

PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco

Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa

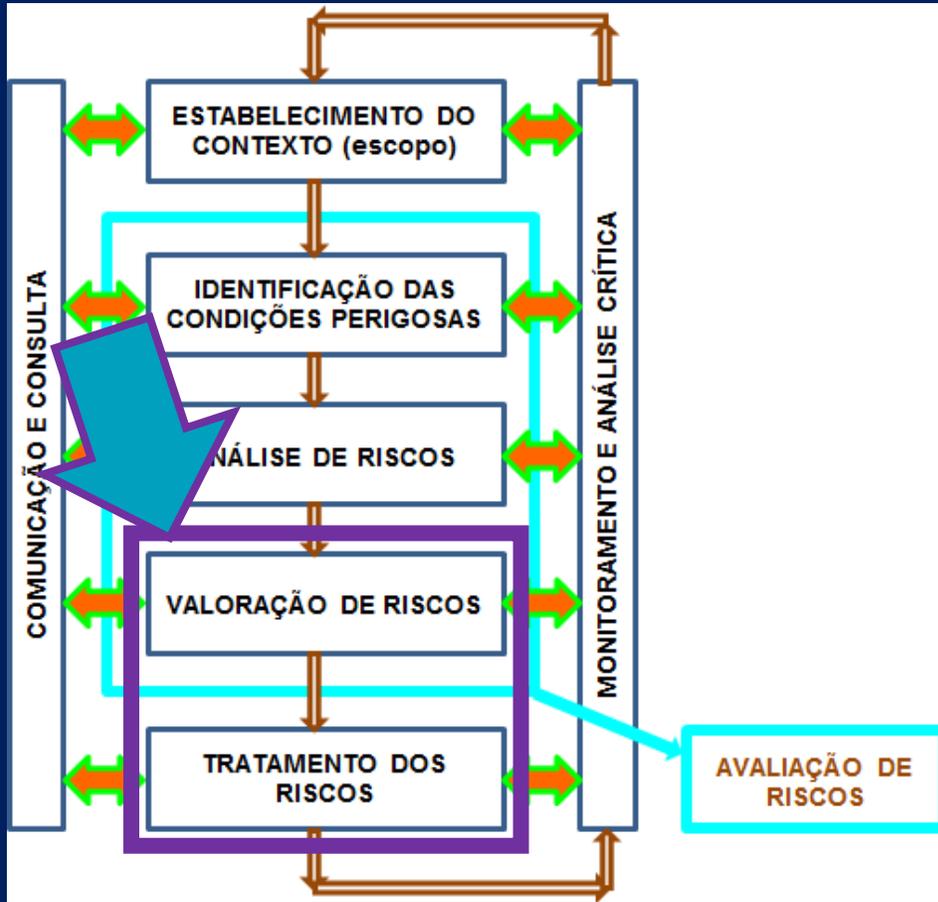
Melhoria do circuito - FTA quantitativa

Conectivos E e OU

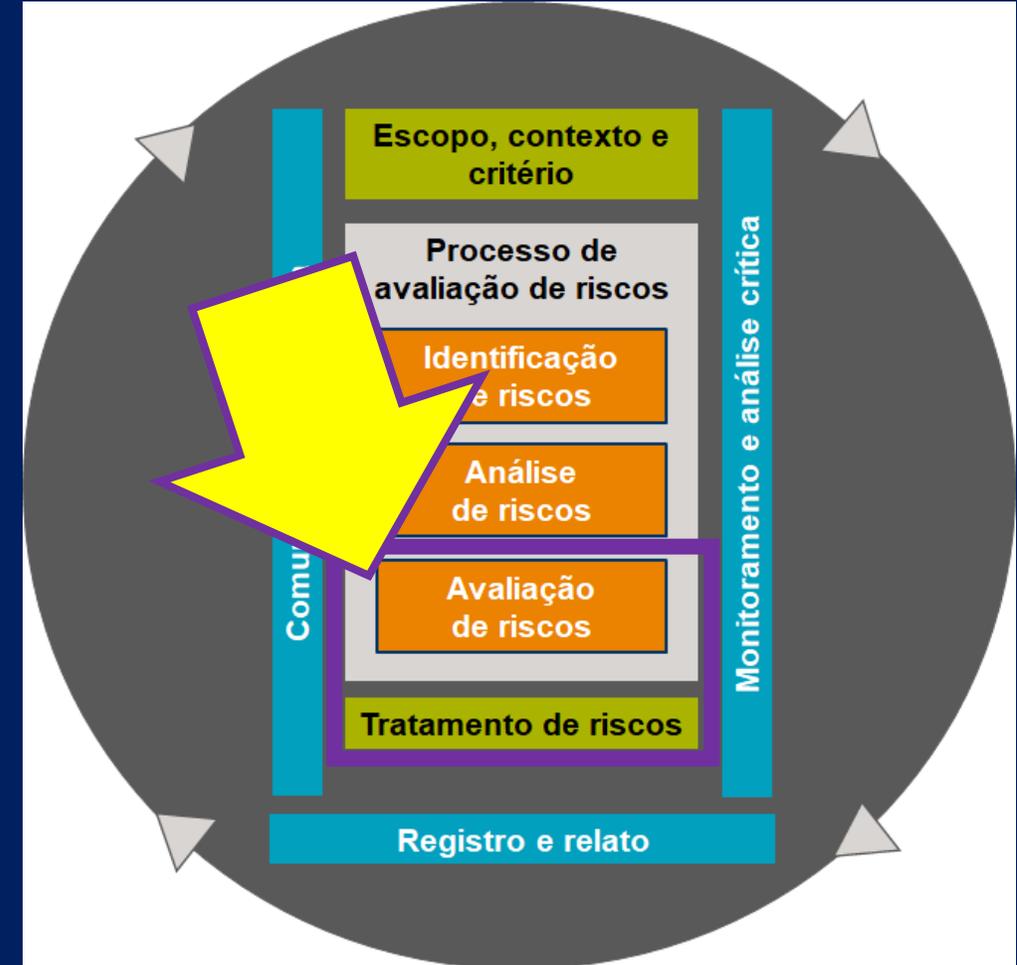
Confiabilidade dos controles



PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS



Versão adaptada da norma
ABNT NBR ISO 31000:2009
(Gestão de Riscos)



Cópia da norma ABNT NBR
ISO 31000:2018
(Gestão de Riscos)

O QUE É RISCO



PROBABILIDADE
que um evento ocorra
e as
CONSEQUÊNCIAS
se este evento ocorrer

Neste módulo
quantitativo
devemos segurar
na mão de Deus.



COMO NÓS COMPARAMOS



Risco de ser morto por um raio	1 em 10 milhões
Risco de morte por fogo / explosão em casa	1 em 1 milhão
Risco de morte em uma indústria segura	1 em 100.000
Risco de morte em um acidente de trânsito	1 em 10.000
Risco de morte em mineração (Reino Unido)	1 em 1.000
	INDÚSTRIA NUCLEAR BRITÂNICA
Risco de morte em mineração da Austrália	1 em 7.000
	CONSELHO DE MINERAIS DA AUSTRÁLIA

$$R = P \times C$$

$$R = f(P, C, t, i)$$

R: Risco; P: Probabilidade; C: Consequência; I: Indignação

PROBABILIDADE

Você sai de tarde para jogar bola.

Às 22h sua mulher liga para saber onde você está.

Você diz que está no hospital se recuperando de um acidente aéreo.

Qual a probabilidade de sua mulher acreditar em você???



CONSEQUÊNCIA

As vezes a consequência é mais do que esperada. Outras vezes é quase uma surpresa.

Neste evento era esperada ou foi uma surpresa?



CONSEQUÊNCIA

As vezes a consequência é quase uma surpresa.

Neste evento era esperada ou foi uma surpresa?



PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco

Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa

Melhoria do circuito - FTA quantitativa

Conectivos E e OU

Confiabilidade dos controles

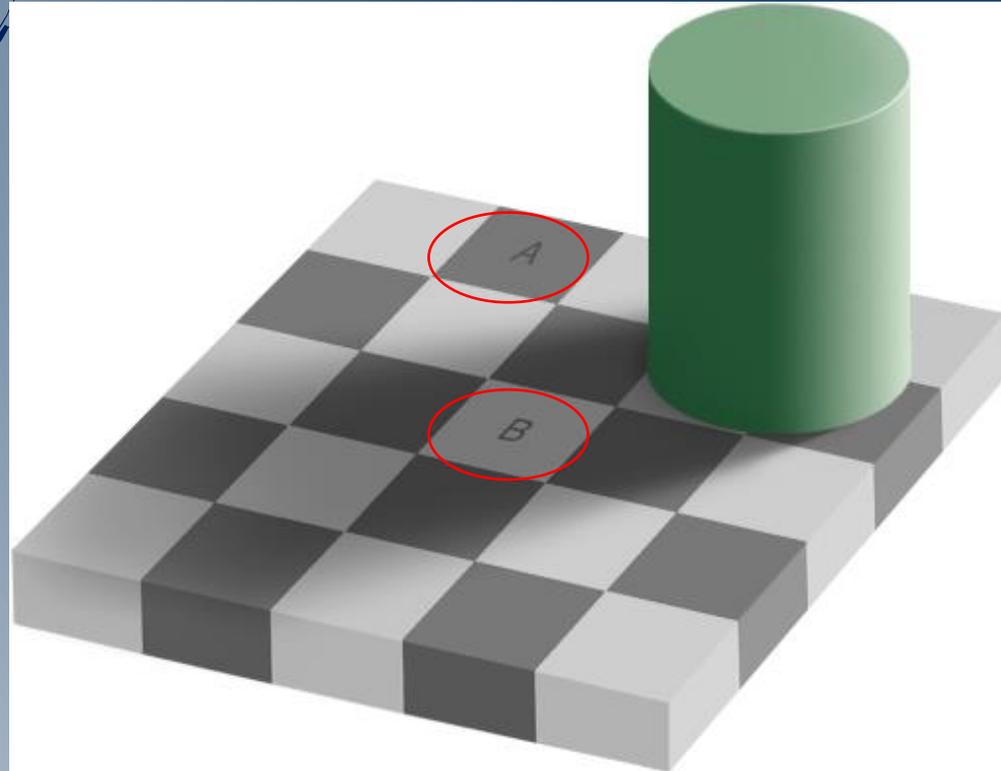


Como a gente percebe CPs?
Como a gente vê?

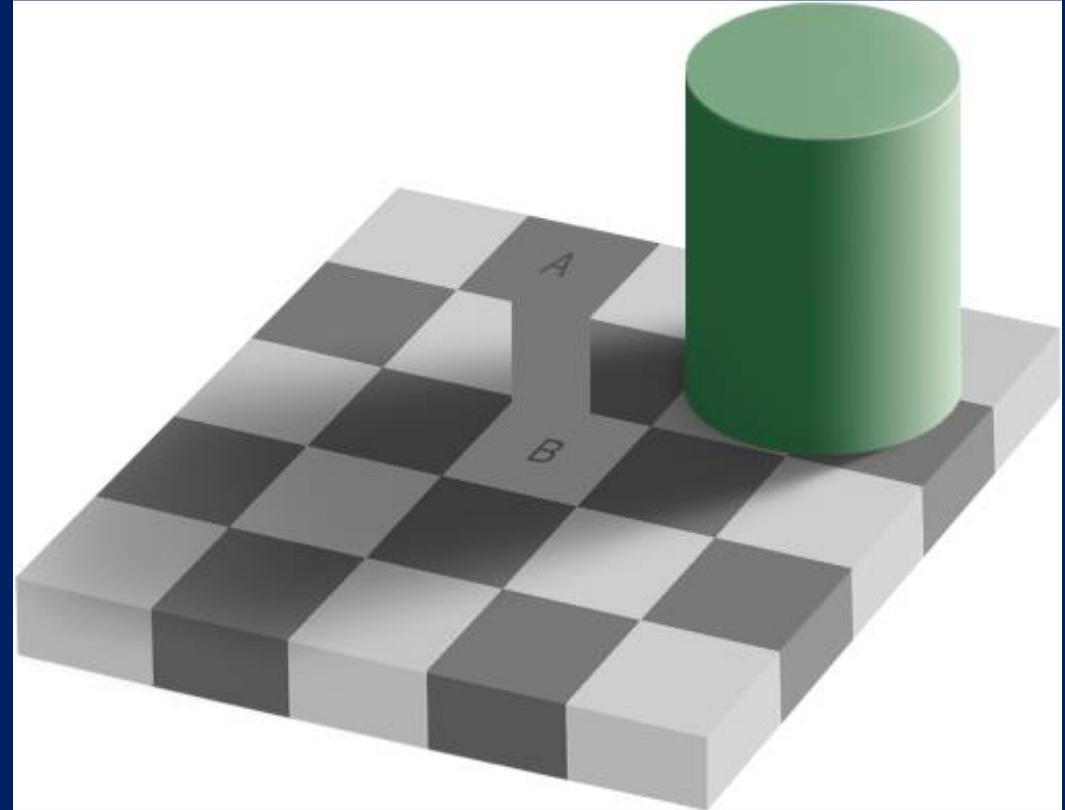
Como a gente vê cores e sombras?
A mecânica da "visão" é muito complexa.

Na figura vemos um conjunto de quadrados de sombreamentos diferentes, quase pretos e cinza claro.

Vemos um cilindro verde jogando sombra no que parece ser um tabuleiro de xadrez.

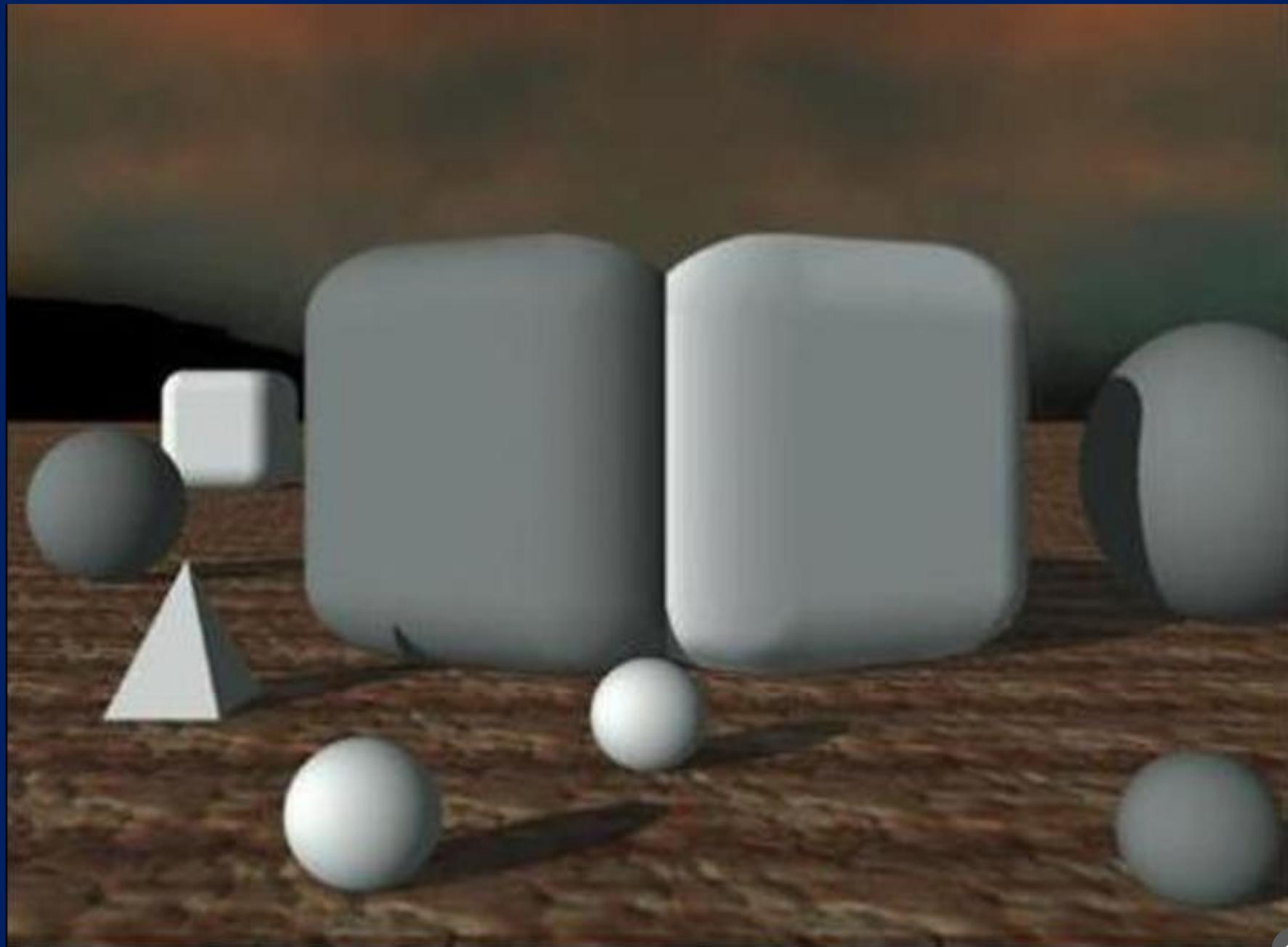


Olhando a mesma imagem mas agora está colocada uma faixa A-B, cinza clara, mostrando que as áreas claras e escuras tem a mesma cor. Este é a Ilusão de Adelson (<https://www.brainhq.com/brain-resources/brain-teasers/adelsons-same-color-illusion>).



A percepção visual fica confusa com formas ambíguas em 2D e 3D, e pelo modo que a luz, o sombreamento e as linhas são apresentadas.

O que **novos dados** acarretam na sua **percepção** e na sua **interpretação**, afetando a tomada de decisão?



Onde está o
gato?

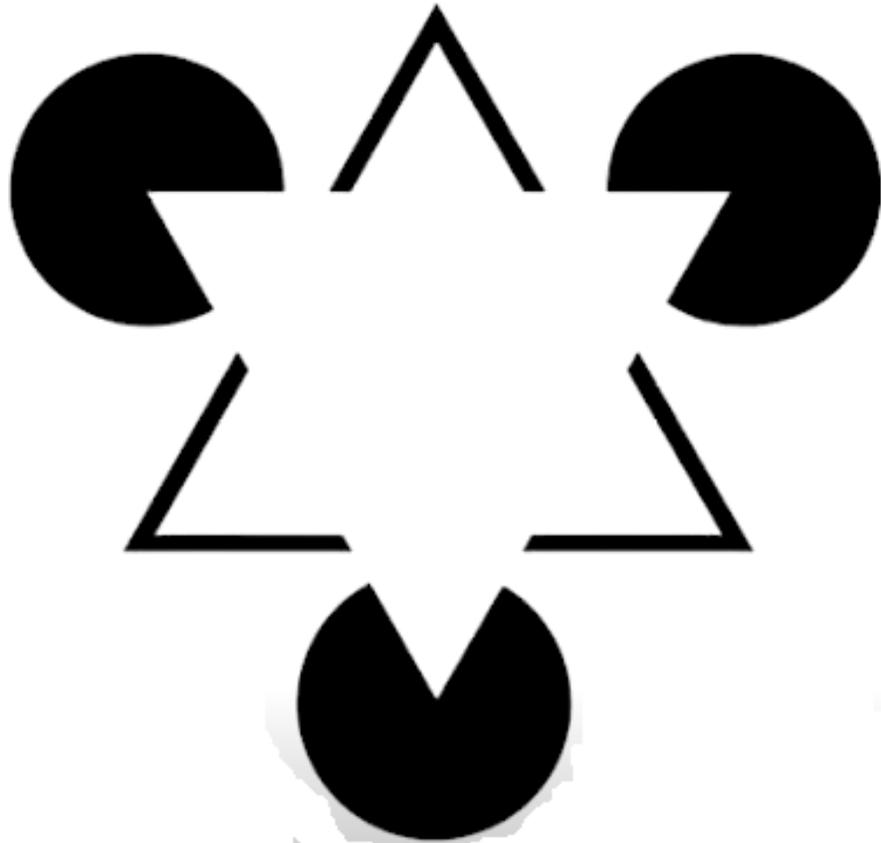


Uma das melhores ilusões de visão, onde nos enganamos com forma, sombreamento, linhas e reflexão é a Ilusão de Kokichi Sugihara.

<https://www.youtube.com/watch?v=oWfFco7K9v8>



Uma Abstração Mental



Risco

Lacunhas de percepção:

Não ver o que existe e ver o não existe.

Ou perceber como risco grande o que a ciência diz ser pequeno, ou perceber como risco pequeno o que a ciência diz ser grande.

Usina nuclear x clima
Câncer x cardíaca

Segurança é um estado de consciência sobre condições perigosas, perigos e riscos, sobre os quais se tem um relativo controle até um nível que é aceitável para nós.

Segurança começa com consciência

Para uma ponte.
4min 22s PB



PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco
Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa
Melhoria do circuito - FTA quantitativa
Conectivos E e OU
Confiabilidade dos controles



Como lidamos com números como 10^{-7} ou 10^6 ?

Exemplo: Qual a proporção de 2 garrafas de 1 L cada, com relação a uma piscina de 20 por 50 metros, e 3 m de profundidade?

Solução: V (piscina) = $3 \times 20 \times 50 = 3\,000\text{ m}^3$

Proporção = $2 / 3\,000\,000 = 1 / 1\,500\,000 = 6,67 \times 10^{-7}$

Exemplo: Um grão com relação aos grãos num saco de meio quilo de açúcar?

Solução: $1 / 1\,000\,000 = 10^{-6}$

Exemplo: Uma colher de chá de água para uma banheira padrão?

Solução: Uma colher de chá tem cerca de 5 mL, uma banheira padrão cerca de $0,5\text{ m}^3$ ($0,25 \times 2 \times 1$).

$5 / 500\,000 = 1 / 100\,000 = 10^{-5}$

Problemas de Feynman: Quantos afinadores de piano existem em Chicago??

Quantos extintores tem a Syngenta no mundo???

Percebendo probabilidades e riscos: a realidade!

Table 1: Annual risk of death for various United Kingdom age groups based on deaths in 1999 (Annual Abstract of Statistics, 2001/Health Statistics Quarterly – Summer 2001).

Population group	Risk as annual experience	Risk as annual experience per million
Entire population	1 in 97	10 309
Men aged 65-74	1 in 36	27 777
Women aged 65-74	1 in 51	19 607
Men aged 35-44	1 in 637	1 569
Women aged 35-44	1 in 988	1 012
Boys aged 5-14	1 in 6 907	145
Girls aged 5-14	1 in 8 696	115

Exemplo: Nos próximos 12 meses quantos professores **titulares** da POLI deverão estatisticamente **morrer**?

Quantos professores tem a POLI? Mais de 600.

Quantos são titulares?

Se forem cerca de 20%, teremos cerca de 120 titulares.

Como um titular em geral tem mais de 50 anos, podemos admitir que 1/3 terá mais de 65 anos (aposentado compulsoriamente aos 75).

1/3 de 120 fornece **40** titulares na faixa acima **de 65** anos.

Mas **1 em 36** falecerá no próximo ano!

Portanto, pelos dados ingleses, **alguém vai morrer nos próximos 12 meses, e eu estou na amostra!!**

PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco

Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa

Melhoria do circuito - FTA quantitativa

Conectivos E e OU

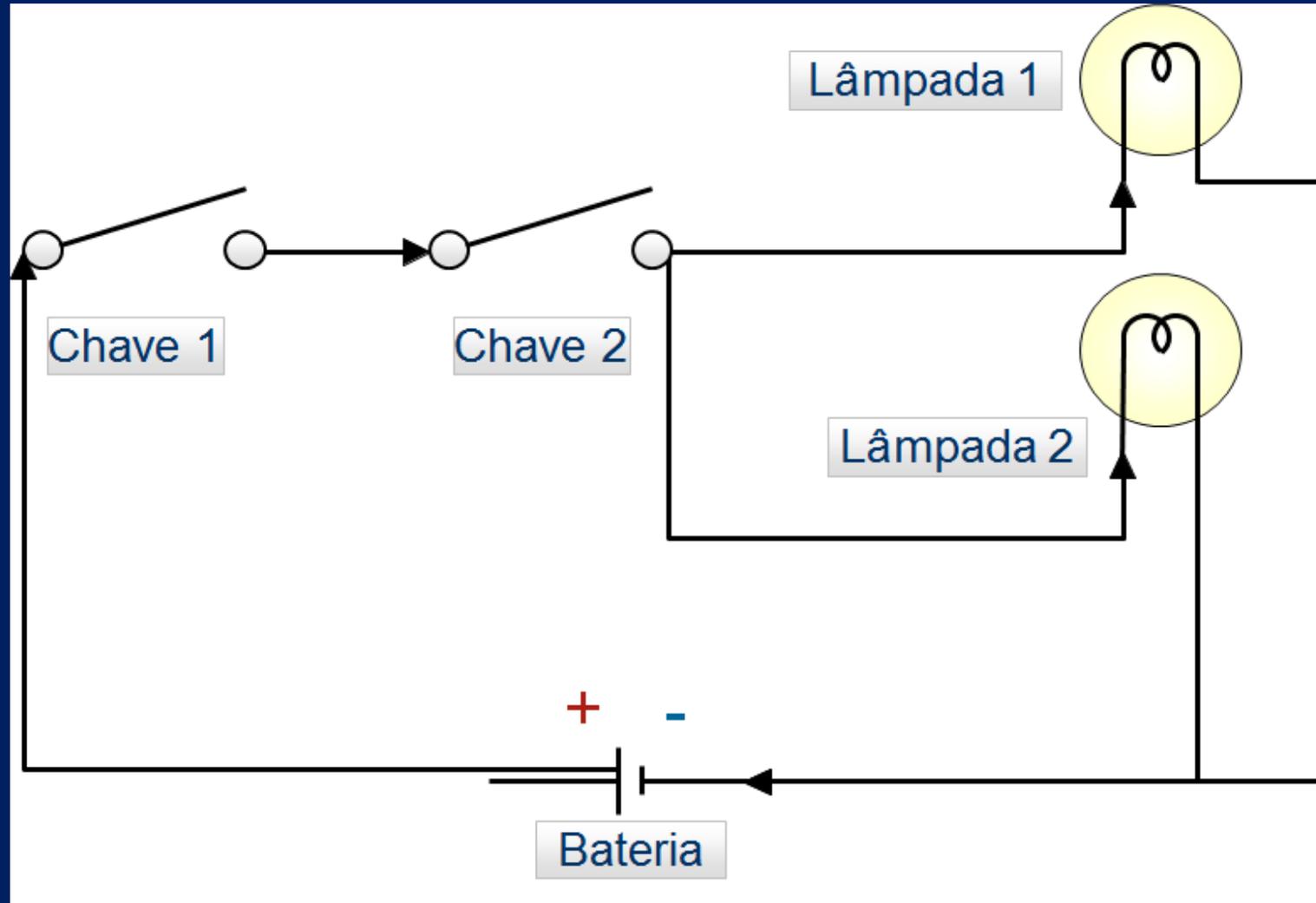
Confiabilidade dos controles



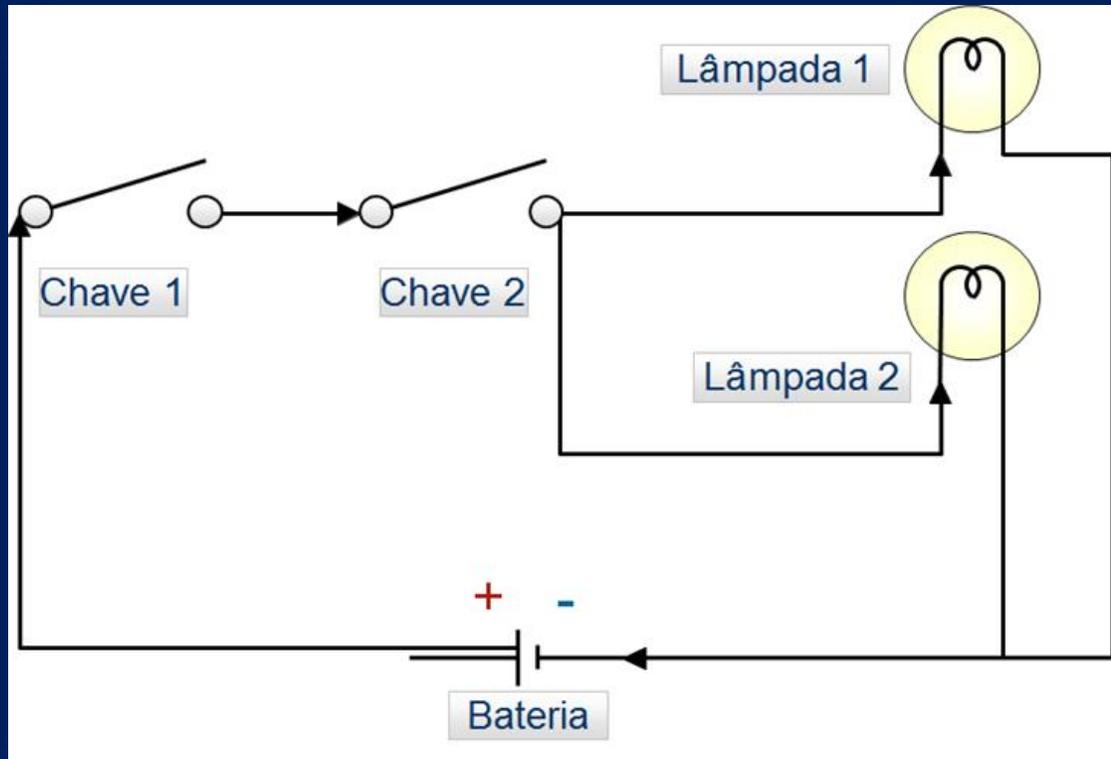
CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



Modelo físico.
Tudo se inicia aqui.



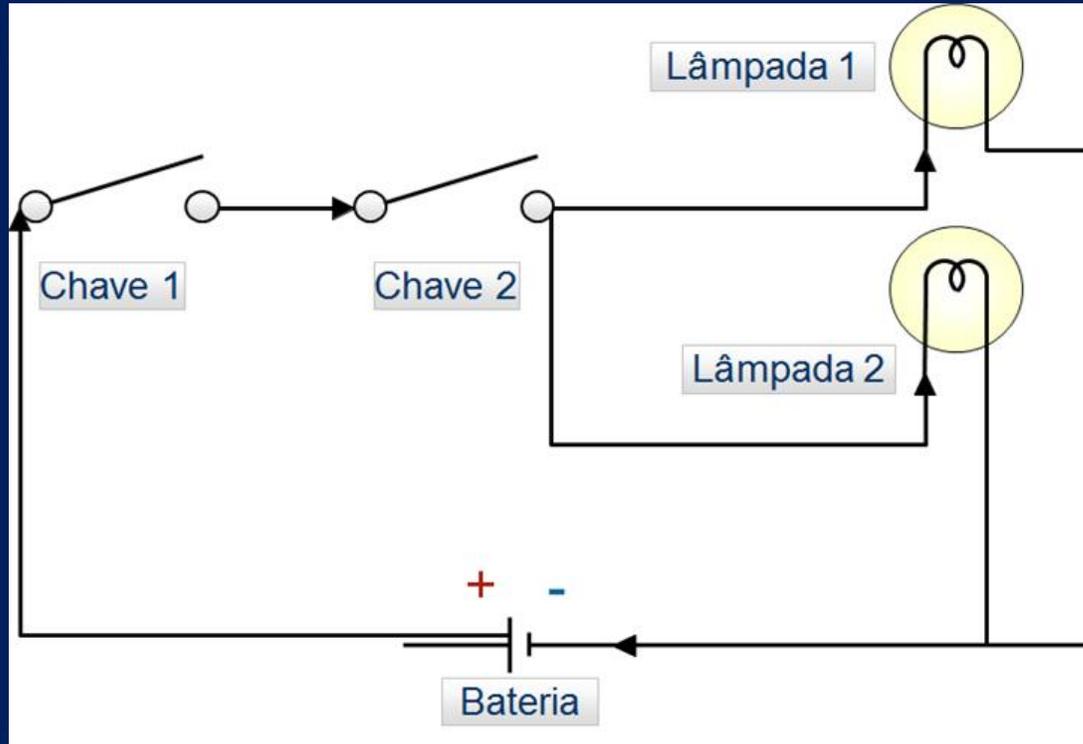
CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



Luz de emergência não acende se:

- Falha nas lâmpadas
- Falha nas chaves
- Falha na instalação

CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



Luz de emergência não acende se:

- Falha nas lâmpadas => **ambas** precisam falhar (**E**)
- Falha nas chaves => **Uma** das chaves precisa falhar (**OU**)
- Falha na instalação => **OU** por falha na bateria **OU** no circuito propriamente dito

CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



Modelo físico
analisado pela
ferramenta
FTA

Análise de
Árvore de Falhas
Qualitativa



PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco

Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa

Melhoria do circuito - FTA quantitativa

Conectivos E e OU

Confiabilidade dos controles



CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



Falta de luz no sistema de iluminação de emergência
PROBABILIDADE DE FALHA: 0,074 (ou 7,4%)
CONFIABILIDADE: 0,926 (ou 92,6%)

Análise de
Árvore de
Falhas
Quantitativa

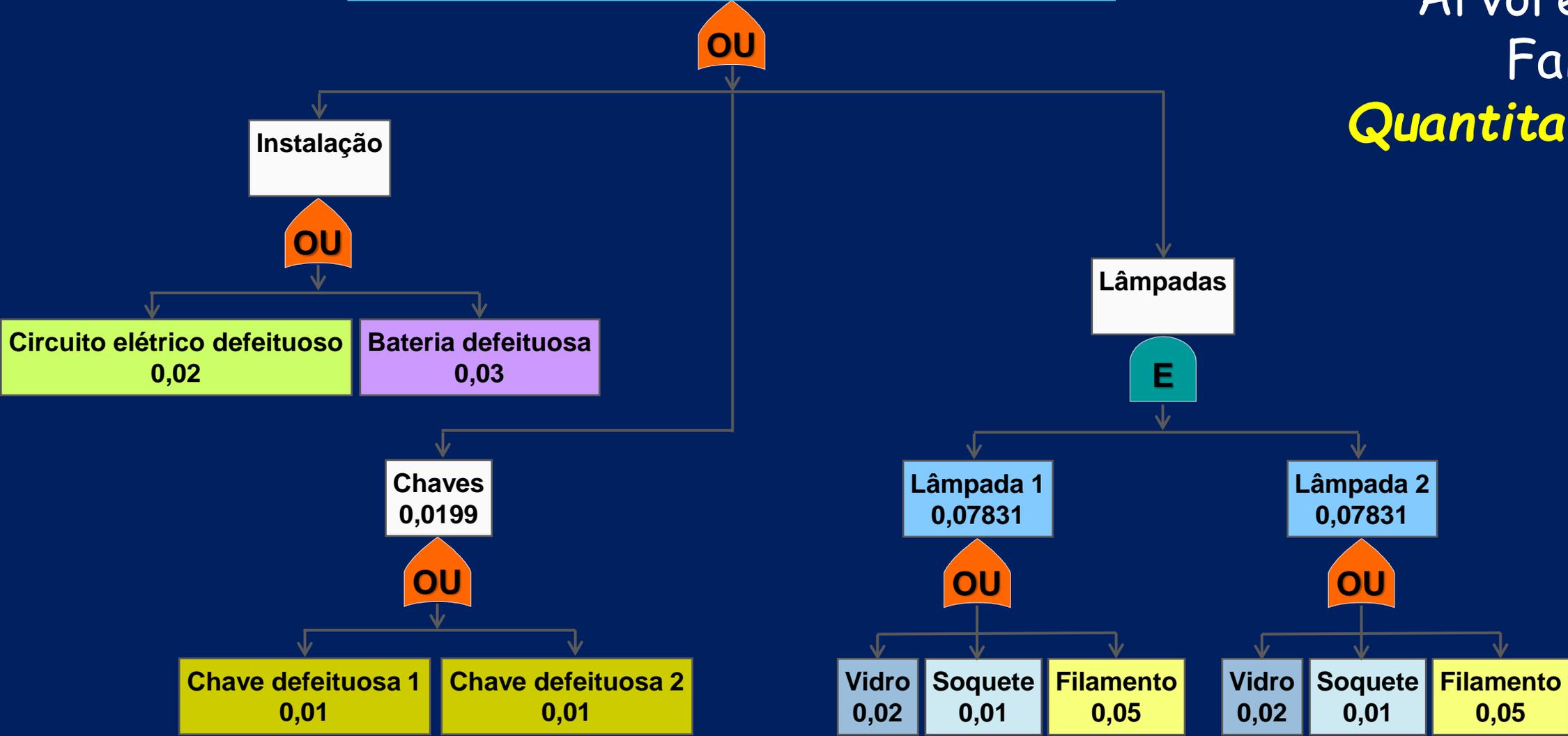


CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO: exercício 1 - preencher a árvore de falhas



Falta de luz no sistema de iluminação de emergência
PROBABILIDADE DE FALHA:
CONFIABILIDADE:

Análise de
Árvore de
Falhas
Quantitativa



COMO DIMINUIR A PROBABILIDADE DE FALHA **do sistema?**





POSSIBILIDADE: colocar as chaves em paralelo

Falta de luz no sistema de iluminação de emergência
PROBABILIDADE DE FALHA: 0,055324 (ou 5,53%)
CONFIABILIDADE: 94,47%
(antes, com as chaves em série: probabilidade de falha de 7,4%)

Análise de Árvore de Falhas Quantitativa



POSSIBILIDADE: colocar fiação mais robusta e bateria melhor



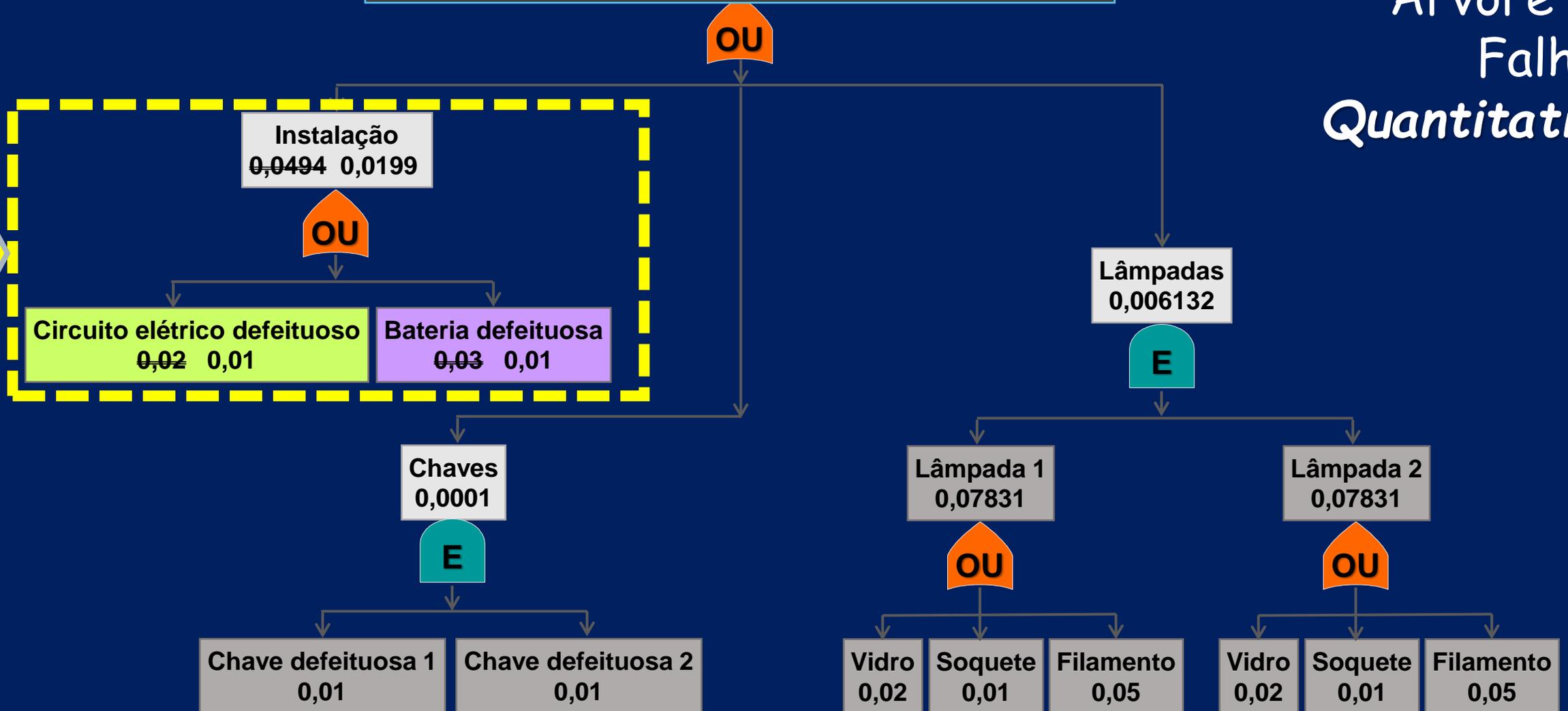
Falta de luz no sistema de iluminação de emergência

PROBABILIDADE DE FALHA: 0,02600 (ou 2,60%)

CONFIABILIDADE: 97,40%

(antes, no projeto original: probabilidade de falha de 7,4%)

Análise de
Árvore de
Falhas
Quantitativa



APÓS TODAS AS MODIFICAÇÕES

Falta de luz no sistema de iluminação de emergência
PROBABILIDADE DE FALHA: 0,0209 (ou 2,09%)
CONFIABILIDADE: 97,91%
(antes, no projeto original: probabilidade de falha de 7,4%)

Análise de
Árvore de
Falhas
Quantitativa



Observação 1

A confiabilidade do sistema é obtida por: 1 menos a probabilidade de falha do sistema.

$$C = 1 - 0,0209$$

$$C = 0,9791$$

$$C = 97,91\%$$

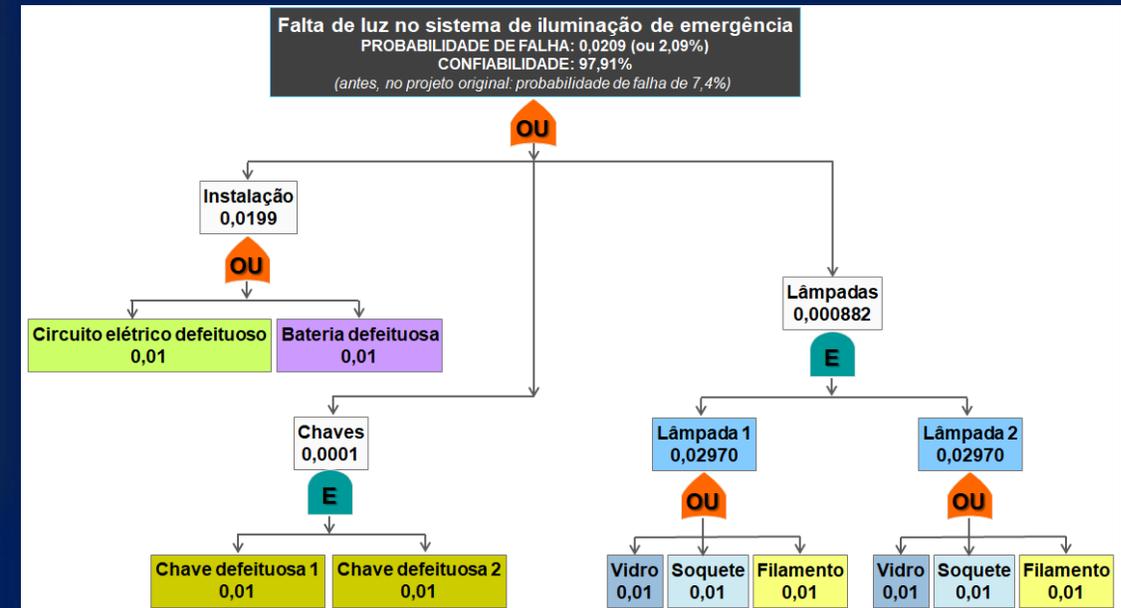
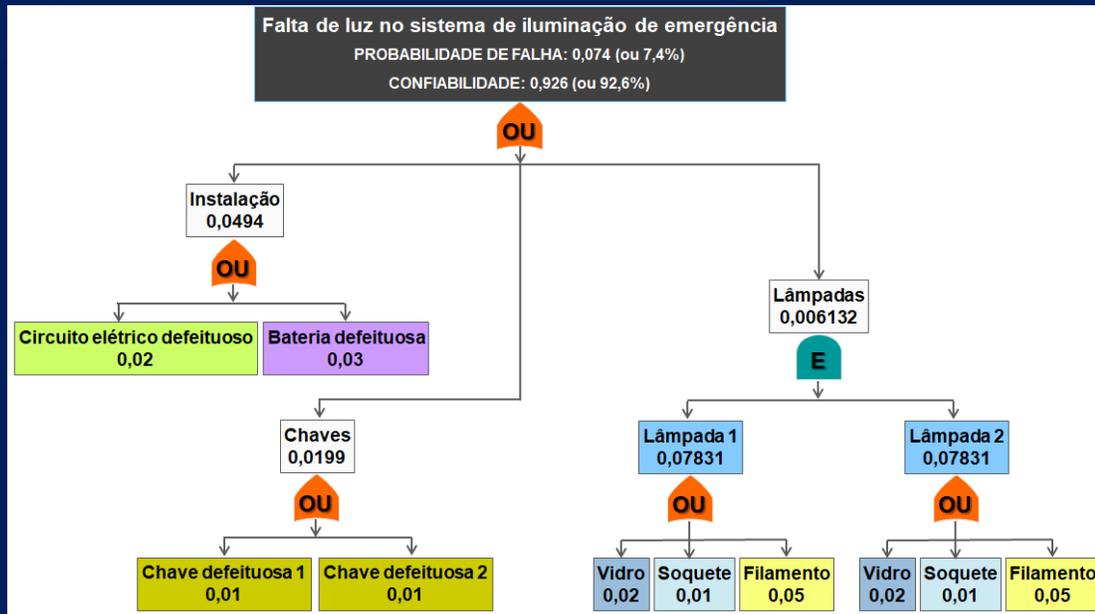
Observação 2

Cada melhoria do sistema deve ser acompanhada da análise custo benefício. É uma **decisão estratégica sobre segurança**.

Observação 3

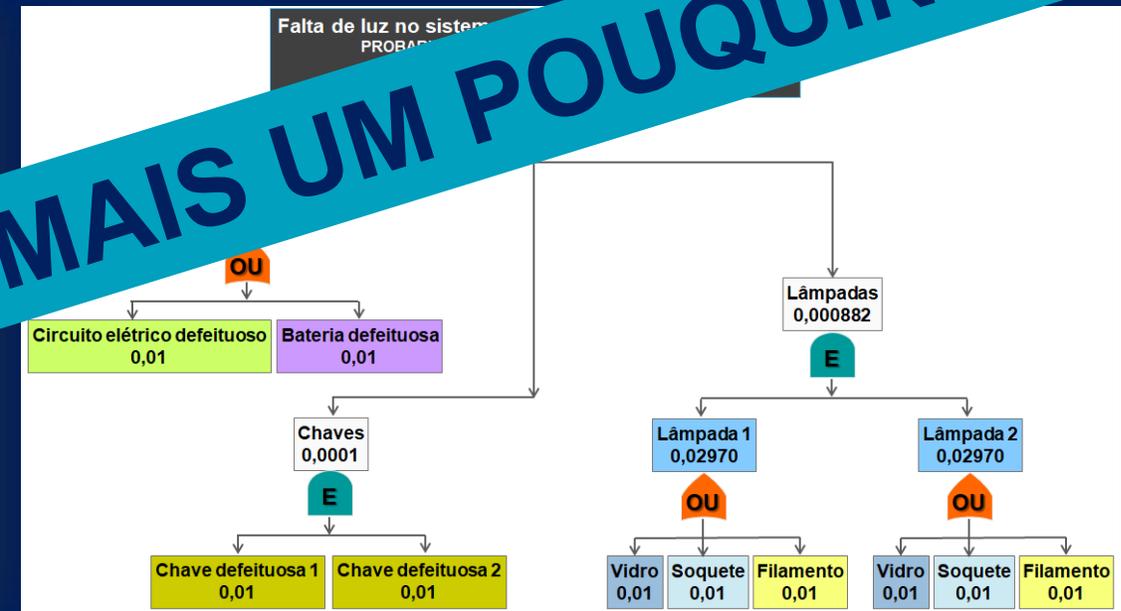
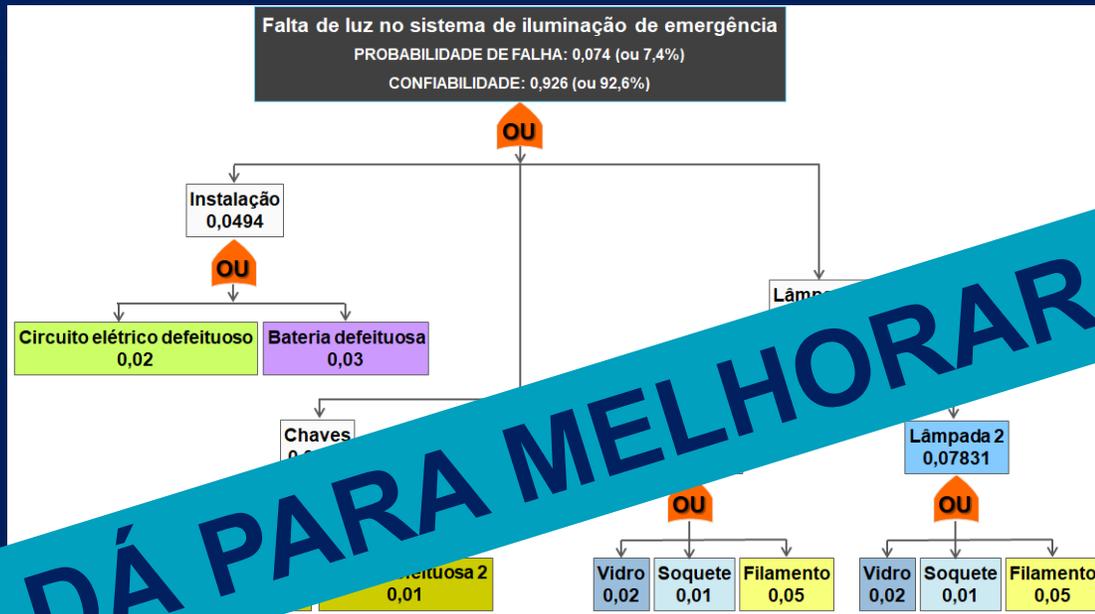
Na análise devemos focar em qual melhoria anterior diminuiu mais (relativamente) a probabilidade de falha (ou aumentou mais a confiabilidade).

APÓS TODAS AS MODIFICAÇÕES



- Chaves em paralelo: confiabilidade subiu de 92,60% para 94,47%
- Fiação mais robusta e bateria melhor: confiabilidade subiu de 94,47% para 97,40%
- Lâmpadas de led e de melhor qualidade: confiabilidade subiu de 97,40% para 97,91%

APÓS TODAS AS MODIFICAÇÕES



DÁ PARA MELHORAR MAIS UM POUQUINHO?

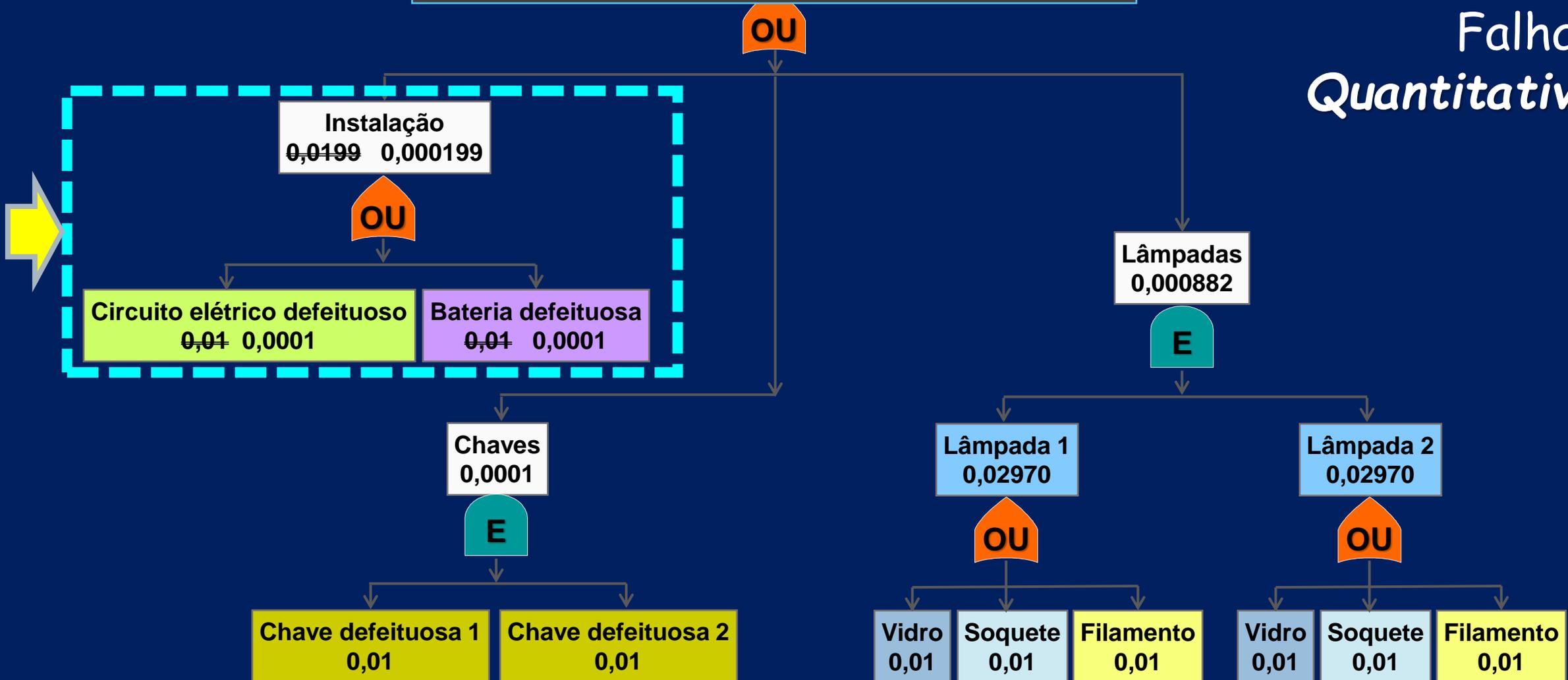
- Chaves em paralelo: confiabilidade subiu de 92,60% para 94,47%
- Fiação mais robusta e bateria melhor: confiabilidade subiu de 94,47% para 97,40%
- Lâmpadas de led e de melhor qualidade: confiabilidade subiu de 97,40% para 97,91%

POSSIBILIDADE: melhorar a bateria e o circuito elétrico



Falta de luz no sistema de iluminação de emergência
PROBABILIDADE DE FALHA: 0,001118 (ou 0,11%)
CONFIABILIDADE: 99,89%
(antes, no projeto original: probabilidade de falha de 7,4%)

Análise de Árvore de Falhas Quantitativa



Qual o nosso foco no gerenciamento de risco?

Qual a decisão?

Opções:

Se for iluminação de emergência no jardim?

Se for iluminação de emergência entre pisos de edifício?

Se for iluminação de emergência numa UTI?

A decisão pode conter aspectos **éticos e morais**.

Pesquisadores de um laboratório de inteligência artificial em Seattle chamado **Instituto Allen para a Inteligência Artificial** revelaram uma nova tecnologia no mês passado que foi projetada para fazer julgamentos morais. Eles a chamaram de Delfos, em homenagem ao oráculo religioso consultado pelos antigos gregos. Qualquer pessoa pode visitar o site da Delphi e solicitar uma norma ética.

Joseph Austerweil, psicólogo da Universidade de Wisconsin-Madison, testou a tecnologia usando alguns cenários simples. Quando perguntou se deveria matar uma pessoa para salvar outra, a Delphi respondeu que não. Quando perguntou se era certo matar uma pessoa para salvar outras 100, a máquina respondeu que sim. Então ele perguntou se deveria matar uma pessoa para salvar outras 101. Desta vez, a Delphi disse que não deveria.

Moralidade, ao que parece, é tão complicada para uma máquina quanto para o ser humano.

A Delphi, que recebeu mais de três milhões de visitas nas últimas semanas, é um projeto para resolver o que alguns veem como um grande problema nos modernos sistemas de IA —

PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco

Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa

Melhoria do circuito - FTA quantitativa

Conectivos E e OU

Confiabilidade dos controles



CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



ATENÇÃO: REFINAMENTO DO CÁLCULO DA PORTA "OU"

Porta "OU" não é uma simples soma de probabilidades!

Exemplo: considere as chaves antes de qualquer modificação (o valor atribuído para a "chave defeituosa" era 0,01).

O resultado correto não é $0,01 + 0,01 = 0,02$.

O resultado correto é 0,0199.

CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA COM BATERIA



ATENÇÃO: REFINAMENTO DO CÁLCULO DA PORTA "OU"

Imagine 16 portas em série, com cada uma tendo taxa individual de falha de 10% ou 0,1.

Se fosse soma simples obteríamos 1,6 como probabilidade de falha do sistema = absurdo !!! (probabilidade é sempre um número entre 0 e 1).

A resposta correta para 16 portas em série é 0,8147 - se aproximando assintoticamente de 1 na medida em que o número de portas cresce ao infinito.

Resumo sobre conectivos (E, OU) na FTA do exemplo:

Conectivo "E":

Eventos ao mesmo tempo

Probabilidades são **multiplicadas**

Conectivo "OU":

Não pode **somar** probabilidades.

Abrir **todas as possibilidades** do espaço amostral.

Ou usar a fórmula para produtória de todas as **confiabilidades**.

$$P(\text{falha sistema}) = 1 - [\prod (1 - P_j)]$$

P_j = probabilidade de falha individual

$1 - P_j$ = confiabilidades

$\prod (1 - P_j)$ = sistema não falha porque nenhum elemento falhou

Exemplo: Cada elemento de circuito com taxa de falha de 10% (ou seja 0,1).
Sejam apenas dois elementos.

Arranjo físico **em paralelo - conectivo "E"**

P(falha sistema) = ambos devem falhar ao mesmo tempo

$$P(\text{falha sistema}) = 0,1 \times 0,1 = 0,01 = 1\%$$

Arranjo físico **em série - conectivo "OU"**

Espaço amostral das possibilidades:

$$NF \times NF = 0,9 \times 0,9 = 0,81 \quad \text{sistema não falha}$$

$$NF \times F = 0,9 \times 0,1 = 0,09 \quad \text{sistema falha}$$

$$F \times NF = 0,1 \times 0,9 = 0,09 \quad \text{sistema falha}$$

$$F \times F = 0,1 \times 0,1 = 0,01 \quad \text{sistema falha}$$

Resumo de sistema falha: $0,09 + 0,09 + 0,01 = 0,19$ (sistema falha)

Ou então pela fórmula com confiabilidades:

$$1 - (\text{sistema não falha}) = (\text{sistema falha})$$

$$1 - 0,81 = 0,19 \quad \text{sistema falha}$$

O uso de conectivos (**E**, **OU**) vem de **cada situação** particular do **sistema físico**.

Sistema de chaves de passagem de corrente em **série**:

Basta uma aberta, para a corrente não passar. Ou seja falhar.

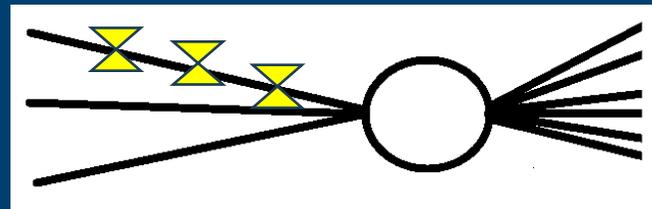
Conectivo **OU**: com uma **ou** outra chave aberta, o sistema **falha**.



Sistema BTA de ameaças ao evento crítico:

Para os controles de prevenção em **série** todos tem de falhar juntos.

Conectivo **E**: todos devem falhar ao mesmo tempo para atingirmos o evento crítico.



Não é série ou paralelo que define o conectivo. É o arranjo físico mais a ferramenta.

Exemplo 1

Seja o sistema judiciário brasileiro, com 4 níveis de julgamento:

1ª. Instância, 2ª. Instância, Tribunal superior de justiça e STF.

Para ser "preso" deve estar condenado em todas as instâncias (transitado em julgado). Ou seja conectivo **E**.

Exemplo 2

Seja uma doença grave e avançada. Pode-se adotar um tratamento ou de RI, ou de cirurgia ou ou quimioterapia.

Pode ser um só tratamento individual (conectivo **OU**) ou vários tratamentos simultâneos (conectivo **E**).

Exemplo 3

Após nascer seu conectivo é **E**.

Nasce **E** morre.

Não existe a opção **OU**: morrer **OU** viver eternamente.

Exemplo 4

Você pode escrever um livro de poesia **ou** um livro de prosa.

Mas pode escrever um livro de poesia **e** um livro de prosa.

PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

Norma de risco e o que é risco

Risco - visão e percepção

Como lidamos com números extremos

Circuito - FTA qualitativa

Melhoria do circuito - FTA quantitativa

Conectivos E e OU

Confiabilidade dos controles



O QUE AUMENTA A CONFIABILIDADE?



Fatores

FATORES ORGANIZACIONAIS

Condições

CONDIÇÕES DA TAREFA / AMBIENTE

Ações

AÇÕES INDIVIDUAIS / EM GRUPO

Defesas

DEFESAS INEXISTENTES OU INADEQUADAS



Mais controles.
Melhores controles.
Em série ou paralelo?
Depende do modelo físico e da ferramenta!

O que tem a ver
confiabilidade com
nível de **cultura de**
segurança ???



O QUE AUMENTA A CONFIABILIDADE?



Risco = Probabilidade * Consequência

Risco = Inefetividade dos controles

ex: consequências maiores



Controles de Gerenciamento de Risco

Em **segurança e gerenciamento de riscos**, qualquer norma ou procedimento deve seguir a regra:

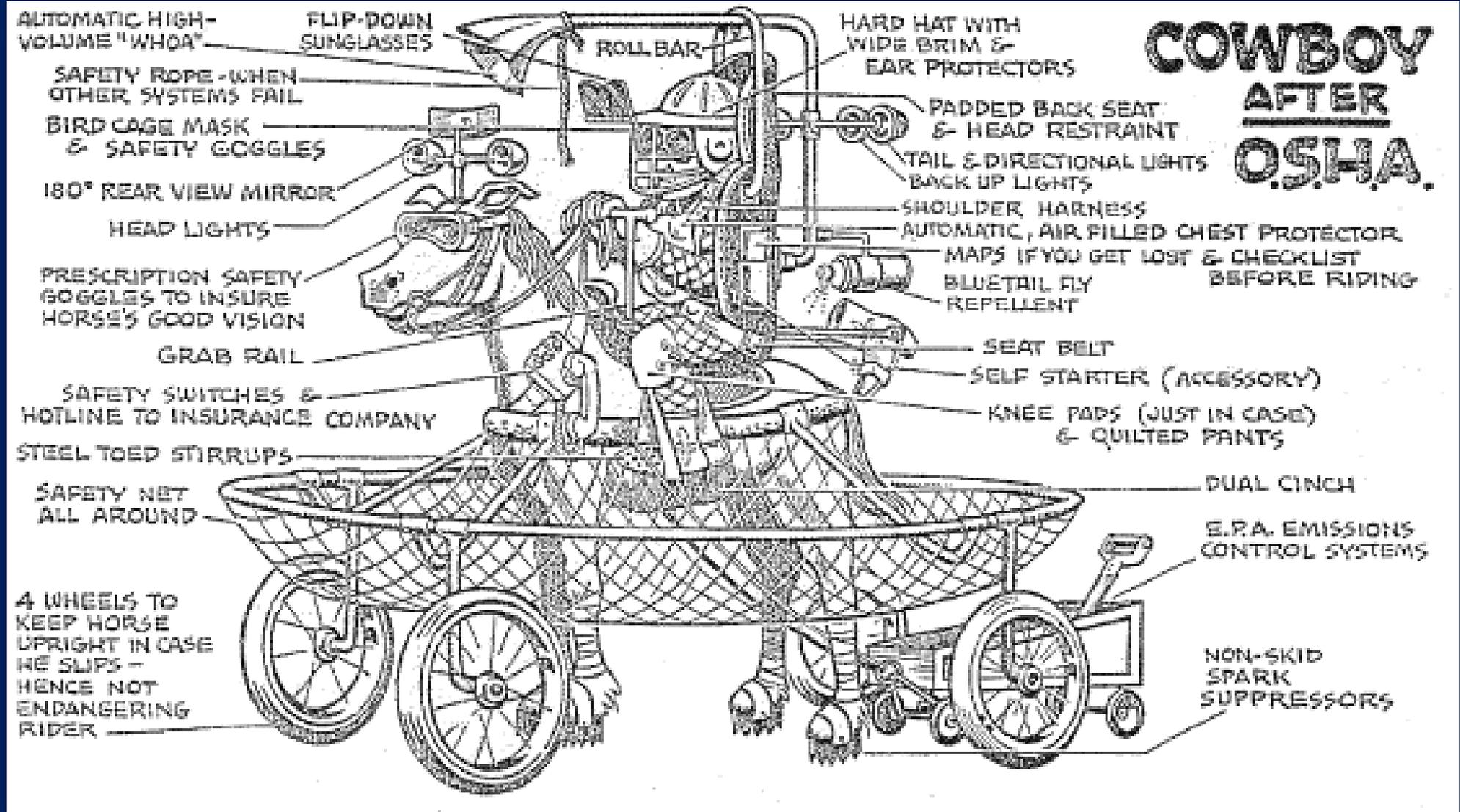
KISS

Keep it stupidly simple

Principalmente porque a percepção do outro é diferente da sua! Slide A011 PB



CUIDADO COM O EXCESSO DE CONTROLES



“Aprender é mudar posturas.”

(Platão)

PMI 3226 Introdução a análise quantitativa de riscos

- ✓ Norma de risco e o que é risco
- ✓ Risco - visão e percepção
- ✓ Como lidamos com números extremos
- ✓ Circuito - FTA qualitativa
- ✓ Melhoria do circuito - FTA quantitativa
- ✓ Conectivos E e OU
- ✓ Confiabilidade dos controles

