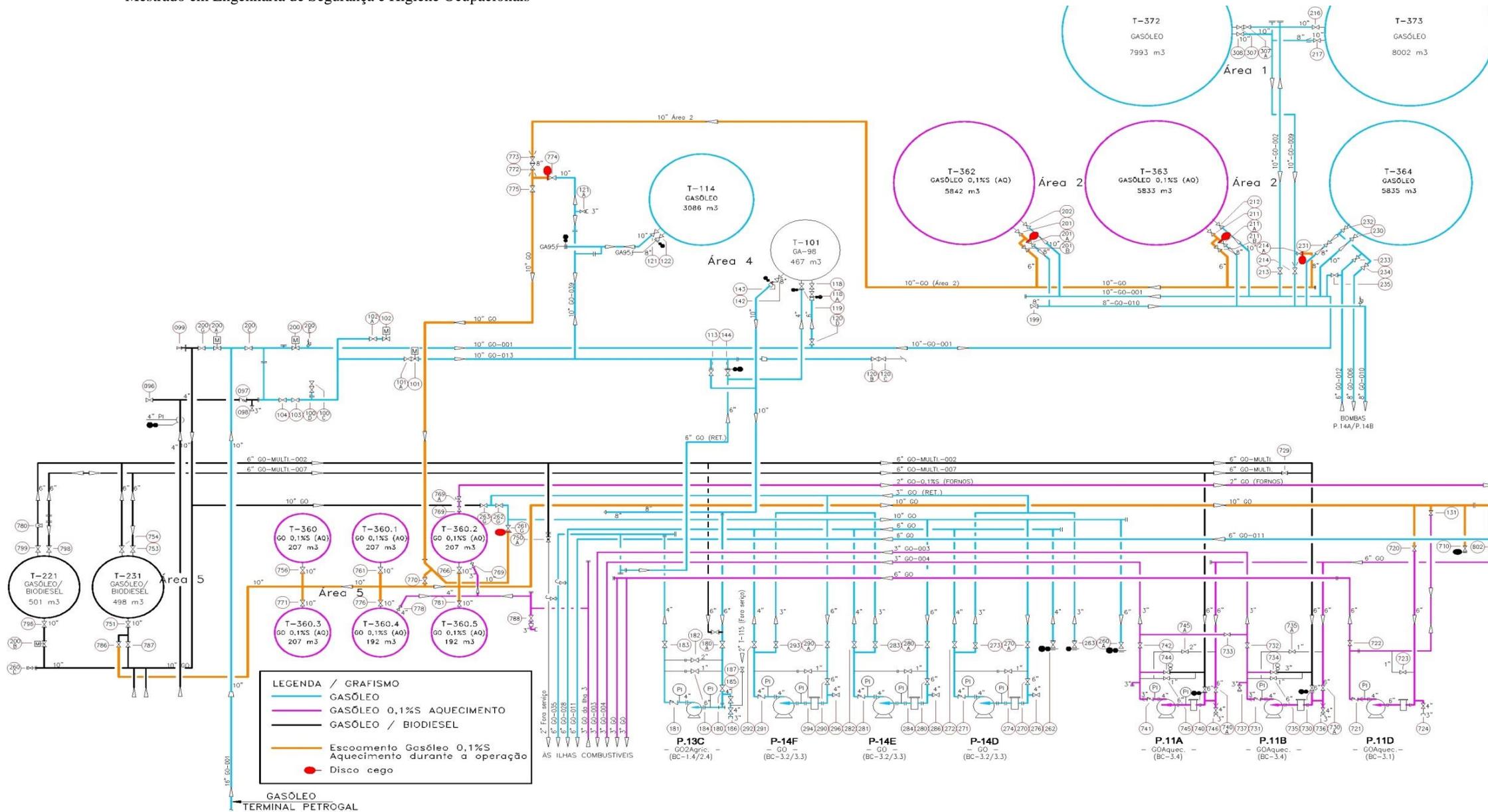


Figura 17- P&ID D-111 “Gasóleos - Diagrama Operativo” personalizado com linha laranja que representa a operação em estudo.

4.5.3. Aplicação do Método HAZOP na operação da área de combustíveis

Tabela 15 - Operação de Estudo: Transferência interna de GO-AQ do TK-362 para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
1	Fluxo	Mais	Mais Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: fechadas as válvulas de entrada de um ou mais tanques de receção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	Aumenta a velocidade de enchimento e risco de sobre enchimento de um ou mais tanques de receção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	Diagrama operativo	A1: Estudar a introdução de uma válvula motorizada, junto à válvula 770, que fecha automaticamente quando um dos tanques de receção de produto atinge nível muito alto. A2: Estudar a instalação de transmissor de nível em TK-360.1 e TK-360.3. A3: Estudar a instalação de medidor com redundância dotado com alarme anti-fuga em TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
Controlo em Tankmaster							
Transmissor de nível com alarme de alto e muito alto nível em 4 tanques: TK-360, TK-360.2, TK-360.4, TK-360.5							
Vigilância em campo pelo operador							
Alarme sonoro em campo							
2	Fluxo e Composição	Mais e Diferente	Mais Fluxo e Diferente Composição	Falha humana Má operação do circuito: abertas válvulas 786 e 787 (que se encontra aberta em posição normal)	Aumenta a velocidade de enchimento e risco de sobreenchimento dos tanques de receção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5. Contaminação com GO-RO proveniente de TK-364 ou TK-373 ou TK-372.	Diagrama operativo	A4: Introdução de disco cego na válvula 786. A1: Estudar a introdução de uma válvula motorizada, junto à válvula 770, que fecha automaticamente quando um dos tanques de receção de produto atinge nível muito alto. A2: Estudar a instalação de transmissor de nível em TK-360.1 e TK-360.3. A3: Estudar a instalação de medidor com redundância dotado com alarme anti-fuga em TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
Controlo em Tankmaster							
Transmissor de nível com alarme de alto e muito alto nível em 4 tanques: TK-360, TK-360.2, TK-360.4, TK-360.5							
Vigilância em campo pelo operador							
Alarme sonoro em campo							
Bacia de retenção							

Tabela 15 - (Continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
3	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: fechada uma das válvulas de saída do TK-362: 201 e 201B	Não enchimento dos tanques de recepção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5. Sem consequências de Segurança para o HAZOP.	Diagrama operativo	A5: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Controlo em Tankmaster	
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
4	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: fechada uma das válvulas de circuito: 770, 775, 772 e 773	Não enchimento dos tanques de recepção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5. Sem consequências de Segurança para o HAZOP	Diagrama operativo	A5: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Controlo em Tankmaster	
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
5	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: fechadas as válvulas de entrada dos tanques de recepção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	Não enchimento dos tanques de recepção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5. Sem consequências de Segurança para o HAZOP	Diagrama operativo	A5: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Controlo em Tankmaster	
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
6	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Material Bloqueio ou avaria de uma das válvulas de saída do TK-362 (201 e 201B) ou válvulas do circuito (770, 775, 772 e 773).	Não enchimento dos tanques de recepção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5. Sem consequências de Segurança para o HAZOP	Programa de manutenção	
						Controlo em Tankmaster	
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
7	Fluxo	Nenhum/ Menos	Nenhum/ Menos Fluxo	Supervisão e Organização Baixo nível do TK-362.	Não enchimento dos tanques de recepção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 Sem consequências de Segurança para o HAZOP.	Alarme anti-fuga do TK-362	
						Controlo em Tankmaster	
						Transmissor de nível redundante com alarme de baixo e muito baixo nível do TK-362	

Tabela 15 - (Continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
8	Fluxo	Menos	Menos Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: válvulas 720, 131 e 802 abertas.	Mais tempo para realizar operação de transferência. Sem consequências de Segurança para o HAZOP.	Diagrama operativo Controlo em Tankmaster Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	A5: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
9	Fluxo e Composição	Menos e Diferente	Menos Fluxo e Diferente Composição	Falha humana Má operação do circuito: válvulas 786 e 751 abertas	Mais tempo para realizar operação de transferência e possível contaminação de GO-AQ com biodiesel. Sem consequências de Segurança para o HAZOP.	Diagrama operativo Controlo em Tankmaster Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	A4: Introdução de disco cego na válvula 786.
10	Fluxo	Menos	Menos Fluxo	Material Rotura de tubagem ou rotura válvulas de circuito ou falta de estanqueidade de válvulas de circuito	Mais tempo para realizar operação de abastecimento dos tanques de receção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.	Programa de manutenção Operações rotineiras de verificação do estado do material Vigilância CCTV Vigilância em campo pelo operador Controlo em Tankmaster Bacia de retenção	A6: Estudar a instalação de sensores que detetem possíveis fugas na Área de armazenagem.
11	Nível	Menos	Menos Nível	Material Rotura no TK-362 (em repouso)	Derrame de GO-AQ.	Operações rotineiras de verificação do estado do material Programa de manutenção Alarme anti-fuga do TK-362 Transmissor de nível redundante com alarme de baixo e muito baixo nível do TK-362 Controlo em Tankmaster Vigilância CCTV Vigilância em campo pelo operador Bacia de retenção	A6: Estudar a instalação de sensores que detetem possíveis fugas na Área de armazenagem.

Tabela 15 - (Continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
12	Nível	Menos	Menos Nível	Material Rotura num dos tanques de receção de produto: TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 (em repouso)	Derrame de GO-AQ.	Operações rotineiras de verificação do estado do material Programa de manutenção Transmissor de nível com alarme de baixo e muito baixo nível em 4 tanques: TK-360.0, TK-360.2, TK-360.4 e TK-360.5 Controlo em Tankmaster Vigilância CCTV Vigilância em campo pelo operador Bacia de retenção	A2: Estudar a instalação de transmissor de nível em TK-360.1 e TK-360.3. A3: Estudar a instalação de medidor com redundância dotado com alarme anti-fuga em TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5. A6: Estudar a instalação de sensores que detetem possíveis fugas na Área de armazenagem.
13	Temperatura	Mais	Temperatura alta	Externa/ambiental Incêndio exterior	Aumento da temperatura e da pressão no circuito de tubagem e nos tanques. Possibilidade de rotura, derrame e risco de incêndio com danos materiais e pessoais.	Transmissor de temperatura com alarme de alta e muito alta temperatura no TK-362 e nos 6 tanques de receção de produto com registo na sala de controlo via Tankmaster corroborando as temperaturas com o termómetro analógico Vigilância CCTV Vigilância em campo pelo operador Alarme sonoro em campo Bacia de retenção Sistema de Protecção contra incêndios	A6: Estudar a instalação de sensores que detetem possíveis fugas na Área de armazenagem.
14	Temperatura	Mais	Temperatura alta	Externa/ambiental Condições ambientais extremas no verão	Aumento da temperatura e da pressão no circuito de tubagem e nos tanques. Possibilidade de rotura, derrame e risco de incêndio com danos materiais e pessoais.	Transmissor de temperatura com alarme de alta e muito alta temperatura no TK-362 e nos 6 tanques de receção de produto com registo na sala de controlo via Tankmaster corroborando as temperaturas com o termómetro analógico Vigilância CCTV Vigilância em campo pelo operador Alarme sonoro em campo Bacia de retenção Sistema de Protecção contra incêndios	A6: Estudar a instalação de sensores que detetem possíveis fugas na Área de armazenagem.

Tabela 15 - (Continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
15	Corrente Elétrica	Mais	Mais Corrente Elétrica	Externa/ambiental Sobreintensidade de corrente elétrica	Possível dano em sistemas eletrónicos e consequente falta de controlo de condições de operação.	UPS: Unit Power System (Unidade de alimentação ininterrupta)	
						Estabilizadores de corrente elétrica na entrada da instalação: bateria de condensadores	
						Programa de manutenção	
16	Corrente Elétrica	Nenhuma	Nenhuma Corrente Elétrica	Externa/ambiental Inexistência de corrente elétrica por causa de falha no sistema de rede elétrica.	Falha em sistemas eletrónicos e consequente falta de controlo de condições de operação.	UPS: Unit Power System (Unidade de alimentação ininterrupta)	
						Existência de um gerador para o caso de falha no sistema de rede elétrica	
						Programa de manutenção	

4.6. Estudo HAZOP na operação da área de betumes

4.6.1. Descrição da operação

Uma quantidade de betume 50/70 é transferida desde o TK-352 até chegar ao BC 7, com o recurso a uma bomba de engrenagem (bomba P-12C), de forma a realizar a carga do camião cisterna. A operação requer o manuseamento e verificação de várias válvulas por parte do operador de campo. Também é necessário a verificação da temperatura do circuito, a confirmação do bom funcionamento do sistema pneumático de BC e do sistema de ar comprimido (responsável pela abertura e fecho das eletroválvulas do circuito), assim como a averiguação do estado do interior do camião cisterna e do securiterra. A operação é realizada com o recurso a um sistema de enchimento automático através do sistema *accuload* e contador mássico e braço articulado acionado à distância com sistema de controlo de sobreenchimento. No início da operação, o processo de carga do camião cisterna dá-se apenas por gravidade até atingir, aproximadamente, 400 kg de betume registados pelo medidor mássico. Quando ultrapassado este valor, a bomba P-12C liga-se automaticamente e o caudal mássico de betume vai aumentando gradualmente até estabilizar em 1200 kg/min durante a maior parte do tempo de carga. Posteriormente, quando a quantidade de betume a carregar começa a ser limitada o caudal mássico começa a diminuir gradualmente até ao momento em que a bomba desliga automaticamente quando faltarem 400 kg de betume para abastecer.

O procedimento da operação está representado na Tabela 16 e as propriedades físico-químicas do betume 50/70 encontram-se na Tabela 17. Também é possível verificar a linha de tubagem por onde atravessa o betume 50/70 durante a respetiva operação através da observação da linha laranja da Figura 21.

Dada a existência de uma bomba no circuito de tubagem a analisar, decidiu-se dividir a operação em 2 Nós de Estudo:

No de Estudo 1: Transferência de betume 50/70 desde o TK-352 até à bomba P-12C.

Nó de Estudo 2: Transferência de betume 50/70 desde a bomba P-12C até ao camião cisterna.

Tabela 16 - Procedimento da Operação.

ANTES	Verificação da documentação do camião cisterna e do motorista, controlo da capacidade de carga do camião cisterna e autorização de carga na sala de expedição.
	Comunicação entre a Sala de Controlo e o operador de campo para iniciar a verificação, das válvulas envolvidas na operação
	Operador confirma que as válvulas 473, 465, 452, 445, 444, 428, 421, 501, 580, 582, 516, 524, 563, 562 se encontram fechadas e que as válvulas 446, 443, 522, 521, 526, 527, 525, 567 e 566 e se encontram abertas.
	Operador confirma se os circuitos e válvulas estão aquecidos, se existe pressão no ar comprimido e se o sistema pneumático dos braços está em correto funcionamento.
	O motorista estaciona o camião cisterna, liga a securiterra (lâmpada fica verde) e entrega ordem de carga ao operador e o Check-List
	No camião cisterna, o motorista abre a porta de homem e o operador movimenta o braço de carga, verifica se existe produto residual e introduz o braço de carga na porta de homem.
	Operador verifica a documentação recebida e introduz a ordem de carga no sistema <i>accuload</i> (Sistema de enchimento automático)
DURANTE	Comunicação e controlo da Operação na Sala de Controlo através da análise do caudal registado pelo medidor mássico.
	A vigilância da operação também é realizada pelo operador em campo através do sistema <i>accuload</i> .
DEPOIS	Operador verifica se as EV junto ao BC 7 estão fechadas
	No camião cisterna, o operador levanta o braço de carga (espera cerca de 1 minuto para que o betume escorra totalmente do braço de carga), recolhe o braço de carga para a posição de repouso, fecha a porta de homem da cisterna e desliga o scuriterra
	Operador entrega o Check-list preenchido e assinado
	Operador verifica a saída do camião cisterna da ilha de enchimento em segurança

Tabela 17 - Propriedades físico-química do betume 50/70.

Massa volúmica (a 15°C)	Ponto de inflamação	Temperatura
1044 kg/m ³	286 °C	152 °C

4.6.2. Intenção da operação

A intenção da operação é a carga de um camião cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 (Área 3) até ao BC 7 (Área 8). O TK-352 é observável na Figura 18 e a Ilha de enchimento de betumes apresenta-se nas Figuras 19 e 20.



Figura 18 - TK-352.



Figura 19 - TK-362, TK-363 e Ilha de enchimento de betumes.



Figura 20 - Carga de caminhão cisterna com betume na Ilha de enchimento.

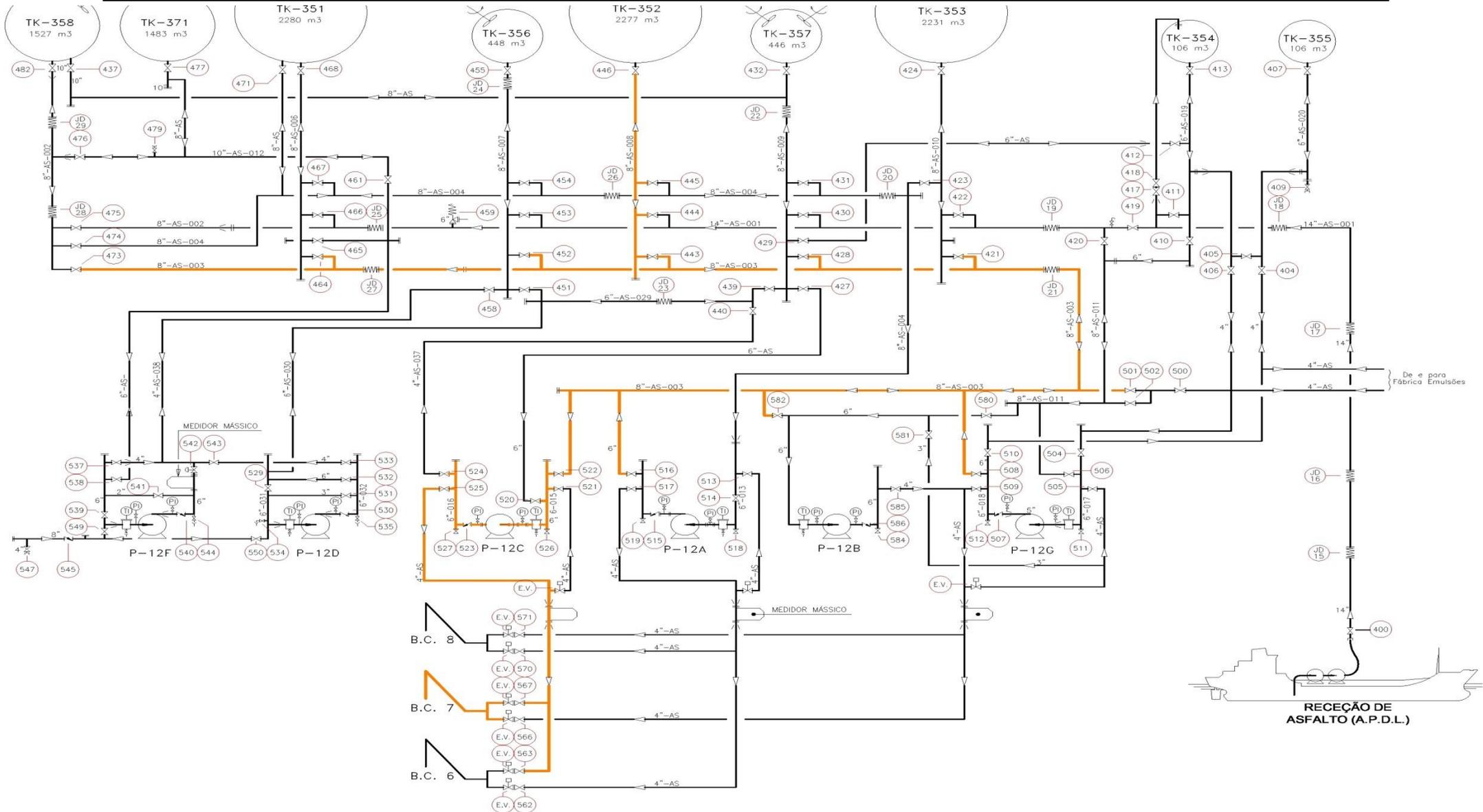


Figura 21 - P&ID D-103 "Betumes - Diagrama Operativo" personalizado com linha laranja que representa a operação em estudo.

4.6.3. Aplicação do Método HAZOP na operação da área de betumes

4.6.3.1. Aplicação do Método HAZOP no Nó de Estudo 1: Transferência de betume 50/70 desde o TK-352 até à bomba P-12C

Tabela 18 - Aplicação do Método HAZOP no Nó de Estudo 1: Transferência de betume 50/70 desde o TK-352 até à bomba P-12C.

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
1	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: fechada válvula de saída do TK-352 (446).	Não é realizada transferência de betume para o circuito. Sem consequências de Segurança para o HAZOP.	Diagrama operativo	A1: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Sinalização em campo da posição do fuso do volante das válvulas	
						Deteção de nenhum fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico: bomba P-12C não liga	
						Controlo em Tankmaster	
2	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Falha humana Má operação do circuito: fechada válvula de circuito 522.	Não é realizada transferência de betume para o circuito. Sem consequências de Segurança para o HAZOP.	Diagrama operativo	A1: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Sinalização em campo da posição do fuso do volante das válvulas	
						Deteção de nenhum fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico: bomba P-12C não liga	
						Controlo em Tankmaster	
3	Fluxo	Nenhum/ Menos	Nenhum/Menos Fluxo	Supervisão e Organização Obstrução dos respiros do TK-352.	Abaixamento de pressão. Bombagem pode sugar o TK-352 com possível rotura do TK-352.	Programa de manutenção	A2: Estudo da colocação de uma válvula de pressão e vácuo colocada no TK-352.
						Vigilância CCTV	
						Vigilância em campo pelo operador	
						Controlo em Tankmaster	
4	Fluxo	Nenhum/ Menos	Nenhum/Menos Fluxo	Supervisão e Organização Obstrução do filtro antes da bomba P-12C.	Vazio na linha depois do filtro, origina sobre-esforço do motor da bomba e consequente sobreaquecimento com possíveis danos materiais. Possível danificação do filtro. Não é realizada transferência de betume para o circuito a jusante ou mais tempo para realizar operação.	Programa de limpeza de filtros	
						Disparo térmico do motor da bomba	
						Deteção de nenhum ou pouco fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico: bomba não liga caso não detete nenhum fluxo	
						Controlo em Tankmaster	
						Indicador de pressão	
						Indicador de temperatura	

Tabela 18 - (continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
5	Fluxo	Nenhum/ Menos	Nenhum/Menos Fluxo	Supervisão Organização Baixo Nível do TK-352.	Cavitação na bomba P-12C e possíveis danos materiais (bomba e tubagens) e perda de fornecimento de betume para BC 7. Risco de incêndio em equipamentos. Não é realizada transferência de betume para o circuito a jusante ou mais tempo para realizar operação.	Alarme anti-fuga do TK-352	A3: Estudo da instalação de um medidor com redundância com alarme de nível muito baixo, baixo, alto e muito alto no TK-352.
						Transmissor de nível com alarme de baixo e muito baixo nível do TK-352	
						Deteção de baixo/nenhum fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico: bomba não liga caso não detete nenhum fluxo	
						Disparo térmico do motor da bomba	
						Controlo em Tankmaster	
						Indicador de pressão	
						Indicador de temperatura	
						Vigilância CCTV	
						Vigilância em campo pelo operador	
Sistema de Proteção contra Incêndio							
6	Fluxo e Composição	Menos e Diferente	Menos Fluxo e Diferente Composição	Falha humana Má operação do circuito: válvula(s) do circuito aberta (s) (473, 465, 452, 445, 444, 428, 421, 501, 516 582, 520).	Mais tempo para realizar operação de transferência. Perda de qualidade de produto: contaminação de betume 50/70 com outros tipos de betume.	Diagrama operativo	A1: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Sinalização em campo da posição do fuso do volante das válvulas	
						Deteção de baixo fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico	
						Controlo em Tankmaster	
						Alarme anti-fuga dos tanques de betumes	
Controlo em Tankmaster							
7	Fluxo	Menos	Menos Fluxo	Material Fuga em válvula(s) de circuito por causa de defeito de estanqueidade.	Derrame de betume e diminuição de fluxo de betume até à bomba.	Programa de manutenção	A4: Reforço da vigilância CCTV.
						Deteção de baixo fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico	
						Controlo em Tankmaster	
						Vigilância CCTV	
						Vigilância em campo pelo operador	
Bacia de retenção							

Tabela 18 - (continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
8	Temperatura	Mais	Temperatura Alta	Material Rotura interna do circuito de aquecimento de óleo térmico (óleo a 220 °C) no interior do TK-352.	Aumento da temperatura do TK-352 com degradação de produto.	Programa de manutenção	A5: Estudo da instalação de um sistema de controlo de variação de pressão no TK-352.
						Transmissor de temperatura com alarme de alta temperatura no TK-352, com fecho das válvulas de antiretorno do óleo térmico corroborando as temperaturas com o termómetro analógico	
						Depósito de expansão de óleo térmico	
						Abaixamento de pressão no retorno do circuito de óleo térmico com alarme	
						Controlo em Tankmaster	
Controlo de qualidade do betume							
9	Temperatura	Mais	Temperatura Alta	Externa/ambiental Incêndio exterior.	Aumento da temperatura no TK-352 e no circuito de tubagens com risco de rotura e derrame de betume. Aumento da emissão de vapores tóxicos e inflamáveis no TK-352 com risco de incêndio.	Tanques metálicos com isolamento térmico (lá de rocha)	A4: Reforço da vigilância CCTV
						Respiros do TK-352 diminuiriam sobrepressões internas excessivas em caso de incêndio	
						Transmissor de temperatura com alarme de alta temperatura no TK-352, com fecho das válvulas de antiretorno do óleo térmico	
						Vigilância em campo pelo operador	
						Vigilância CCTV	
						Alarme sonoro em campo	
Sistema de protecção contra incêndio							
10	Temperatura	Menos	Temperatura Baixa	Material Rotura externa do circuito de aquecimento do óleo térmico (óleo a 220 °C) que envolve o circuito de tubagens.	Diminuição da temperatura das tubagens com possível degradação do produto. Risco de solidificação de betume com risco de obstrução das tubagens e danificação de equipamentos (válvulas e bombas).	Programa de manutenção	A4: Reforço da vigilância CCTV
						Abaixamento de pressão no retorno do circuito de óleo térmico com alarme	
						Depósito de expansão de óleo térmico	
						Controlo em Tankmaster	
						Vigilância em campo pelo operador	
Vigilância CCTV							

Tabela 18 - (continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
11	Temperatura	Menos	Temperatura Baixa	Material Falha no sistema de aquecimento de betumes: falha no funcionamento da caldeira 1 que permite o aquecimento da serpentina com óleo térmico que envolve o circuito de tubagens e o TK-352.	Diminuição da temperatura de betume no circuito de tubagens e TK-352. Risco de solidificação de betume com risco de obstrução das tubagens e danificação de equipamentos (válvulas e bombas).	Programa de manutenção	
						Transmissão de falha para o sistema de motorização e controlo de aquecimento	
						Existência de Caldeira 2 e Caldeira 3: aptas para funcionamento caso seja necessário	
						Controlo em Tankmaster	
12	Corrente Elétrica	Mais	Mais Corrente Elétrica	Externa/ambiental Sobreintensidade de corrente elétrica.	Possível dano em sistemas eletrónicos e consequente falta de controlo de condições de operação.	UPS: Unit Power System (Unidade de alimentação ininterrupta)	
						Estabilizadores de corrente elétrica	
						Programa de manutenção	
13	Corrente Elétrica	Nenhuma	Nenhuma Corrente Elétrica	Externa/ambiental Inexistência de corrente elétrica por causa de falha no sistema de rede elétrica.	Falha em todos os sistemas eletrónicos e consequente falta de controlo de condições de operação.	UPS: Unit Power System (Unidade de alimentação ininterrupta)	
						Existência de um gerador para o caso de falha no sistema de rede elétrica	
						Programa de manutenção	

4.6.3.2. Aplicação do Método HAZOP no Nó de Estudo 2: Transferência de betume 50/70 desde a bomba P-12C até BC 7

Tabela 19 - Aplicação do Método HAZOP no Nó de Estudo 2: Transferência de betume 50/70 desde a bomba P-12C até BC 7.

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
14	Fluxo	Nenhum	Nenhum Fluxo	Material Eletroválvula 567 fechada devido a falha mecânica/elétrica.	Sobrepresão na linha de bombagem: Bomba P-12C com risco de sobrepresão no coletor de impulsão Não se transfere betume para o camião cisterna.	Programa de manutenção	
						Válvula de segurança da bomba	
						Disparo térmico do motor da bomba	
						Deteção de nenhum fluxo em Sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico	
						Controlo em Tankmaster	
						Possibilidade de paragem da bomba na Sala de Controlo mediante teclado	
						Indicador de pressão da bomba	
						Vigilância em campo pelo operador	
15	Fluxo	Nenhum	Menos Fluxo	Material Falha da bomba P-12C por causa de rotura ou falha mecânica.	Dano na bomba P-12C e mais tempo para realizar operação de transferência. Possível fuga de betume.	Programa de manutenção	A4: Reforço da vigilância CCTV.
						Deteção de baixo fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico	
						Controlo em Tankmaster	
						Possibilidade de paragem da bomba na sala de controlo mediante teclado	
						Indicador de pressão da bomba	
						Vigilância em campo pelo operador	
						Vigilância CCTV	
						Bacia de retenção	

Tabela 19 - (continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
16	Fluxo e Composição	Nenhum e Diferente	Menos Fluxo e Diferente Composição	Falha humana Má operação do circuito: válvulas de circuito abertas (524 e 440).	Mais tempo para realizar operação de transferência. Perda de qualidade de produto: contaminação de betume 50/70 com outros tipos de betume e risco de sobreenchimento de tanques na área de betumes.	Diagrama operativo	A1: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
						Transmissor de nível com alarme de alto e muito alto nível dos tanques de betumes	
						Alarme anti-fuga dos tanques de betumes	
						Deteção de baixo fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico	
						Controlo em Tankmaster	
						Alarme sonoro em campo	
						Vigilância em campo pelo operador	
Vigilância CCTV							
Bacia de retenção							
17	Fluxo	Menos	Menos Fluxo	Material Falha de estanqueidade das Eletroválvulas 566 ou 563.	Mais tempo para realizar operação de transferência. Perda de qualidade de produto: contaminação de betume 50/70 com outros tipos de betume e risco de sobreenchimento de tanques na área de betumes.	Transmissor de nível com alarme de alto e muito alto nível dos tanques de betumes	A4: Reforço da vigilância CCTV.
						Alarme anti-fuga dos tanques de betumes	
						Deteção de baixo fluxo em sistema <i>accuload</i> ligado ao medidor mássico	
						Controlo em Tankmaster	
						Alarme sonoro em campo	
						Vigilância em campo pelo operador	
						Vigilância CCTV	
						Bacia de retenção	
18	Fluxo	Menos	Menos Fluxo	Supervisão e Organização Obstrução de BC 7 devido a solidificação de betume.	Sobrepessão do BC 7 com possível rotura do BC e projeção de betume com risco de queimadura.	Verificação periódica do estado dos BC das ilhas de enchimento	
						Vigilância em campo pelo operador	
						Botão de paragem de emergência	
						Circuito de retorno bypass	

Tabela 19 - (continuação).

Nº Desvio	Parâmetro	Palavra-guia	Desvio	Causa	Consequência	Salvaguarda	Ação
19	Pressão	Mais	Mais Pressão	Falha humana Má operação do circuito: fechada válvula do circuito bypass (521).	Não passa betume pelo circuito bypass. Perda de amortecimento e sobrepressão na impulsão poderá provocar sobreaquecimento da bomba, com possíveis danos materiais e risco de incêndio.	Diagrama operativo	A1: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
						Sinalização em campo da posição do fuso das válvulas	
						Disparo térmico do motor da bomba	
						Possibilidade de paragem da bomba na sala de controlo mediante teclado	
						Indicador de pressão da bomba	
						Indicador de temperatura da bomba	
						Vigilância em campo pelo operador	
						Vigilância CCTV	
20	Nível	Menos	Menos Nível	Material Fuga em camião cisterna por falha de estanqueidade de válvulas ou rotura.	Derrame de betume com possíveis danos pessoais.	Botão de paragem de emergência	A4: Reforço da vigilância CCTV.
						Sistema de Proteção contra Incêndio	
						Programa de manutenção	
						Supervisão efetiva por parte de operador e motorista	
21	Nível	Mais	Mais Nível	Supervisão e Organização Deficiente controlo de carga residual de cisterna ou introdução incorreta de valores: quantidade de betume requisitada superior à capacidade de armazenamento do camião cisterna devido a este já ter algum produto antes da operação.	Risco de sobreenchimento do camião cisterna e posterior derrame com possíveis danos pessoais.	Botão de emergência	
						Vigilância CCTV	
						Sistema de carga G3C (Gestão de centros de carga da Cepsa)	
						Controlo de pesagem de camião cisterna à entrada	
						Procedimento contempla verificação do estado do interior do camião cisterna antes da operação pelo operador	
						Sistema pneumático de controlo de sobreenchimento de camião cisterna instalado no BC	
						Supervisão efetiva por parte de operador e motorista	

4.7. Breve análise dos acidentes e incidentes industriais ocorridos na instalação

De forma compreender melhor o nível de segurança industrial do parque de armazenagem de produtos combustíveis e armazenagem e fabrico de produtos betuminosos da CEPSA Portuguesa Petróleos S.A., foi realizada uma análise dos acidentes e incidentes industriais ocorridos desde 1994 até 2016.

Desde 1994, o incidente industrial mais frequente foi do tipo derrame menor e a zona da instalação mais crítica é a área de betumes. Também foram analisadas as causas repetidas de acidente industrial de modo a estabelecer um entendimento mais detalhado da segurança de processo da instalação. A deficiente manobra/verificação das válvulas de circuito foi a principal causa de incidente industrial, sempre registada na área de betumes, nomeadamente no setor da fábrica de betumes. Outras causas comuns resultaram da tubagem degradada dos oleodutos na zona da APDL e deficiente manobra/verificação de braços de carga na zona dos betumes de enchimento.

De salientar, no entanto, que nos últimos 22 anos ocorreram apenas três acidentes industriais. O primeiro acidente deste género foi registado na zona de armazenagem de betumes, onde ocorreu um sobreenchimento de um tanque com transbordo de uma quantidade de betume pelo respiro do tanque para a área de retenção, levando à necessidade de substituição de isolamento do tanque em questão. Os outros dois acidentes industriais que sucederam foram localizados nos oleodutos da zona da APDL. O primeiro acidente nesta zona ocorreu devido à rotura da tubagem de fuel, libertando uma quantidade deste produto para o plano de água da APDL, enquanto que o segundo foi resultado de uma rotura da junta de dilatação que provocou uma fuga de betume que ficou contido no canal, não se verificando qualquer fuga para o exterior. O registo deste número de acidentes industriais, desde 1994, demonstra bem a robustez da segurança de processo das operações realizadas na instalação da Organização.

5. DISCUSSÃO

5.1. Síntese dos resultados obtidos na aplicação do Método HAZOP

Na aplicação HAZOP da operação de transferência interna de GO-AQ desde o TK-362 para os 6 tanques de armazenamento de menor capacidade, foram determinados oito desvios significativos diferentes: Mais Fluxo, Nenhum Fluxo, Menos Fluxo, Menos Nível, Diferente Composição, Temperatura Alta, Mais Corrente Elétrica e Nenhuma Corrente Elétrica. Nesta operação localizada na área de combustíveis, a Falha humana constitui a causa básica principal da geração dos desvios identificados, sendo responsável por 44 % desses desvios. Segue-se como causa principal as origens Material e Externa/ambiental, ambas com 25 %, e por fim a Supervisão e Organização com cerca de 6 %. A Tabela 20 apresenta as ações de recomendação que a equipa HAZOP apresentou para controlar ou eliminar os perigos e problemas de operacionalidade. A Tabela 21 mostra todos os desvios significativos identificados e ações de recomendação propostas para a operação na área de combustíveis.

Tabela 20 - Ações de Recomendação propostas pela equipa HAZOP para a operação de transferência interna de GO-AQ do TK-362 para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.

Ações de Recomendação
A1: Estudar a introdução de uma válvula motorizada, junto à válvula 770, que fecha automaticamente quando um dos tanques de receção de produto atinge nível muito alto.
A2: Estudar a instalação de transmissor de nível em TK-360.1 e TK-360.3.
A3: Estudar a instalação de medidor com redundância dotado com alarme anti-fuga em TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.
A4: Introdução de disco cego na válvula 786.
A5: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
A6: Estudar a instalação de sensores que detetem possíveis fugas na Área de armazenagem.

Tabela 21 - Desvios se Ações de Recomendação resultantes do Estudo HAZOP para a operação de transferência interna de GO-AQ do TK-362 para os tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5.

Nº Desvio	Desvio	Ação de Recomendação
1	Mais Fluxo	A1 A2 A3
2	Mais Fluxo e Diferente Composição	A4 A1 A2 A3
3	Nenhum Fluxo	A5
4	Nenhum Fluxo	A5
5	Nenhum Fluxo	A5
6	Nenhum Fluxo	-
7	Nenhum/Menos Fluxo	-
8	Menos Fluxo	A5
9	Menos Fluxo e Diferente Composição	A4
10	Menos Fluxo	A6
11	Menos Nível	A6
12	Menos Nível	A2 A3 A6
13	Temperatura Alta	A6
14	Temperatura Alta	A6
15	Mais Corrente Elétrica	-
16	Nenhuma Corrente Elétrica	-

Na aplicação HAZOP relativa à operação de abastecimento de caminhão cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 até ao BC 7, repartida em 2 Nós de Estudo, foram definidos um total de dez desvios significativos distintos: Nenhum Fluxo, Menos Fluxo, Composição Diferente, Temperatura Alta, Temperatura Baixa, Mais Corrente Elétrica, Nenhuma Corrente Elétrica, Mais Pressão, Mais Nível e Menos Nível. Nesta operação analisada, a causa básica principal da geração de desvios significativos foi Material com cerca de 38 % seguido de Supervisão e Organização, Falha humana e Externa/ambiental com aproximadamente 24 %, 24% e 14%, respetivamente. As ações de recomendações que a equipa HAZOP propôs para esta operação na área de betumes apresentam-se na Tabela 22. A Tabela 23 mostra todos os desvios significativos identificados e ações de recomendação propostas para a operação na área de betumes.

Tabela 22 - Ações de Recomendação propostas pela equipa HAZOP para a operação de abastecimento de caminhão cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 até ao BC 7.

Ações de Recomendação
A1: Análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo atual e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação.
A2: Estudo da colocação de uma válvula de pressão e vácuo colocada no TK-352.
A3: Estudo da instalação de um medidor com redundância com alarme de nível muito baixo, baixo, alto e muito alto no TK-352.
A4: Reforço da vigilância CCTV.
A5: Estudo da instalação de um sistema de controlo de variação de pressão no TK-352.

Tabela 23 - Desvios e Ações de Recomendação resultantes do Estudo HAZOP para a operação de abastecimento de caminhão cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 até ao BC 7.

Nº Desvio	Desvio	Ação de Recomendação
1	Nenhum Fluxo	A1
2	Nenhum Fluxo	A1
3	Nenhum/Menos Fluxo	A2
4	Nenhum/Menos Fluxo	-
5	Nenhum/Menos Fluxo	A3
6	Menos Fluxo e Diferente Composição	A1
7	Menos Fluxo	A4
8	Temperatura Alta	A5
9	Temperatura Alta	A4
10	Temperatura Baixa	A4
11	Temperatura Baixa	-
12	Mais Corrente Elétrica	-
13	Nenhuma Corrente Elétrica	-
14	Nenhum Fluxo	-
15	Menos Fluxo	A4
16	Menos Fluxo e Diferente Composição	A1
17	Menos Fluxo	A4
18	Menos Fluxo	-
19	Mais Pressão	A1
20	Menos Nível	A4
21	Mais Nível	-

Pela análise dos resultados da aplicação do Método HAZOP neste estudo, uma parte significativa dos desvios identificados tem como causa principal a Falha humana. Além disso, à exceção da introdução de um disco cego e da análise da eficácia da comprovação visual em campo do diagrama operativo e estudo das vantagens da implementação de uma lista de verificação, todas as ações de recomendação propostas pela equipa HAZOP, visam reforçar os níveis tecnológicos da instalação. Neste sentido, a aposta em soluções tecnológicas com elevados níveis de automação e controlo aplicadas a operações que envolvam processo é cada vez mais um foco prioritário da indústria pois permite às Organizações otimizar os seus processos e operações e aumentar os níveis de segurança de processo.

5.2. Reflexão crítica do trabalho realizado

O trabalho realizado permitiu propor soluções importantes que visam aumentar o nível de segurança de processo das duas operações analisadas. Além disso, é relevante referir que as três Sessões HAZOP contribuíram também para a melhoria da capacidade da equipa em aplicar o Método HAZOP como um recurso para identificar desvios, causas, consequências e medidas de salvaguarda para uma próxima operação ou processo que seja necessário analisar. Esta experiência também proporcionou a partilha de opiniões entre todos os elementos constituintes da equipa HAZOP e, como esperado neste estudo, a reflexão e a atualização de conhecimentos sobre as condições de operação e sistemas de segurança envolvidos nas duas operações estudadas.

A CEPSA Portuguesa Petróleos S.A. proporcionou-me excelentes condições para realizar este trabalho académico, constituindo um fator de motivação determinante para realizar o trabalho na Organização. Também é importante fazer referência à disponibilidade demonstrada pelo coordenador de segurança e pelo responsável de movimentação de produtos para clarificar alguma situação menos perceptível, assim como a elevada receptividade de todos os trabalhadores da CEPSA ao longo da realização do trabalho.

Em termos de dificuldades, destaca-se a elevada quantidade de informação que foi necessário reunir, e por conseguinte, a exigência de um longo período de análise de conteúdo. Além disso, tratando-se de uma metodologia normalmente realizada e liderada por equipas de consultoria com ampla experiência em estudos HAZOP, a minha falta de experiência na aplicação desta metodologia, nunca tendo aplicado antes de realizar este trabalho, também foi um fator que me restringiu ao longo da elaboração do trabalho. Também a minha inexperiência relativamente aos processos e operações realizadas na instalação, representou um obstáculo para compreender a complexidade dos processos envolvidos e o modo de funcionamento de alguns sistemas de segurança. Outro aspeto limitador enfrentado, foi o tempo restrito para concretizar a parte prática deste trabalho académico.

A aprendizagem sobre a aplicação do Método HAZOP e o seu exercício nas duas operações da Organização representou um complemento prático do Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais pois permitiu-me adquirir competências técnicas que ajudam a promover o nível de segurança de processo das instalações industriais. Além disso, a minha integração na equipa técnica da CEPISA com muita experiência na Organização, através da condução das Sessões HAZOP, do debate de ideias e do levantamento de questões críticas representou um desafio a nível pessoal.

A concretização deste trabalho permitiu compreender com bastante detalhe as condições operacionais e sistemas de segurança envolvidos das duas operações analisadas e adquirir novos conhecimentos em termos de segurança de processo. Este estudo comprovou que o Método HAZOP é uma ferramenta bastante poderosa para adequar a segurança de processo das instalações. Considero que a concretização deste trabalho proporcionou-me um enriquecimento do ponto de vista pessoal e técnico.

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

6.1. Conclusões

Existe um aumento da quantidade e complexidade de substâncias utilizadas pela indústria que envolve processo nas suas operações, que poderá levar à ocorrência de incidentes e acidentes industriais. De forma a prevenir a ocorrência desses acontecimentos na indústria de processo, diversas metodologias de avaliação de segurança têm sido desenvolvidas, destacando-se o Método HAZOP que se tornou a principal metodologia utilizada para identificar, avaliar, controlar ou eliminar perigos e problemas de operacionalidade em instalações de processo ou operações.

Foi aplicado o Método HAZOP numa operação de transferência interna de GO-AQ desde um tanque de grande capacidade para os seis tanques de armazenamento de menor capacidade e numa operação abastecimento de camião cisterna com betume 50/70 desde um tanque de armazenamento até a um braço de carga. Na operação da área de combustíveis foram identificados oito desvios significativos diferentes e propostas seis ações de recomendação, enquanto que na operação da área de betumes foram identificados dez desvios significativos distintos e sugeridas cinco ações de recomendação. Este estudo comprovou que o Método HAZOP é uma metodologia bastante poderosa para melhorar a segurança de processo das instalações ou operações existentes.

Constatou-se que a falha humana constitui uma causa básica principal com grande influência na geração de desvios significativos e que a maioria das ações de recomendação propostas pela equipa HAZOP pretende reforçar os níveis tecnológicos da instalação, aumentando os seus níveis de automação e controlo. Também importa constatar, que através da observação do modo de funcionamento dos equipamentos e sistemas de segurança instalados e da análise do historial de acidentes e incidentes industriais, concluiu-se que a CEPSA apresenta uma segurança de processo bastante robusta.

Numa análise geral, os objetivos propostos foram atingidos, conseguindo-se apresentar várias ações de recomendação que, caso sejam implementadas, vão aumentar a segurança de processo das duas operações analisadas. Desta forma, considero que a realização deste estudo produziu resultados importantes que poderão promover ainda mais a segurança da instalação industrial da CEPSA.

6.2. Perspetivas Futuras

Uma abordagem que poderá enriquecer este trabalho consiste em fazer um estudo de mercado para determinar as melhores soluções disponíveis no mercado em termos de custo/benefício das ações de recomendação propostas no Estudo HAZOP das duas operações.

Por outro lado e de modo a melhorar o desempenho dos próximos Estudos HAZOP na CEPSA Portuguesa Petróleos S.A., seria interessante desenvolver um programa de gestão de informação que inclua todos os equipamentos e sistemas de segurança existentes na instalação que atuam como salvaguardas para as causas e consequências de um determinado desvio significativo gerado nas principais operações realizadas na CEPSA Portuguesa Petróleos S.A. Este trabalho otimizaria o tempo de análise numa futura revisão geral HAZOP da instalação ou caso ocorra alguma modificação das operações ou instalações de processo. Além disso, o desenvolvimento desta proposta proporcionaria uma maior compreensão acerca de todos os sistemas de segurança de processo existentes na instalação, melhorando a capacidade operacional dos operadores em caso da existência algum perigo ou problema de operacionalidade.

Este trabalho académico realizado em ambiente empresarial foi concluído com bastante satisfação pois permitiu-me adquirir competências práticas sobre o Método HAZOP, técnica bastante utilizada pelas empresas químicas e de processos. O domínio desta metodologia, que visa controlar e eliminar os perigos e problemas de operacionalidade, poderá traduzir-se numa mais-valia em termos profissionais, de forma a auxiliar as organizações a tornarem-se mais robustas em termos de segurança de processo.

7. BIBLIOGRAFIA

Agência Portuguesa do Ambiente; *Prevenção de Acidentes Graves. Novo quadro legal. Conferência Prevenção de Acidentes Graves OE, 19 de novembro de 2015*; 2015.

Agência Portuguesa do Ambiente; *FAQ Regulamento CLP*; 2012.

Alaei, R., Mansoori, S.A., Moghaddam, A., Mansoori, S.M., Mansoori, N.; *Safety assessment approach of hazard and operability (HAZOP) for sulfur recovery unit Claus reaction furnace package; blower; heat exchanger equipment in South Pars gas processing plant*; Journal of Natural Gas Science and Engineering; vol. 20 (271-284); 2014.

Autoridade da Concorrência; *Os combustíveis rodoviários e o setor da energia*; 2015.

Benaissa, W., Gabas, N., Cabassud, M., Carson, D., Elgue, S., Demissy, M.; *Evaluation of an intensified continuous heat-exchanger reactor for inherently safer characteristics*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol.21 (528-536); 2008.

Chen, H., Pittman, W.C., Hatanaka, L.C., Harding, B.Z., Boussouf, A., Moore, D.A., Milke, J.A., Mannan, M.S.; *Integration of process safety engineering and fire protection engineering for better safety performance*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 37 (74-81); 2015.

Crawley, F., Tyler, B.; *HAZOP: Guide to Best Practice. Guidelines to Best Practice for the Process and Chemical Industries (Third Edition)*; Amsterdam Elsevier; 2015.

European Agency for Safety and Health at Work; *The business benefits of good occupational safety and health, FACTS*; 2007.

European Agency for Safety and Health at Work; *Making Europe a safer, healthier and more productive place to work*; 2014.

European Commission; *Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions on an EU Strategic Framework on Health and Safety at Work 2014-2020*; 2014.

Ghasemzadeh, K., Morrone, P., Iulianelli, A., Liguori, S., Babaluo, A., Basile, A.; *H₂ production in silica membrane reactor via methanol steam reforming: Modeling and HAZOP analysis*; International Journal of Hydrogen Energy; vol. 38 (10315-10326); 2013.

Giardina, M., Morale, M.; *Safety study of an LNG regasification plant using an FMECA and HAZOP integrated methodology*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 35 (35-45); 2015.

Guo, L., Kang, J.; *An extended HAZOP analysis approach with dynamic fault tree*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 38 (224-232); 2015.

Hashemi-Tilehnoee, M., Tashakor, A.; *HAZOP-study on heavy water research reactor primary cooling system*; Annals of Nuclear Energy; vol. 37 (428-433); 2010.

Health and Safety Executive; *European Comparisons*; 2015.

Health and Safety Executive; *The Seveso Directive – learning from experience*; 2010.

Herrera, M., Luna, A., Costa, A., Lemes, E.; *A structural approach to the HAZOP e Hazard and operability technique in the biopharmaceutical industry*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 35 (1-11); 2015.

International Energy Agency; *Energy Supply Security 2014: The Emergency Response of IEA Countries. Chapter 4: Emergency response systems of individual IEA countries (pp. 374-387)*; 2014.

International Labour Office; *Safety and health at work : a vision for sustainable prevention: XX World Congress on Safety and Health at Work 2014: Global Forum for Prevention*; 24 - 27 August 2014, Frankfurt, Germany / International Labour Office. - Geneva: ILO Publications; 2014.

Kim, E., Lee, K., Kim, J., Lee, Y., Park, J., Moon, I.; *Development of Korean hydrogen fueling station codes through risk analysis*; International Journal of Hydrogen Energy; vol. 36 (13122-13131); 2011.

Kletz, Trevor A.; *An obituary: ICI's contribution to process safety and why it came to an end*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol.23 (954-957); 2010.

Kletz, Trevor; *The history of process safety*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 25 (763-765); 2012.

Kotek , L., Tabas, M.; *HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and preventive actions* ; Procedia Engineering; vol. 42 (808-815); 2012.

Lager, T.; *Managing Innovation & Technology in the Process Industries: Current practices and future perspectives*; Procedia Engineering; vol. 138 (459-471); 2016.

Nolan, Dennis P., *Application of hazop and what-if safety reviews to the petroleum, petrochemical and chemical industries*; Noyes Publications; 1994.

Qi, R., Prem, K. P., Ng, D., Rana, M. A., Yun, G., Mannan, M.S.; *Challenges and needs for process safety in the new millennium*; Process Safety and Environmental Protection; vol. 90 (91-100); 2012.

Reniersa, G.L.L., Aleb, B.J.M., Dullaertc, W., Foubertd, B.; *Decision support systems for major accident prevention in the chemical process industry: A developers' survey*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 19 (604-620); 2006.

Tyler, B.J.; *HAZOP study training from the 1970s to today*; Process Safety and Environmental Protection; vol. 90 (419-423); 2012.

U.S. Bureau of Labor Statistics; *Current Population Survey, Census of Fatal Occupational Injuries*; 2015.

Vierendeels, G., Reniers, G.L.L., Ale, B.J.M.; *Modeling the major accident prevention legislation change process within Europe*; Safety Science; vol. 49 (513-521); 2011.

Wang, F., Zhao, Y., Yang, O., Cai, J., Deng, M.; *Process safety data management program based on HAZOP analysis and its application to an ethylene oxide/ethylene glycol plant*; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; vol. 26 (1399-1406); 2013.

Wang, F., Chen, Y., Wang, H., Chen, C., Shi, B.; *The Intrinsic Safety Engineering Design Method for the Petrochemical Plant*; Procedia Engineering; vol. 43 (156-161); 2012.

Yi-fei, M., Dong-feng, Z., Zhi-qiang, Z.; *Preliminary Study on Safety Performance Evaluation of Petrochemical Plant Layout*; Procedia Engineering; vol. 52 (277-283); 2013.

Zakzeski, J.; *Improving engineering research laboratory safety by addressing the human aspects of research management*; Journal of Chemical Health & Safety; (5-20); 2009.

Legislação

Decreto-Lei nº84/97, de 16 de abril, Prescrições mínimas de proteção da segurança e saúde dos trabalhadores contra os riscos de exposição a agentes biológicos durante o trabalho.

Decreto-Lei ° 24/2012, de 6 de fevereiro, Prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra os riscos para a segurança e a saúde devido à exposição a agentes químicos no trabalho.

Decreto-Lei nº112/96, de 5 de agosto, Regras de segurança e de saúde relativas aos aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas.

Decreto-Lei nº 347/93, de 1 de outubro, Prescrições mínimas de segurança e saúde nos locais de trabalho.

Decreto-Lei nº 348/93, de 1 de outubro, Prescrições mínimas de segurança e de saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de proteção individual.

Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro, Prescrições mínimas de segurança e de saúde dos trabalhadores na utilização de equipamentos de trabalho.

Decreto-Lei 349/93, de 1 de outubro, Prescrições mínimas de segurança e de saúde respeitantes ao trabalho com equipamentos dotados de visor.

Decreto-Lei nº 330/93, de 25 de setembro, Prescrições mínimas de segurança e de saúde na movimentação manual de cargas.

Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro, Prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos ao ruído.

Decreto-Lei nº 46/ 2006, de 24 de fevereiro, Prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a vibrações.

Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, Regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios.

Decreto-Lei nº 62/2011, de 9 de maio, Procedimentos de identificação e de proteção das infraestruturas essenciais para a saúde, a segurança e o bem-estar económico e social da sociedade nos setores da energia e transportes.

Diretiva 2012/18/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, Diretiva relativa ao controlo dos perigos associados a acidentes graves que envolvem substâncias perigosas.

Diretiva 2013/35/UE, de 26 de junho, Prescrições mínimas em matéria de proteção dos trabalhadores contra riscos para a segurança e a saúde a que estão, ou podem vir a estar, sujeitos devido à exposição a campos eletromagnéticos durante o trabalho.

Lei nº 102/2009, de 10 de setembro, Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.

Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro, Procede à segunda alteração à Lei nº 102/2009, de 10 de Setembro, aprova o Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.

Lei nº25/2010, de 30 de agosto, Prescrições mínimas para proteção dos trabalhadores contra riscos para a saúde e a segurança devidos à exposição, durante o trabalho, a radiações ópticas de fontes artificiais.

Portaria n.º 1456-A/95, de 11 de dezembro, Prescrições mínimas de colocação e utilização de sinalização de segurança e de saúde no local de trabalho.

Portaria n.º 101/96, de 3 de abril, Prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho dos estaleiros temporários ou móveis

Portaria n.º 1532/2008 de 29 de dezembro, Regulamentação técnica das condições de segurança contra incêndio em edifícios e recintos.

ANEXOS

ANEXO A – Artigos de ligação entre os diplomas jurídicos relativos à segurança e saúde do trabalho

Tabela 24 - Ligações da Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro, com os diplomas jurídicos técnicos.

ASPETO	DIPLOMAS DE LIGAÇÃO	ARTIGOS DE LIGAÇÃO
TÉCNICO: Locais de trabalho	Decreto-Lei nº 347/93, de 1 de outubro	Artigos 60, 66º e 72º alínea a) 73º-A
TÉCNICO: EPI'S	Decreto-Lei nº 348/93, de 1 de outubro	alínea f) do Artigo 73º-B alínea j) do Artigo 15º
TÉCNICO: Equipamentos de trabalho	Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro	Artigos 13º e 72º e alíneas e) e f) do nº1 do Artigo 73º-B alíneas b) e d) do nº 8 do Artigo 84º alínea c) do nº1 e nº3 do Artigo 85º
TÉCNICO: Movimentação manual de cargas	Decreto-Lei nº 330/93, de 25 de setembro	Alínea g) do nº1 do Artigo 72º e alínea b) do Artigo 57º
TÉCNICO: Sinalização local de trabalho	Portaria nº 1456-A/95, de 11 de dezembro	Alínea f) do nº1 do Artigo 73º-B
TÉCNICO: Ruído	Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro	Artigo 57º e alínea b) do Artigo 69º
TÉCNICO: Vibrações	Decreto-Lei nº 46/ 2006, de 24 de fevereiro	Artigo 57º e alínea c) do Artigo 69º
TÉCNICO: Agentes físicos	DIRETIVA 2013/35/UE, de 26 de junho	Artigos 41º a 49º, Artigos 51º, 54º, 56º, 57º, 62º, 68º, 69º e 79º
TÉCNICO: Agentes biológicos	Decreto-Lei nº 84/97, de 16 de abril	Artigos 41º a 49º, Artigos 52º, 56º, 58º, 63º, 68º, 70º e 79º
TÉCNICO: Agentes químicos	Decreto-Lei nº 24/2012, de 6 de fevereiro	Artigos 41º a 49º, Artigos 53º, 56º, 59º, 64º, 65º, 68º, 71º e 79º

Tabela 25 -Ligações dos diplomas jurídicos técnicos com a Lei nº 3/2014, de 28 de janeiro.

ASPETO	DIPLOMAS DE LIGAÇÃO	ARTIGOS DE LIGAÇÃO
TÉCNICO: Locais de trabalho	Decreto-Lei nº 347/93, de 1 de outubro	Artigos 1º e 5
TÉCNICO: EPI'S	Decreto-Lei nº 348/93, de 1 de outubro	Artigos 1º, 6, 8º, 9º, 10º e 11º
TÉCNICO: Equipamentos de trabalho	Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro	Artigos 1º, 4º, 5º, 8º, 9º, 17º e 22º
TÉCNICO: Equipamentos equipados de visor	Decreto-Lei nº 349/93, de 1 de outubro	Artigos 1º, 6º, 7º, 8º, 9º e 11º
TÉCNICO: Movimentação manual de cargas	Decreto-Lei nº 330/93, de 25 de setembro	Artigos 1º, 4º, 5º, 6º, 7º, 8º e 9º
TÉCNICO: Sinalização local de trabalho	Portaria nº 1456-A/95, de 11 de dezembro	Artigos 1º e 8º
TÉCNICO: Ruído	Decreto-Lei nº 182/2006, de 6 de setembro	Artigos 1º, 4º, 5º, 7º, 9º, 10º e 11º
TÉCNICO: Vibrações	Decreto-Lei nº 46/ 2006, de 24 de fevereiro	Artigos 1º, 4º, 5º, 8º, 9º e 10º
TÉCNICO: Agentes físicos	DIRETIVA 2013/35/UE, de 26 de junho	Artigos 1º, 4º, 5º, 6º, 7º, 8º, e 13º
TÉCNICO: Radiações óticas	Lei nº 25/2010, de 30 de agosto	Artigos 1º, 4º, 5º, 8º, 9º e 10º
TÉCNICO: Agentes biológicos	Decreto-Lei nº 84/97, de 16 de abril	Artigos 1º, 6º, 11º, 12º, 17º e 18º
TÉCNICO: Agentes químicos	Decreto-Lei nº 24/2012, de 6 de fevereiro	Artigos 1º, 7º, 9º, 10º, 11º, 12º, 14º e 16
TÉCNICO: ATEX	Decreto-Lei nº 112/96, de 5 de agosto	Artigos 1º, 5º, 8º e 12º
TÉCNICO: Estaleiros temporários	Portaria nº 101/96, de 3 de abril	Artigos 1º, 5º, 6º, 8º, 12º, 15º e 22º

ANEXO B – Folhas de Presença das Sessões HAZOP referente às duas operações analisadas



Aplicação Método HAZOP

OPERAÇÃO SELECIONADA

- Transferência interna de GO-AQ do TK-362 (Área2) para os Tanques TK-360, TK-360.1, TK-360.2, TK-360.3, TK-360.4, TK-360.5 (Área 5).

O estudo HAZOP relativo à Operação selecionada foi finalizado com uma sessão HAZOP com a participação de elementos da CEPSA que possuem experiência em áreas diferenciadas no dia 7 de Julho de 2016 das 10h às 11h:15m.

A Tabela 1 apresenta o pessoal técnico que fez parte da Sessão HAZOP e a Tabela 2 ilustra a documentação utilizada para recolher os dados necessários.

Tabela 1 - Lista dos elementos que participaram na Sessão HAZOP.

Nome	Função	Assinatura de Presença
Nuno Fonseca	-	<i>Nuno Fonseca</i>
Pedro Ferreira da Silva	Chefe de Operações Engenharia	<i>PFS</i>
João Leigo	Coordenador HSE Segurança	<i>JL</i>
José Carlos Cunha	Responsável Movimentação de Produtos - Sala de Controlo	<i>JCC</i>
Abílio Martins	Projetista - Sala de Engenharia	<i>Abílio Martins</i>

Tabela 2 - Documentação utilizada no Estudo HAZOP para a Operação selecionada.

Documentação utilizada
P&ID D-111 "Gasóleos - Diagrama Operativo"
Resultados do HAZOP anterior
Planta da instalação
Relatório de Segurança da instalação
Certificado de qualidade – GO-AQ



Aplicação Método HAZOP

OPERAÇÃO SELECIONADA

- Carga de camião cisterna com betume 50/70 desde o TK-352 (Área 3) até ao BC 7 (Área 8).

Dada a existência de uma bomba no circuito de tubagem a analisar, decidiu-se dividir a operação em 2 Nós de Estudo:

Nó de Estudo 1: Transferência de betume 50/70 desde o TK-352 até à bomba P-12C

Nó de Estudo 2: Transferência de betume 50/70 desde a bomba P-12C até ao BC 7.

O estudo HAZOP relativo à Operação selecionada foi finalizado com duas sessões HAZOP com a participação de elementos da CEPSA que possuem experiência em áreas diferenciadas no dia 12 de Julho de 2016 das 10h:30m às 13h e das 15h:30m às 16h:30m.

A Tabela 1 apresenta o pessoal técnico que fez parte da Sessão HAZOP e a Tabela 2 ilustra a documentação utilizada para recolher os dados necessários.

Tabela 1 - Lista dos elementos que participaram na Sessão HAZOP.

Nome	Função	Assinatura de Presença
Nuno Fonseca	-	<i>Nuno Fonseca</i>
Tito Conrado	Diretor de Operações	<i>Tito Conrado</i>
Pedro Ferreira da Silva	Chefe de Operações Engenharia	<i>Pedro Ferreira da Silva</i>
João Leigo	Coordenador HSE Segurança	<i>João Leigo</i>
José Carlos Cunha	Responsável Movimentação de Produtos - Sala de Controlo	<i>José Carlos Cunha</i>

Tabela 2 - Documentação utilizada no Estudo HAZOP para a Operação selecionada.

Documentação utilizada
P&ID D-103 "Betumes - Diagrama Operativo"
Resultados do HAZOP anterior
Planta da instalação
Relatório de Segurança da instalação
Certificado de qualidade - Betume 50/70