

## **PMI 3226 - Gerenciamento de Risco de Segurança**

### **Turma 2023 – Aula 5 de outubro de 2023 – Texto “HAZOP”**

#### **1. A TÉCNICA DO HAZOP \***

Essencialmente, a técnica de ferramenta de risco HAZOP prevê uma descrição completa do processo de uma instalação (em operação ou na fase de projeto), sistematicamente questionando-se toda e qualquer parte deste, para levantar como poderiam ocorrer desvios e decidir quando estes podem gerar riscos.

O HAZOP consiste na realização de uma análise crítica da instalação, a fim de identificar as condições perigosas e/ou problemas de operabilidade por meio de uma série de reuniões, durante as quais uma equipe multidisciplinar discute metodicamente o projeto da instalação.

O líder da equipe orienta o grupo através de um conjunto de palavras-guia que focalizam os desvios dos parâmetros estabelecidos para o processo ou operação em análise. O questionamento é focalizado em cima de cada componente da instalação. Submete-se este componente a um certo número de questões, utilizando-se palavras-guia. Estas são utilizadas para assegurar que as questões que são levantadas para testar a integridade de cada componente da instalação explorarão qualquer maneira possível na qual possa ocorrer o desvio de uma dada intenção prevista na instalação. Como consequência ter-se-á um certo número de desvios teóricos e cada um destes é, então, considerado, analisando-se como ocorre (quais as causas) e quais seriam as consequências.

Algumas das causas levantadas podem ser irreais e, portanto, suas consequências serão desprezadas como sem importância. Algumas consequências podem ser consideradas triviais e não serão consideradas, mais que o necessário. Contudo, pode-se ter desvios com causas possíveis e consequências que são potencialmente perigosas. Neste caso, estas condições perigosas são anotadas para prever uma ação de prevenção e/ou proteção.

Após o exame de um componente e tendo-se registrado o perigo potencial associado, o estudo prossegue analisando-se o componente seguinte. Esta análise é repetida até o estudo global da planta / unidade.

O objetivo é identificar todos os desvios possíveis em relação a como o processo em estudo havia sido inicialmente previsto operar, e as condições perigosas associadas com tais desvios. Pode-se, no momento de realização do HAZOP, procurar uma solução para a condição perigosa identificada. Se a

**\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”**

solução é óbvia e não causa efeitos adversos em outras partes da planta/unidade, pode-se tomar uma decisão e implantar a modificação. Entretanto, nem sempre isso é possível - por exemplo, poder-se-ia ter a necessidade de outras informações complementares. Neste caso, as soluções da análise consistem de uma mistura de decisões e de questões a serem respondidas em reuniões separadas.

Embora a técnica possa conduzir a muitos desvios hipotéticos, o sucesso ou falha depende de quatro aspectos fundamentais:

- a) Precisão dos documentos e de outros dados utilizados como base para o estudo;
- b) Competências e conhecimento da equipe;
- c) Capacidade da equipe em utilizar a técnica HAZOP como uma “ferramenta auxiliar” de sua imaginação para visualizar desvios;
- d) Capacidade da equipe em manter um senso de proporção, particularmente na avaliação da seriedade das condições perigosas identificadas.

Como a análise é extremamente sistemática e altamente estruturada, é necessário que os participantes usem certos termos de maneira precisa e disciplinada.

## 2. TERMINOLOGIA DO HAZOP

Alguns termos importantes são:

### Intenção

Define a expectativa de como determinado componente de um sistema deveria operar. Esta expectativa pode ser ilustrada de diferentes formas e pode ser descritiva ou diagramática, na maioria das vezes através de um fluxograma de engenharia detalhado e atualizado.

### Desvios

São as “saídas” da intenção e são levantados aplicando-se sistematicamente as palavras-guia.

### Causas

Estas se constituem das razões porque ocorrem os desvios. Uma vez que estes mostraram ter uma causa possível ou real, devem ser, então, tratados como importantes.

### Consequências

São os resultados se ocorrerem os desvios.

**\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”**

### Palavras-Guia

São palavras simples que são utilizadas para qualificar a intenção, de modo a estimular o processo criativo de pensamento e descobrir os desvios.

A análise requer a divisão da planta em pontos de estudo (*nós*) entre os quais existem componentes como bombas, vasos e trocadores de calor, entre outros.

A equipe deve começar o estudo pelo início do processo, prosseguindo a análise no sentido do seu fluxo natural, aplicando as palavras-guia em cada nó de estudo, possibilitando assim a identificação dos possíveis desvios nesses pontos.

A equipe deve identificar as causas de cada desvio e, caso surja uma consequência de interesse, devem ser avaliados os sistemas de proteção para determinar se estes são suficientes. A técnica é repetida até que cada seção do processo e equipamento de interesse tenha sido analisado.

Em instalações novas o HAZOP deve ser desenvolvido na fase em que o projeto se encontra razoavelmente consolidado, pois o método requer consultas a desenhos, fluxogramas de processo ou de engenharia e plantas de disposição física da instalação, entre outros documentos.

### **3. EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO HAZOP**

De modo a ilustrar os princípios do procedimento, considere-se uma instalação na qual os reagentes **A** e **B** reagem entre si para formar o produto **C**. Supor que a química do processo é tal que a concentração de **B** não deva nunca exceder a de **A**, senão ocorreria uma explosão:



*(Obs.: componente **B** não deve exceder **A**, para evitar-se uma explosão).*

Referindo-se a **Figura 1**, e analisando-se a linha que parte da sucção da bomba que transporta o material **A** até a entrada do reator (primeiro nó). A intenção é parcialmente descrita pelo diagrama e parcialmente pelas necessidades de controle do processo para se transferir **A**, numa vazão especificada (ou seja, o parâmetro é o “fluxo de A” ou “vazão de A”). O primeiro desvio é obtido aplicando-se a palavra-guia “**NENHUM**” à intenção. Isto é combinado com a intenção para fornecer:

**“NENHUM” + “FLUXO DE A” = “NENHUM FLUXO DE A”.**

**(em outros termos: “NÃO TRANSFERIR A”).**

\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”

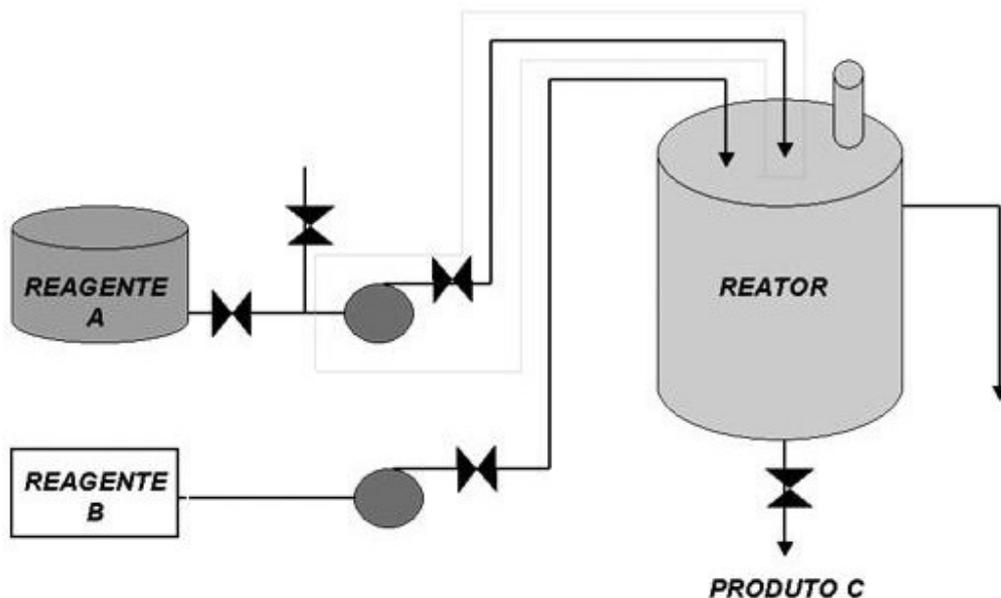
O fluxograma é então examinado para estabelecer as causas que podem produzir uma parada completa do fluxo de **A**. Estas causas podem ser:

- a) tanque de armazenamento vazio;
- b) a bomba falha em operar, devido a:
  - Falha mecânica
  - Falha elétrica
  - Bomba desligada
  - Outros.
- c) ruptura da linha;
- d) válvula de isolamento fechada.

Algumas destas são causas claramente possíveis e, portanto, pode-se dizer que este é um desvio importante.

Em seguida, consideram-se as consequências.

A falta de **A** levará rapidamente a um excesso de **B** sobre **A** no reator e, conseqüentemente, a um risco de explosão. Portanto, descobriu-se um perigo no processo em estudo, que deve ser anotado para posterior consideração.



**Figura 1.** Fluxograma de alimentação de reator.

Aplica-se, então, a próxima palavra-guia, que é MAIS. O desvio é:

**“VAZÃO DE A MAIOR PARA O REATOR”**

A causa poderia estar relacionada com as características da bomba que

\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”

permitiriam, em certas circunstâncias, produzir uma vazão excessiva. Se esta causa é aceita como real, consideram-se, então, as consequências:

- A reação produz **C** contaminado com um excesso de **A**, que passa para o próximo estágio do processo;
- O excesso de fluxo no reator poderia fazer com que ocorra um transbordamento;
- Neste caso, serão necessárias informações adicionais para decidir se as consequências constituirão um perigo.

A seguir, na Tabela 1 apresenta-se um exemplo de planilha utilizada para o desenvolvimento desta análise de condições perigosas e operabilidade.

**Tabela 1.** Planilha do Hazop.

Palavra-Guia	Parâmetro	Desvio	Causas	Efeitos	Observações e Recomendações
NENHUM	FLUXO DE A	Não há vazão de A	Tanque de armazenamento vazio; bomba falha em operar; bomba desligada; ruptura da linha; válvula de isolamento fechada.	Explosão	Alarme de nível baixo e monitoramento de nível no tanque; indicador de fluxo com alarme e bomba reserva; inspeção periódica da bomba e da linha; implementar procedimento operacional e treinamento dos operadores.
MAIS	FLUXO DE A	Quantidade excessiva de A no reator	Bomba dispara.	Excesso de A no reator e contaminação da saída com A; transbordamento do reator.	Retirada de amostra e monitoramento no laboratório da qualidade; alarme de nível alto no reator.
... e assim por diante...					

\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”

Outras palavras-guia são, por sua vez, aplicadas à intenção do processo, para assegurar que todos os desvios tenham sido explorados. Quando a tubulação que introduz **A** foi totalmente examinada, faz-se uma marcação no fluxograma. Escolhe-se, em seguida, a parte seguinte do processo para estudo (poderia ser, por exemplo, a linha que introduz **B** no reator). Esta sequência é repetida enfim para todo o processo: linhas, equipamentos e auxiliares (agitadores, válvulas de segurança, etc.), sistemas de fornecimento de utilidades (água, vapor, eletricidade, ar, etc.), sistemas de aquecimento e resfriamento etc.

As ações propostas são então anotadas, após um **acordo total** entre os participantes.

As Tabelas 2, 3 e 4 mostram respectivamente, as palavras-guia normalmente utilizadas (com os desvios que elas representam), seus significados e decorrentes desvios (em alguns parâmetros).

**Tabela 2.** Desvios gerados pelas diversas Palavras-Guia.

<b>PALAVRA-GUIA</b>	<b>DESVIO</b>
<b>NENHUM</b>	Ausência total da intenção (Ex.: ausência de fluxo)
<b>MAIS</b>	Mais, em relação a um parâmetro físico importante (Ex.: vazão maior, temperatura maior, viscosidade maior, pressão maior, etc.)
<b>MENOS</b>	Menos, em relação a um parâmetro físico importante (Ex.: vazão menor, temperatura menor, etc.)
<b>MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO</b>	Alguns componentes em maior ou menor proporção, ou falta de um componente.
<b>COMPONENTES A MAIS</b>	Componentes a mais em relação aos que deveriam existir (Ex.: fase extra presente - vapor, sólido, impurezas - ar, água, ácidos, produtos de corrosão, contaminantes, etc.)
<b>REVERSO</b>	O oposto lógico da intenção (Ex.: fluxo reverso ou reação química)
<b>OUTRA CONDIÇÃO OPERACIONAL</b>	Partida, parada, funcionamento de pico, em carga reduzida, modo alternativo de operação, manutenção, mudança de catalisador, etc.

\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”

**Tabela 3.** Significado de algumas Palavras-Guia.

Palavra-guia	Significado
Não	Negação da intenção de projeto
Menor	Diminuição quantitativa
Maior	Aumento quantitativo
Parte de	Diminuição qualitativa
Bem como	Aumento qualitativo
Reverso	Oposto lógico da intenção de projeto
Outro que	Substituição completa

**Tabela 4.** Desvios causados pelas Palavras-Guias em alguns parâmetros.

Parâmetro	Palavra-guia	Desvio
Fluxo	Não	Sem fluxo
	Menor	Menos fluxo
	Maior	Mais fluxo
	Reverso	Fluxo reverso
Pressão	Menor	Pressão baixa
	Maior	Pressão alta
Temperatura	Menor	Baixa temperatura
	Maior	Alta temperatura
Nível	Menor	Nível baixo
	Maior	Nível alto

No exemplo utilizado (**Figura 1**) apresentaram-se os princípios da técnica, mostrando a aplicação das duas primeiras palavras-guia. Geralmente, as três primeiras são diretas e fornecem desvios facilmente entendidos. As restantes não são de fácil aplicação e necessitam de explicação adicional.

A palavra-guia “COMPONENTES A MAIS” tem como desvio “COMPONENTE A MAIS DE **A**”.

Isto pode significar:

- Pode ocorrer a transferência de **A** para algum outro local, além do reator;
- Ocorrência de outra atividade com transferência (*A poderia se decompor*).

\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”

A palavra-guia “MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO” daria como desvio “COMPONENTE DIFERENTE DE A”, podendo significar a transferência de outro componente além de **A**. Uma análise na **Figura 1** mostra uma linha adicional com válvula de isolamento na sucção da bomba. Se a válvula não estiver fechada, outro componente pode ser transferido junto com **A**.

Quando se usam as palavras-guia nas intenções expressas, elas são sempre aplicáveis. Entretanto, podem ser aplicadas, também, num nível de palavras ou frases descritivas. Por exemplo, “MAIS VAPOR” pode significar uma maior quantidade de vapor (aumento de capacidade) ou vapor em pressão mais alta (aumento de intensidade).

Quando se trabalha num nível mais detalhado de intenção no processo, encontram-se algumas restrições causadas por uma redução dos modos possíveis de desvio. Por exemplo, suponha-se que a intenção no processo seja operar com uma temperatura de 100 °C. Os modos possíveis de desvio (não se considerando o zero absoluto) são “MAIS” (isto é, acima de 100 °C) e “MENOS” (abaixo de 100 °C).

Em aspectos de tempo, “MAIS” e “MENOS” podem significar duração maior ou menor, ou frequências altas ou baixas.

#### **4. HAZOP EM PROCESSOS CONTÍNUOS E EM PROCESSOS DESCONTÍNUOS**

Em *processos contínuos*, os fluxogramas devem ser analisados da seguinte forma:

- a) Equipamento por equipamento e, se necessário, linha por linha;
- b) Para cada parâmetro de operação (temperatura, pressão, vazão, nível, composição);
- c) Ruptura ou perda de confinamento, normalmente são analisados à parte;
- d) Pelos sucessivos desvios do parâmetro em consideração, usando as palavras-guia.

A experiência tem mostrado que é mais fácil iniciar-se com os parâmetros mais sensíveis para o componente em consideração, porque geralmente, as ações previstas para estes riscos servem para os outros desvios.

Em estudos de *processos descontínuos*, torna-se necessário aplicar as palavras-guia tanto para instruções como para as linhas de tubulação. Por exemplo, se uma instrução estabelece que uma tonelada de **A** tem de ser carregada no reator, deve-se considerar desvios como:

**\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”**

“NÃO CARREGUE **A**”

“**A** CARREGADO EM EXCESSO”

“**A** CARREGADO EM FALTA”

“CARREGUE PARTE DE **A** (se **A** é uma mistura)”

“CARREGAMENTO DIFERENTE DE **A**”

Operações *descontínuas* realizadas numa instalação *contínua* (por exemplo, condicionamento do equipamento ou limpeza), devem ser estudadas de modo similar, listando a sequência de operação e aplicando-se as palavras-guia para cada etapa.

Em operações *descontínuas*, os fluxogramas são analisados da seguinte forma:

- a) Operações dinâmicas, etapa por etapa, seguindo a sequência das instruções operacionais;
- b) Operações estáticas, linha por linha, seguindo o arranjo funcional do equipamento: conexões; utilidades, inerteza etc.

Para as ações de proteção de instrumentação a análise é mais difícil de registrar, porque os controles utilizam instruções operacionais ou sistemas automáticos programáveis.

É especialmente importante identificar desvios que possam ter consequências diretas de alto risco. Se as ações de proteção por instrumentação não forem aplicáveis, estes desvios devem ser anotados à parte e analisados os meios de prevenção físicos e humanos.

Em processos operados por computador as instruções ao computador (*software* de aplicação) devem ser estudadas separadamente. Por exemplo, se o computador está instruído para tomar certa ação quando a temperatura sobe, a equipe deve considerar as possíveis consequências de falha do computador em realizar a ação.

Um estudo HAZOP é normalmente realizado por uma equipe multidisciplinar. Pode haver dois tipos de participantes: os que fornecem contribuições técnicas e os que têm papel de suporte e estruturação.

A técnica exige que a equipe tenha um conhecimento detalhado sobre o processo em estudo. Como gera um grande número de questões, é essencial que a equipe seja constituída de um número suficiente de pessoas com conhecimento e experiência suficiente, para responder a maioria das questões. A equipe usual é a seguinte:

- Engenheiro de processos;
- Engenheiro de fabricação;

**\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”**

- Técnico ou operador de fabricação;
- Técnicos de manutenção, instrumentação;
- Engenheiro de segurança;
- Especialista em segurança de processos.

## TESTES

1. Vazão, temperatura, pressão, composição são exemplos de:

- a) Palavra-guia.
- b) Parâmetro.
- c) Desvio.
- d) Causa.
- e) Efeito.

2. “O líquido não flui” é exemplo de:

- a) Palavra-guia.
- b) Parâmetro.
- c) Desvio.
- d) Causa.
- e) Efeito.

3. “Falta de matéria-prima” é exemplo de:

- a) Palavra-guia.
- b) Parâmetro.
- c) Desvio.
- d) Causa.
- e) Efeito.

4. Mais, menos, nenhum são exemplos de:

- a) Palavra-guia.
- b) Parâmetro.
- c) Desvio.
- d) Causa.
- e) Efeito.

5. Contaminação do produto final é exemplo de:

- a) Palavra-guia.
- b) Parâmetro.
- c) Desvio.
- d) Causa.
- e) Efeito.

**\* Texto adaptado do “Capítulo 8. Técnicas de Identificação de Perigos e Operabilidade – HAZOP” da apostila “eST-701 Gerência de Riscos / PECE, 3º ciclo de 2015”**