

# Risco zero não existe.

Medo é uma reação. Coragem é uma decisão. -  
Winston Churchill

*Sergio Médici de Eston PMI EPU SP*

# Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Onde estamos no processo de gerenciamento do risco

2. Relembrando as 4 camadas

3. WRAC

4. FMECA (FMEA)

5. HAZOP

6. FTA / LTA

7. ETA

8. BTA

# Pare e pense: o risco é aceitável?

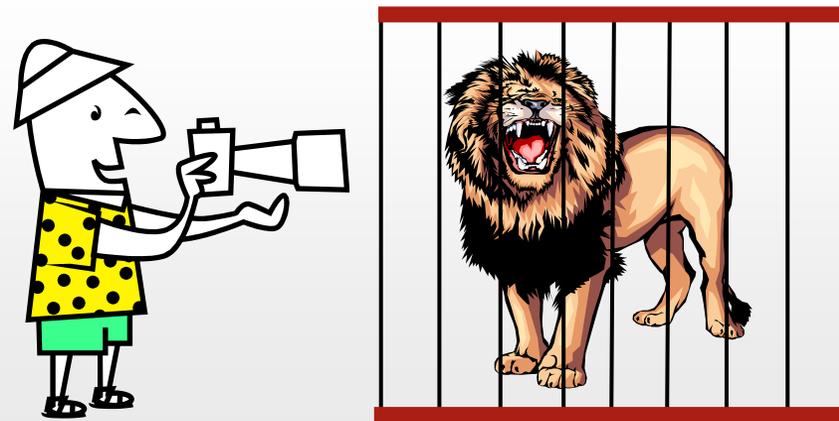


Lembre-se que **CONDIÇÃO PERIGOSA**  
(uma condição que pode causar um dano)  
não é o mesmo que **RISCO**  
(função de probabilidade e consequência)

**Risco mais alto**



**Risco mais baixo**



**NORMA  
BRASILEIRA**

**ABNT NBR**

**ISO  
31000**

Segunda edição  
28.03.2018

---

---

## **Gestão de riscos — Diretrizes**

*Risk management — Guidelines*

2018

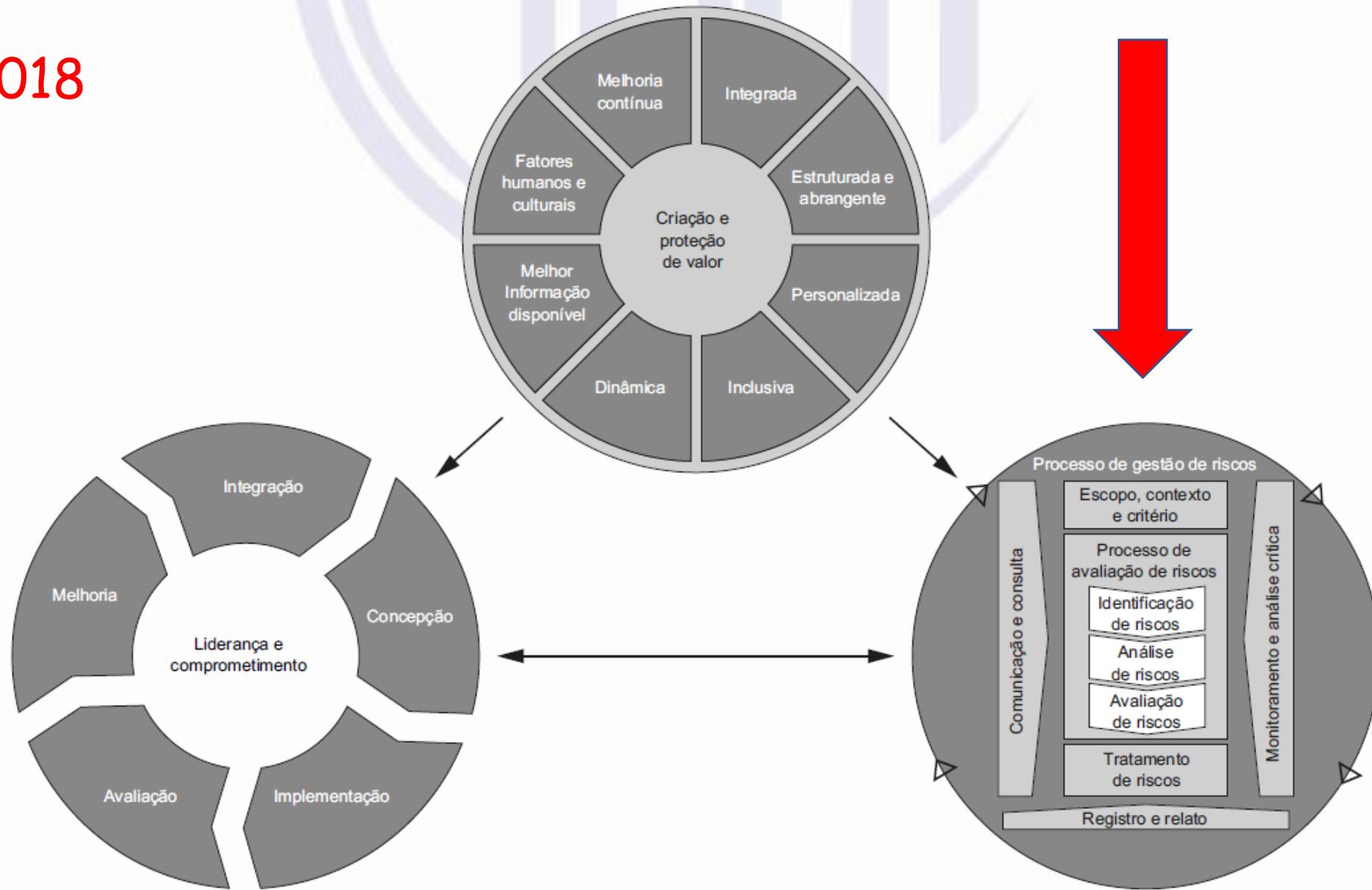


Figura 1 – Princípios, estrutura e processo



2018

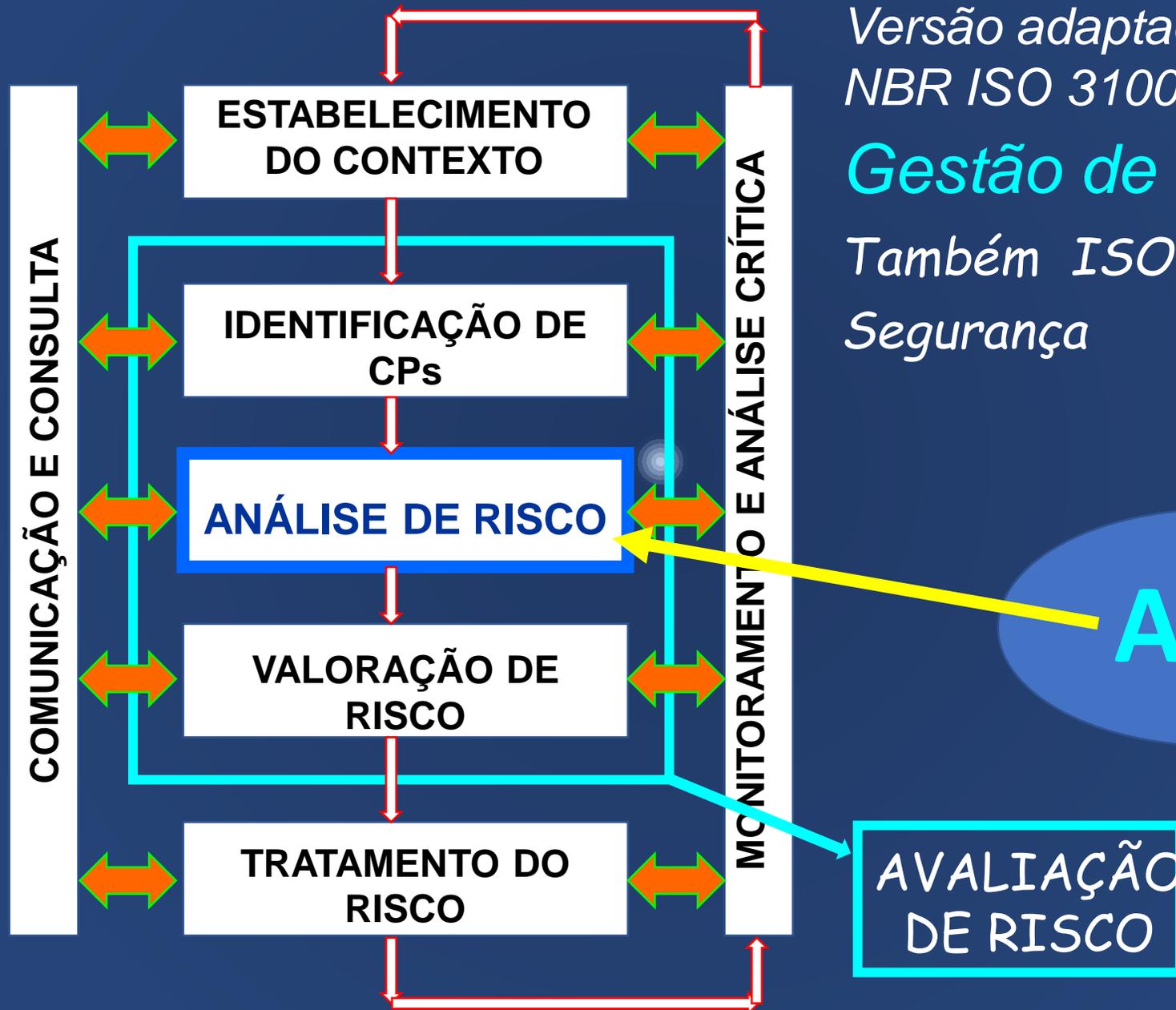
As traduções usam apenas a palavra risco.

# Processo de gerenciamento de riscos

Versão adaptada da norma ABNT  
NBR ISO 31000:2009

*Gestão de Riscos – 2018*

*Também ISO 45 000  
Segurança*



# Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco

2. Relembrando as 4 camadas

3. WRAC

4. FMECA (FMEA)

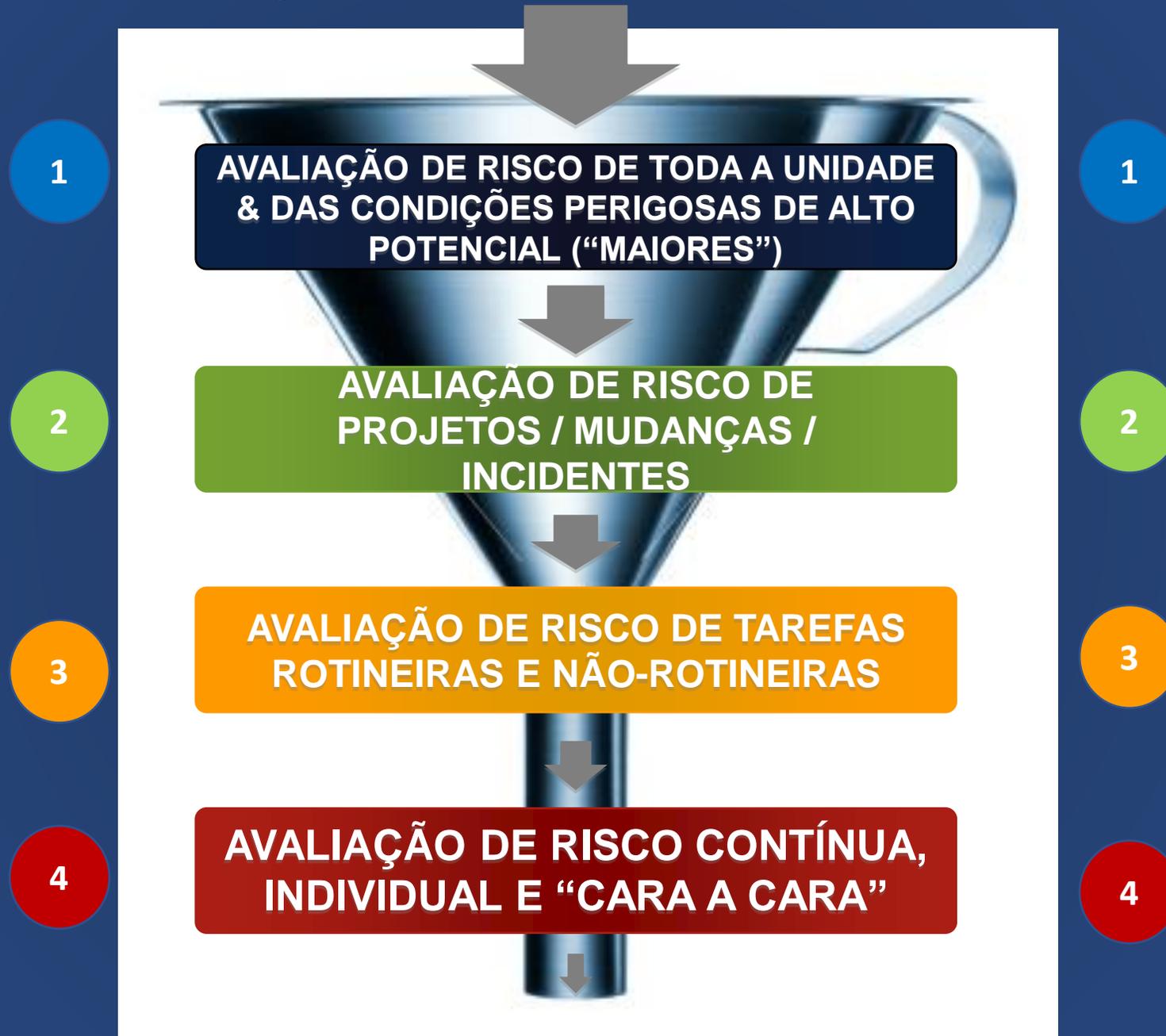
5. HAZOP

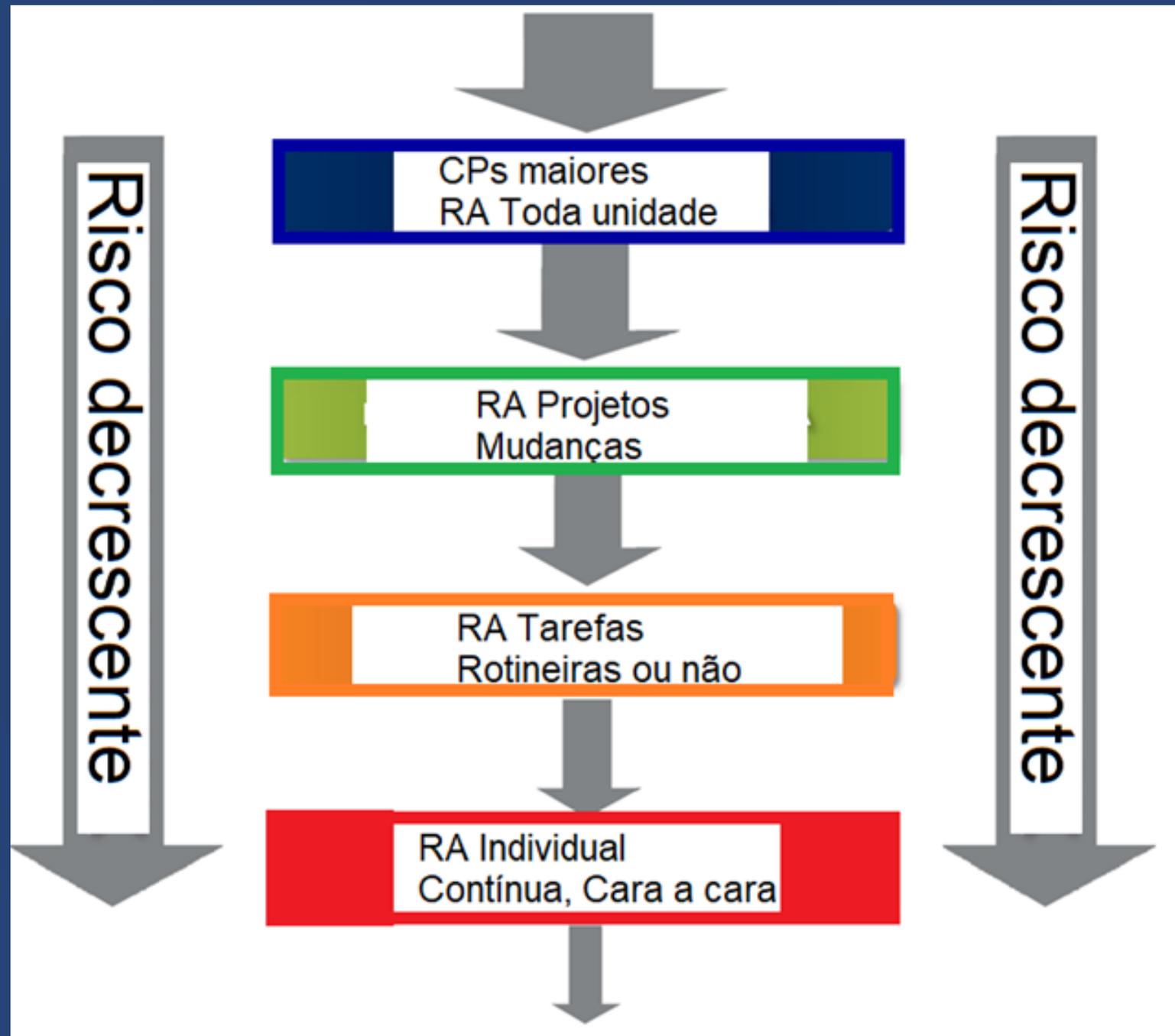
6. FTA / LTA

7. ETA

8. BTA

# Avaliação de riscos "em camadas"





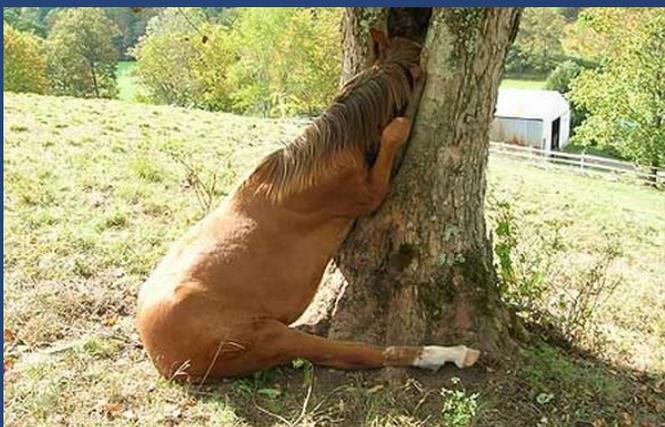
CPs de alto potencial e eventos indesejados  
**Camada 1 - Elefantes = HPI**



“Baseline risk analysis”



**Camada 1** - incidentes de alto potencial (mortes, grandes danos, perdas vultosas). Exemplos: paralização da operação, fim da empresa, etc.



**Camada 2** - incidentes com potencial considerável. Perdas de produção, atrasos significativos, acidentes graves, novos projetos, etc.



**Camada 3** - Desenvolvimento de POPs, regras de procedimentos, etc.

**Camada 4** - última barreira antes da ação. Tomada de decisão: prosseguir ou parar?

# As responsabilidades por camada



*Sergio Médici de Eston PMI EPU SP*

Avaliação de risco de toda a unidade e das CPs de alto potencial ("maiores")

**Equipe de gerenciamento executivo / senior**

Avaliação de risco de projetos, mudanças e incidentes

**Líder da unidade negócio / site / seção**

Avaliação de risco de tarefas rotineiras e não rotineiras

**Supervisor**

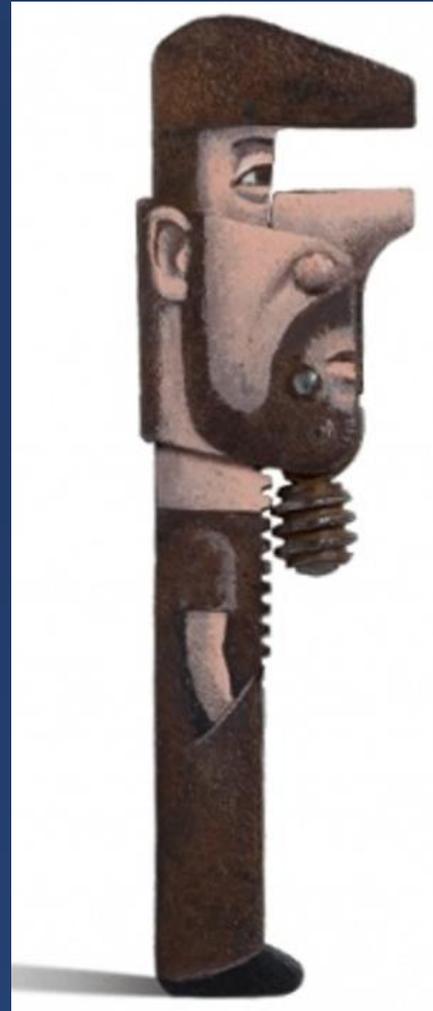
Avaliação de risco contínua, individual, cara a cara

**Supervisor, trabalhador, todos**

*Sergio Médici de Eston PMI EPU SP*

# Ferramentas de análise de risco

?????



# Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
2. Relembrando as 4 camadas

## 3. WRAC

4. FMECA (FMEA)
5. HAZOP
6. FTA / LTA
7. ETA
8. BTA

# WRAC (Workplace Risk Assessment and Control)

(Avaliação e controle de riscos no local de trabalho)



*Baseado em material produzido por Alessandra I. S. Martins, ME, EST, Terapeuta*



**WRAC**

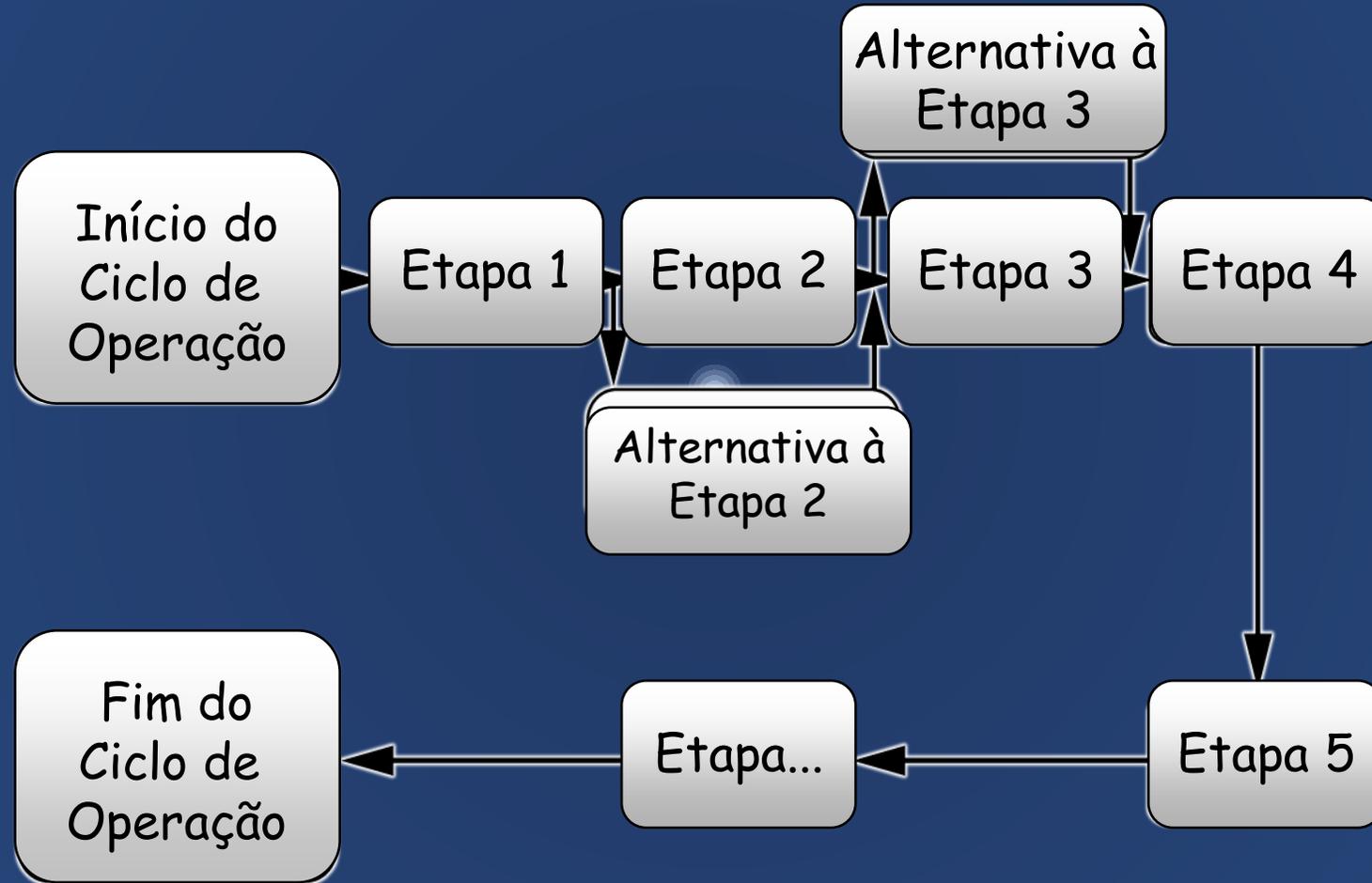
*Workplace Risk Assessment & Control*

# WRAC (Workplace Risk Assessment & Control)

- 👉 Ferramenta de **análise preliminar (macrovisão)**
- 👉 Para identificar as **condições perigosas (CPs maiores)**
- 👉 Para **prever** tipos de **erros humanos**
- 👉 Para ser **proativo e sistemático**
- 👉 Realizada por **equipes**



# 1. Inicia-se com a construção de um fluxograma





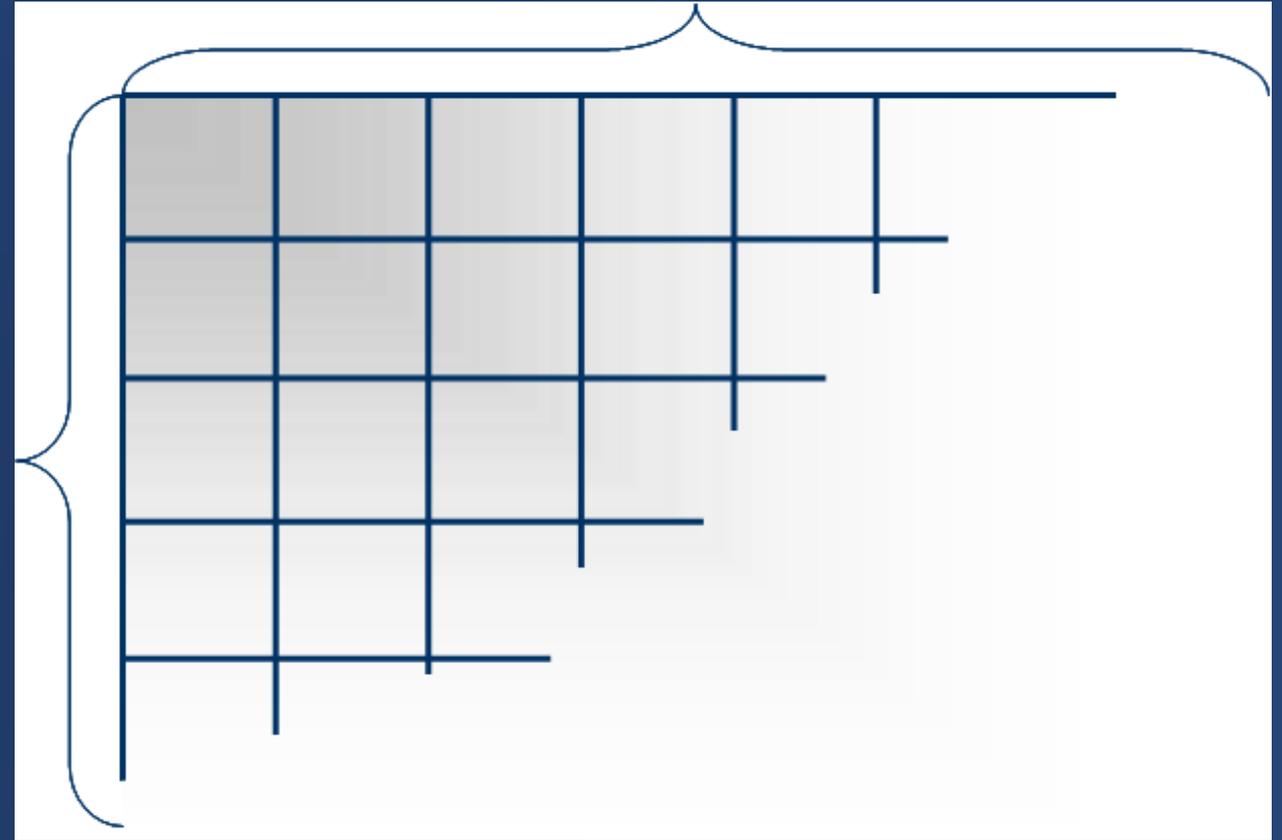
### 3. Para preenchimento das colunas “C”, “D” e “E”, usa-se uma tabela de priorização (matriz de risco)

| Anglo American Plc Risk Matrix  |  | Hazard Effect / Consequence<br>(Where an event has more than one 'Loss Type', choose the 'Consequence' with the highest rating) |   |  |  |   |
|---|--|---|---|--|--|---|
|   |  | 1<br>Insignificant  | 2<br>Minor  | 3<br>Moderate  | 4<br>Major   | 5<br>Catastrophic   |
| Loss Type<br><i>(Additional 'Loss Types' may exist for an event; identify &amp; rate accordingly)</i> |  |   |   |  |  |   |
| (S/H)<br>Harm to People (Safety / Health)   |  | First aid case / Exposure to minor health risk  | Medical treatment case / Exposure to major health risk          | Lost time injury / Reversible impact on health   | Single fatality or loss of quality of life / Irreversible impact on health | Multiple fatalities / Impact on health ultimately fatal                     |
| (EI)<br>Environmental Impact  |  | Minimal environmental harm – L1 incident  | Material environmental harm – L2 incident remediable short term | Serious environmental harm – L2 incident remediable within LOM   | Major environmental harm – L2 incident remediable post LOM                 | Extreme environmental harm – L3 incident irreversible                       |
| (BI/MD)<br>Business Interruption / Material Damage & Other Consequential Losses                       |  | No disruption to operation / US\$20k to US\$100k  | Brief disruption to operation / US\$100k to US\$1.0M            | Partial shutdown / US\$1.0M to US\$10.0M   | Partial loss of operation / US\$10M to US\$75.0M                           | Substantial or total loss of operation / >US\$75.0M                         |
| (L&R)<br>Legal & Regulatory   |  | Low level legal issue   | Minor legal issue; non compliance and breaches of the law       | Serious breach of law; investigation/report to authority, prosecution and/or moderate penalty possible | Major breach of the law; considerable prosecution and penalties            | Very considerable penalties & prosecutions. Multiple law suits & jail terms |
| (R/S/C)<br>Impact on Reputation / Social / Community  |  | Slight impact - public awareness may exist but no public concern  | Limited impact - local public concern                           | Considerable impact - regional public concern  | National impact - national public concern                                  | International impact - international public attention                       |
| Likelihood  | Examples<br><i>(Consider near-hits as well as actual events)</i>   | Risk Rating   |   |  |  |   |
| 5<br>(Almost Certain)   | The unwanted event has occurred frequently; occurs in order of one or more times per year & is likely to reoccur within 1 year | 11 (M)  | 16 (H)  | 20 (H)   | 23 (Ex)  | 25 (Ex)   |
| 4<br>(Likely)   | The unwanted event has occurred infrequently; occurs in order of less than once per year & is likely to reoccur within 5 years | 7 (M)   | 12 (M)  | 17 (H)   | 21 (Ex)  | 24 (Ex)   |
| 3<br>(Possible)   | The unwanted event has happened in the business at some time; or could happen within 10 years                                  | 4 (L)   | 8 (M)   | 13 (H)   | 18 (H)   | 22 (Ex)   |
| 2<br>(Unlikely)   | The unwanted event has happened in the business at some time; or could happen within 20 years                                  | 2 (L)   | 5 (L)   | 9 (M)  | 14 (H)   | 19 (H)  |
| 1<br>(Rare)   | The unwanted event has never been known to occur in the business; or it is highly unlikely that it will occur within 20 years  | 1 (L)   | 3 (L)   | 6 (M)  | 10 (M)   | 15 (H)  |
| Risk Rating   | Risk Level   | Guidelines for Risk Matrix  |   |  |  |   |
| 21 to 25  | (Ex) – Extreme   | Eliminate, avoid, implement specific action plans/procedures to manage & monitor  |   |  |  |   |
| 13 to 20  | (H) – High   | Proactively manage  |   |  |  |   |
| 6 to 12   | (M) – Medium   | Actively manage   |   |  |  |   |
| 1 to 5  | (L) – Low  | Monitor & manage as appropriate   |   |  |  |   |

## Desmembramento usando um fluxograma

Palavra chave:  
desmembramento

Condições perigosas  
e erros humanos



Exemplo: A01 WRAC Churras no CMR PB

Exemplo: A02 Cabelereiro WRAC PB

## Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
2. Relembrando as 4 camadas
3. WRAC

### 4. FMECA (FMEA)

5. HAZOP
6. FTA / LTA
7. ETA
8. BTA

# FMECA (Failure Mode Effect and Criticality Analysis)

*(Análise de modos de falha e efeitos e criticalidade)*



# FMECA (Failure Mode Effect & Criticality Analysis)

## 1. Objetivo:

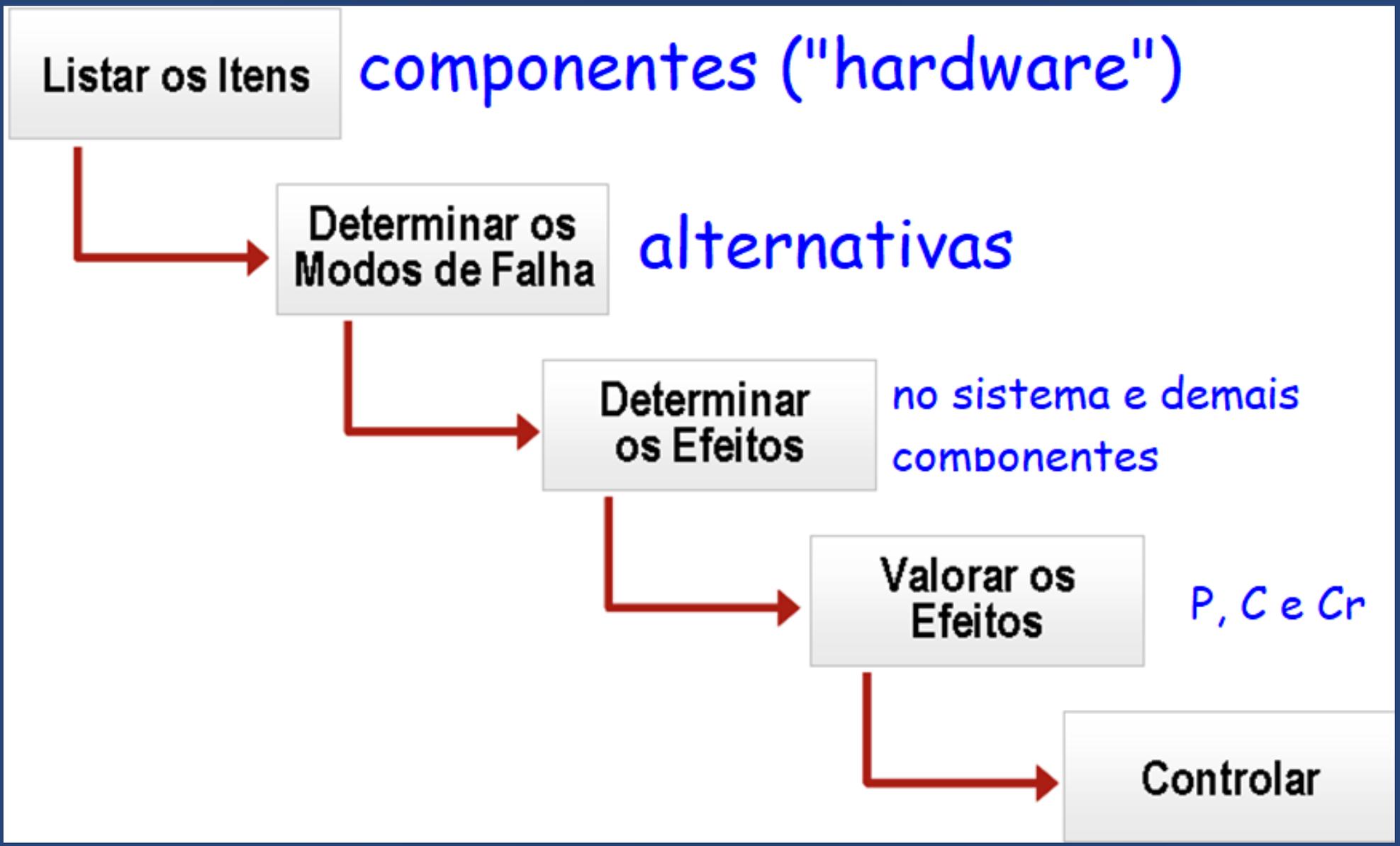
Determinar onde falhas podem ocorrer em um sistema ("hardware") e avaliar o impacto dessas falhas.

## 2. Lógica da ferramenta:

Se um determinado "item" falhar de um dado "modo", quais seriam os efeitos da falha sobre o sistema?

*Item entendido como peça, hardware, instrumentos ou material, e não como parâmetro (temperatura, pressão, fluxo, etc.).*

### 3. Sequência de aplicação da técnica



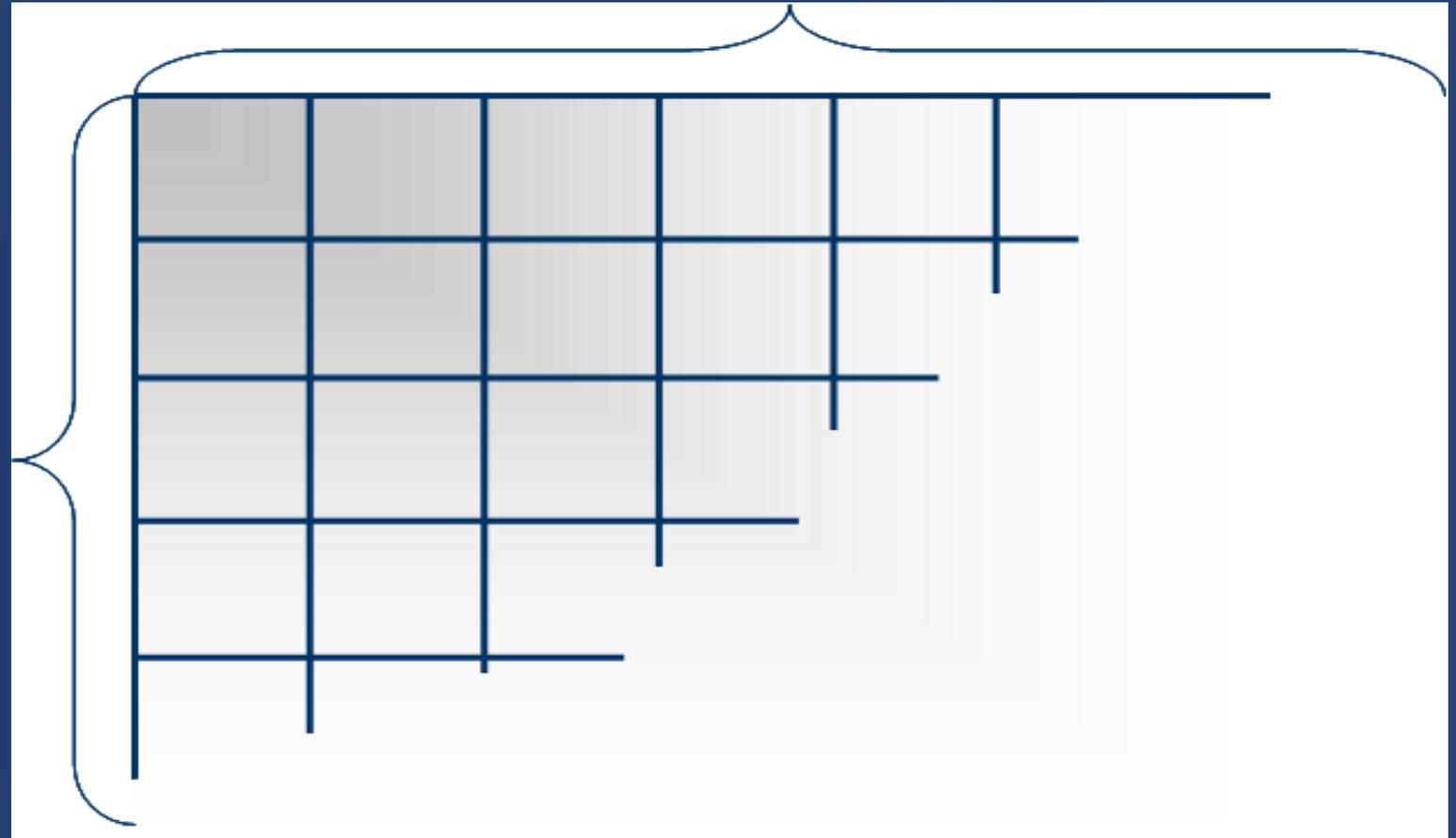
## 4. A implantação deve acompanhar um formulário

| ITEM | MODO DE FALHA | EFEITOS NO |         | PROBABILIDADE<br>P | CONSEQUÊNCIA<br>C | CRITICALIDADE<br>P X C | CONTROLE |
|------|---------------|------------|---------|--------------------|-------------------|------------------------|----------|
|      |               | OUTRO ITEM | SISTEMA |                    |                   |                        |          |
|      |               |            |         |                    |                   |                        |          |

# Desmembramento do sistema em itens / componentes

Palavra-chave:  
confiabilidade.

Modos de falha



EXEMPLO: Bacia A03 FMECA PB

*Sergio Médici de Eston PMI EPU SP*



**FMECA**  
**Feita uma única vez!!**

## Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
2. Relembrando as 4 camadas
3. WRAC
4. FMECA (FMEA)

### 5. HAZOP

6. FTA / LTA
7. ETA
8. BTA

# HAZOP (Hazard and Operability Studies) (Estudo de condição perigosa e operabilidade)



199 4 12



Adequado para sistemas com **variáveis de processo**.

## Palavras-guias

| Variáveis de processo | Desvios na variável |
|-----------------------|---------------------|
| Propriedades          | O que acontece se   |
| fluxo                 | mais de             |
| nível                 | menos de            |
| pressão               | sem                 |
| temperatura           | reverso             |
| concentração          |                     |
| tempo, etc.           |                     |

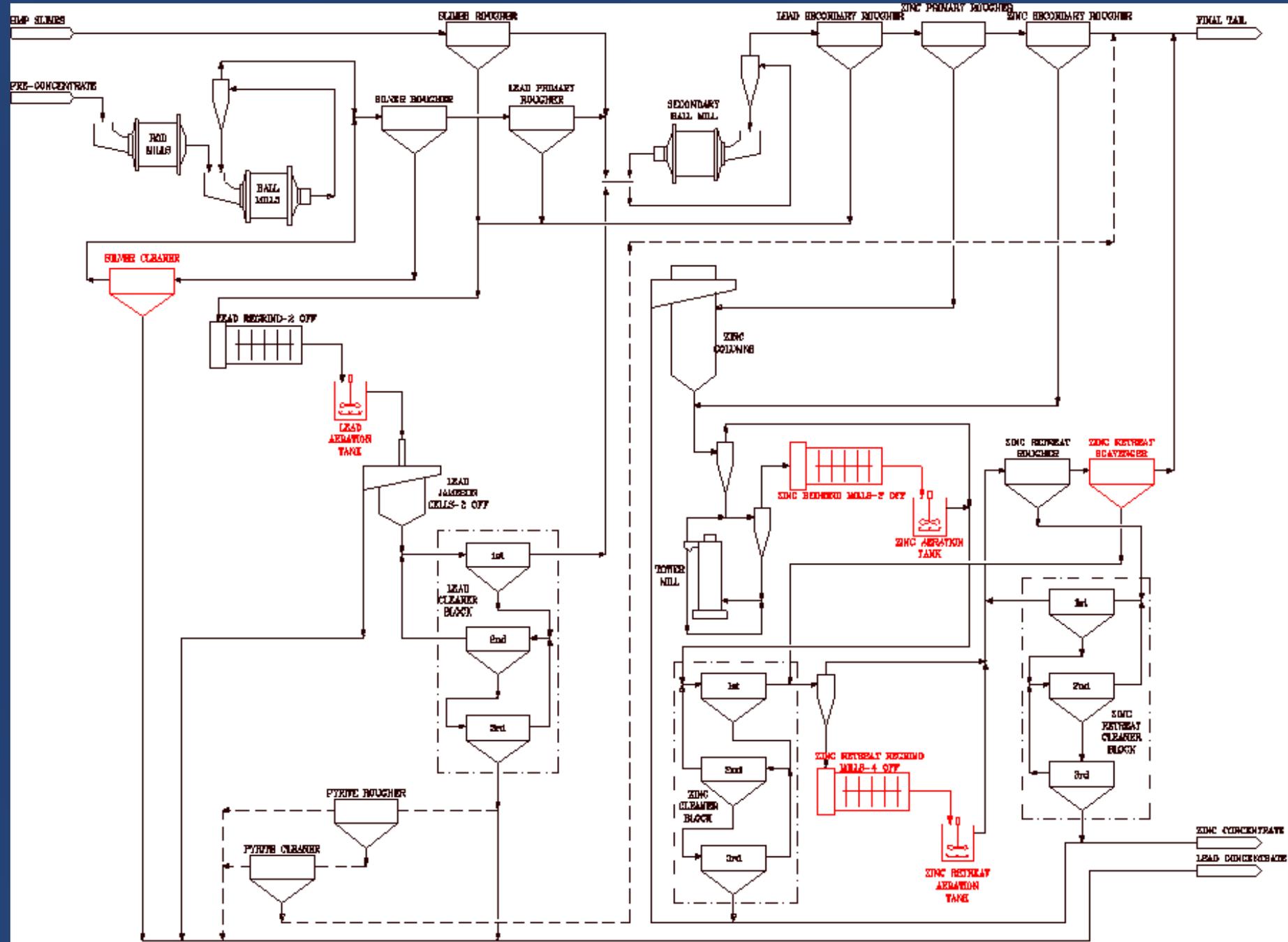
# HAZOP (Hazard & Operability Studies)

- 1 Condições de projeto **não são** questionadas em princípio
- 2 Condições perigosas ocorrem somente quando existem **desvios nas intenções do processo**
- 3 Técnica examina quais são os **impactos de desvios** nas intenções do processo
- 4 Realizada por **equipes**

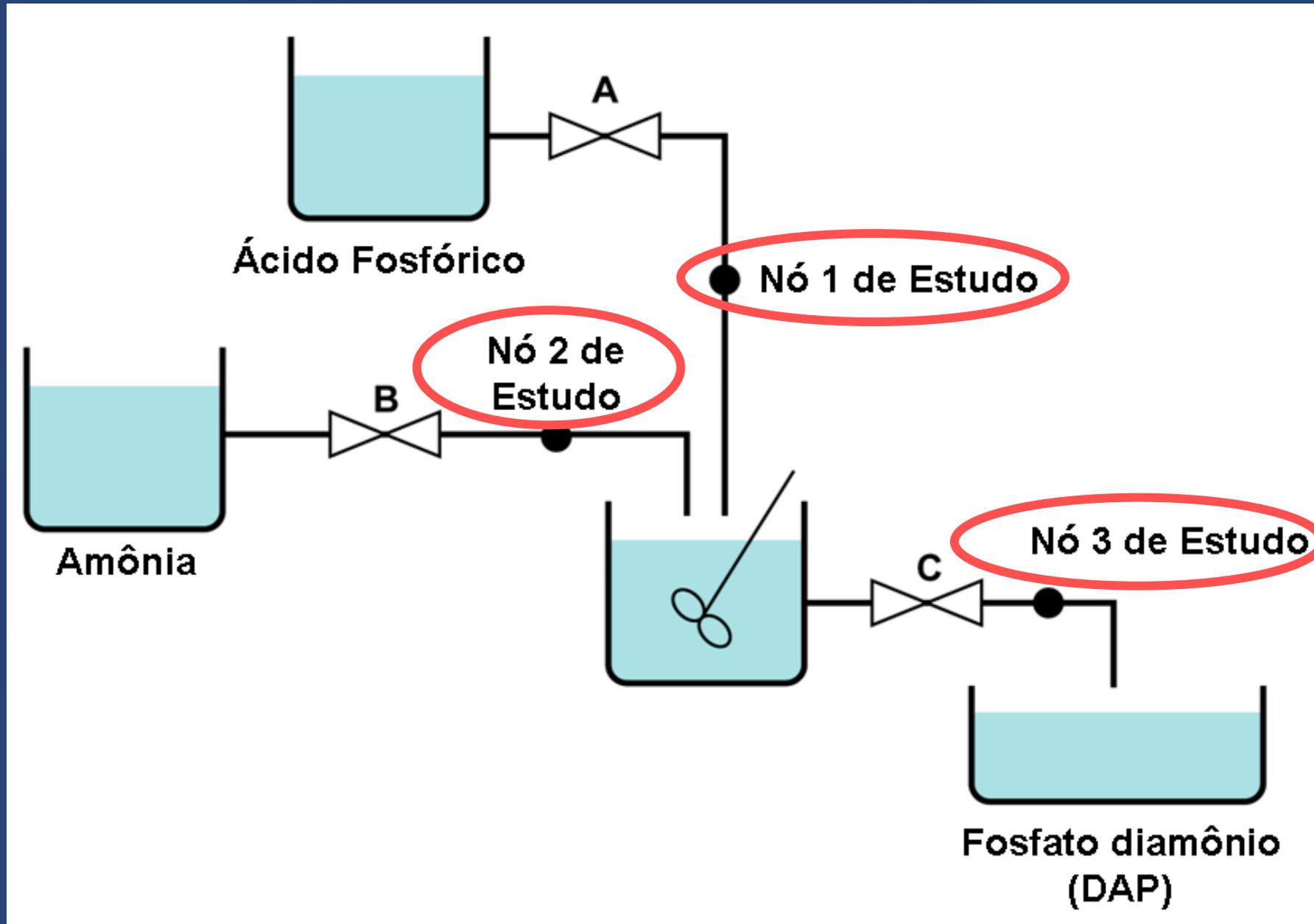
## HAZOP (Hazard and Operability Studies)

- 5 Usa diagramas de processo e de instrumentação para traçar o **fluxo de materiais e produtos** através de uma planta (química, usina)
- 6 Desmembra o processo em "nós"
- 7 Usa "palavras-guia" para determinar os tipos possíveis de desvios em cada **NÓ**
- 8 "**Nós**" (pontos de aplicação das palavras-guia)

Exemplo:  
Em vermelho  
estacando-se os  
NÓs do  
processo.



# "Nós" de processo (pontos de aplicação das palavras-guia)



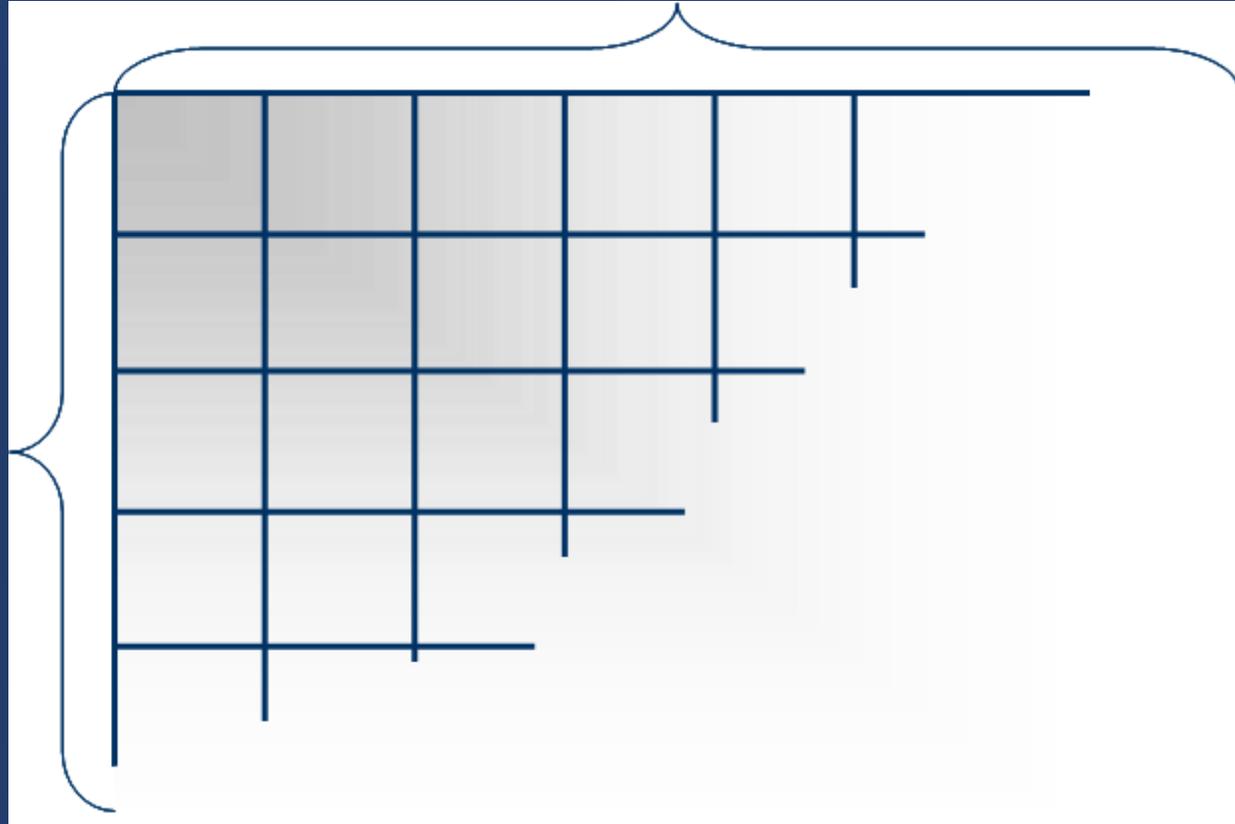
## A implantação deve acompanhar um formulário

| Palavra Guia | Desvio | Conseqüências | Causas | Ações Sugeridas |
|--------------|--------|---------------|--------|-----------------|
|              |        |               |        |                 |

# Desmembramento do processo químico em "nós".

Palavra chave: variáveis de processo

Avaliação dos potenciais desvios das variáveis de processo



EXEMPLO: Cerveja A04 HAZOP PB

## Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
2. Relembrando as 4 camadas
3. WRAC
4. FMECA (FMEA)
5. HAZOP

### 6. FTA / LTA

7. ETA
8. BTA

**FTA / LTA (Fault Tree Analysis / Logic Tree Analysis)  
(Análise de árvore de falhas / Análise de árvore lógica)**



1962 Misseis  
Minuteman  
com ogiva  
nuclear.

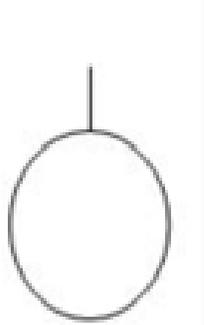
Ferramenta  
desenvolvida  
pela Bell  
Telephone  
Laboratories.



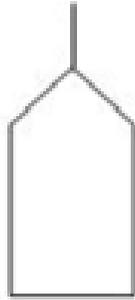


# FTA / LTA (Fault Tree Analysis / Logic Tree Analysis)

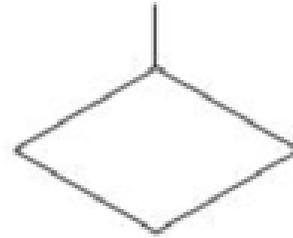
1. Desenvolvimento lógico e sistemático dos fatores **contribuintes para um evento**
2. Árvore de Falhas: evento indesejado
3. Árvore Lógica: evento desejado
4. **Portas lógicas** - conexão entre eventos



Evento básico



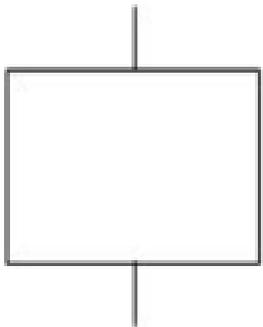
Evento externo



Evento não desenvolvido

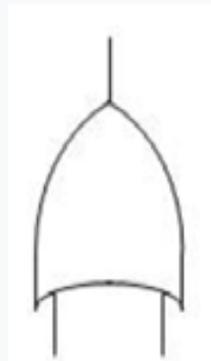


Evento condicional

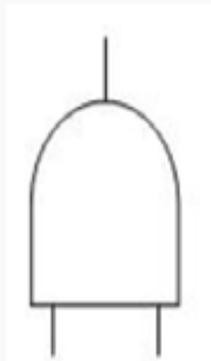


Evento intermediário

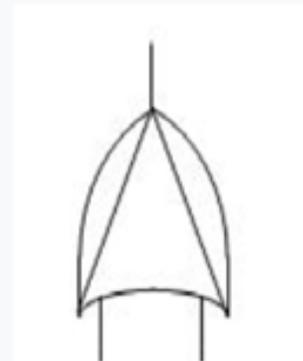
## Símbolos de eventos



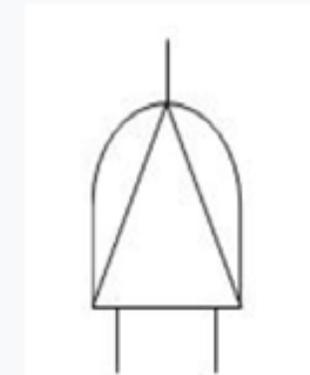
Porta OU



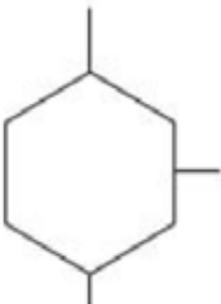
Porta E



Porta OU exclusiva



Porta E prioritária



Os símbolos de portas indicam as relações entre eventos de entrada e saída, e derivam da **álgebra booleana**.

Símbolos de transferência - usados para conectar entradas e saídas de árvore de falhas relacionadas, como uma **FTA de um subsistema com relação ao seu sistema.**

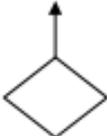
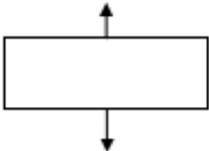


**transferência para dentro**



**transferência para fora**

Figura 3-5 Símbolos dos eventos do FTA.

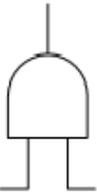
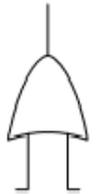
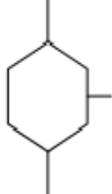
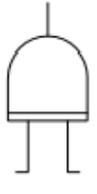
| Símbolo  | Significado  |
|--|--|
|   | O círculo representa um evento base na árvore. Eles se encontram nos níveis inferiores da árvore e não requerem mais desenvolvimento ou divisões. Não há portas ou eventos debaixo do evento base.   |
|   | O diamante identifica um evento terminal sim desenvolver. Tão evento não é completamente desenvolvido devido a uma falta de informação.  |
|   | O retângulo é o principal componente básico da árvore. Representa o evento negativo e se localiza no ponto superior da árvore e pode localizar-se por tudo a árvore para indicar outros eventos que podem dividir-se mais. Este é o único símbolo que terá abaixo uma porta lógica e eventos de entrada. |
|   | Este símbolo representa uma situação especial que pode ocorrer somente se ocorrerem certas circunstâncias. Isso se explica adentro do símbolo.   |
| <p>Para fora </p> <p>Para dentro </p> | Uma linha a partir do vértice do triângulo indica a transferência de entrada, e uma linha do lado denota uma transferência para fora   |

Fonte: O'Connor (1985) e Brooke e Paige (2003).

Figura 3-6 Conectores lógicos do FIA.

Existem outras grafias para as portas.



| Símbolo   | Nome                 | Significado  |
|---|----------------------|--|
|    | E                    | Evento de saída só ocorre se todos os ventos de entrada ocorrem simultaneamente.               |
|    | OU                   | Evento de saída só ocorrerá se somente um ou qualquer combinação dos eventos de entrada ocorre |
|    | E de prioridade      | Evento de entrada só conduz ao evento de saída se o condicional ocorrer                        |
|  | OU exclusiva         | Evento de saída ocorre se os eventos de entrada ocorrer na ordem de esquerda para direita      |
|  | Inibição condicional | Evento de saída ocorre se só um evento de entrada ocorrer                                      |

# FTA / LTA (Fault Tree Analysis / Logic Tree Analysis)



• A estrutura geral lembra uma árvore.

1. Desenvolvimento lógico e sistemático dos fatores **contribuintes para um evento**
2. Árvore de Falhas: evento indesejado
3. Árvore Lógica: evento desejado
4. **Portas lógicas** - conexão entre eventos

**FTA / LTA** (Fault Tree Analysis / Logic Tree Analysis)

5. Primeiro defina (claramente) o **evento topo**
6. Em seguida defina os **eventos contribuidores** para a ocorrência do evento topo, usando os "portões" lógicos do tipo "E" / "OU"
7. Teste a lógica da árvore "caminhando" de baixo para cima

# FTA / LTA (Fault Tree Analysis / Logic Tree Analysis)

Exemplo: LTA A05 Aprovação PB

Exemplo: LTA A06 Zero lesão PB

## Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
2. Relembrando as 4 camadas
3. WRAC
4. FMECA (FMEA)
5. HAZOP
6. FTA / LTA

7. ETA

8. BTA

# ETA (Event Tree Analysis)



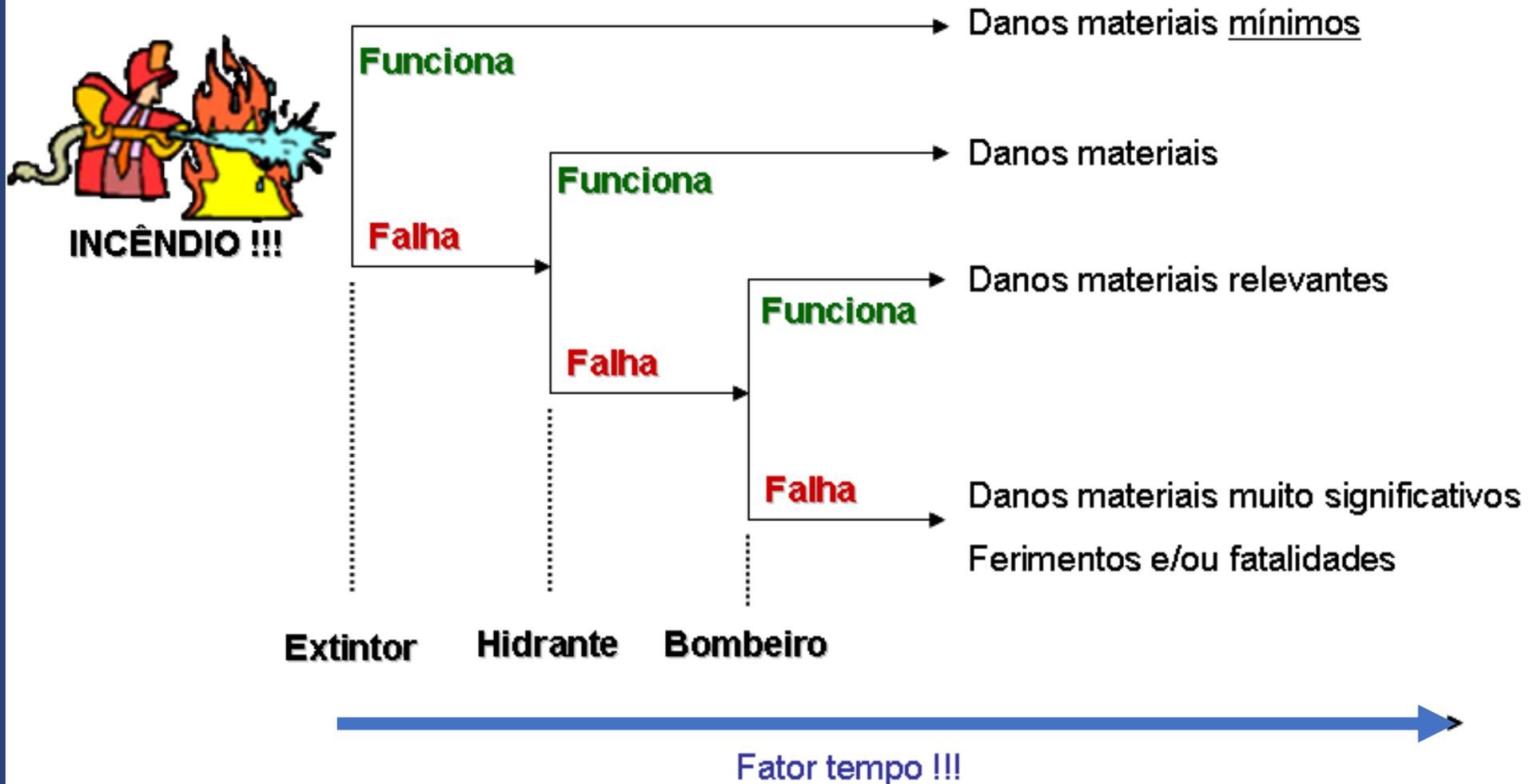
# ETA (Event Tree Analysis)

(Análise de árvores de eventos)

1. Primeiro defina (claramente) o **evento iniciador**
2. Avalie o **sucesso** e a **falha** dos **controles** existentes na unidade
3. Estime **diferentes consequências** em função da falha ou do funcionamento correto dos **controles** existentes, numa **evolução temporal**

# ETA (Event Tree Analysis)

| Evento Iniciador | Controle 1 | Controle 2 | Controle 3 | Conseqüência do Evento |
|------------------|------------|------------|------------|------------------------|
|------------------|------------|------------|------------|------------------------|



Evolução temporal de explosão de silo, a medida que controles vão falhando. Na China.

A07 PB



Evolução  
temporal de  
desabamento  
de ponte  
A08 PB



*Sergio Médici de Eston PMI EPU SP*

## Tema 6 Ferramentas de análise de risco

1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
2. Relembrando as 4 camadas
3. WRAC
4. FMECA (FMEA)
5. HAZOP
6. FTA / LTA
7. ETA

**8. BTA**

# BTA - Bow Tie Analysis



# BTA (Bow Tie Analysis)

## Análise da gravata borboleta

1. Primeiro defina (claramente) o **evento crítico**
2. Avalie as **condições perigosas** que podem contribuir para a ocorrência do evento crítico e quais **controles** (de prevenção) existem para evitar o evento crítico
3. Estime diferentes consequências em função dos **controles** (de mitigação) existentes para diminuir os possíveis danos

# BTA (Bow Tie Analysis): palavra chave: **controles**



# BTA (Bow Tie Analysis)



EXEMPLO: BTA Namoro A09 PB

# BTA (Bow Tie Analysis)

O processo de avaliação de riscos das condições perigosas de alto potencial

- ▶ Identificar as CP de alto potencial ("maiores", "HPI", elefantes)
- ▶ Revisar a CP (localização, riscos, controles)
- ▶ Determinar requerimentos importantes existentes/novos
- ▶ Documentar (plano de ação, padrões, diretriz de processo etc.)
- ▶ Implantar
- ▶ Monitorar / auditar os controles

# BTA (Bow Tie Analysis)

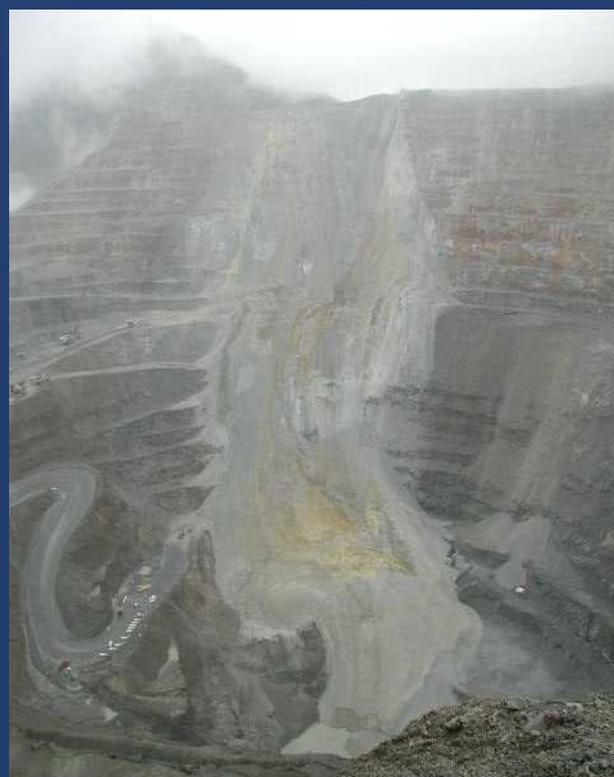


Condições perigosas de alto potencial e eventos indesejados ("HPI")  
Camada 1 - Elefantes



# Cond. perigosas de alto potencial e eventos indesejados

## Camada 1 - Elefantes



- ▶ Combustão espontânea
- ▶ Fogo em subsolo
- ▶ Ventilação / gás
- ▶ Controle de teto / piso
- ▶ Eletricidade
- ▶ Sobrepressão de ar
- ▶ Influxo
- ▶ Deslize de talude da cava
- ▶ Outros



Deslizamento de talude na mina **de cobre de Bingham Canyon**, arredores de Salt Lake City, Utah. A produção da mina caiu a metade depois do evento crítico.

Piper Alfa

1988

167 mortos



Piper Alpha e o Inferno na Terra: O acidente offshore de 1988 mais devastador.



O incêndio consumia mais **de meia tonelada de gás natural por segundo**, equivalente a todo o consumo doméstico do Reino Unido, derretendo a plataforma de 20 000 toneladas de dentro para fora.

Peça a alguém em 2023 para nomear o pior desastre offshore do mundo e provavelmente dirão o acidente do Deepwater Horizon, uma sonda de perfuração semi-submersível da BP que operava no Golfo do México em 2010.

Mas algo muito mais devastador aconteceu há 32 anos hoje.

Piper Alpha no último estágio para naufrágio no Mar do Norte



Embora nenhuma acusação criminal tenha sido apresentada após o desastre, a indústria offshore do Reino Unido **aceitou todas as 106 recomendações** apresentadas pelo **Cullen Inquiry**. Recomendações que remodelaram completamente o setor e o transformaram em um modelo amplamente copiado em todo o mundo.

Se essas lições também fossem aprendidas / lembradas nos EUA e no Brasil, talvez o Deepwater Horizon poderia ter tido um resultado diferente ...

## Exemplo:

Quais eram os controles na barragem da Samarco, em Mariana? A11 foto PB

## Exercício

Que ferramenta usaria para analisar este local?

Stratosphere, Las Vegas A12 PB

## Tema 6 Ferramentas de análise de risco

- ✓ 1. Aonde estamos no processo de gerenciamento do risco
- ✓ 2. Relembrando as 4 camadas
- ✓ 3. WRAC
- ✓ 4. FMECA (FMEA)
- ✓ 5. HAZOP
- ✓ 6. FTA / LTA
- ✓ 7. ETA
- ✓ 8. BTA