



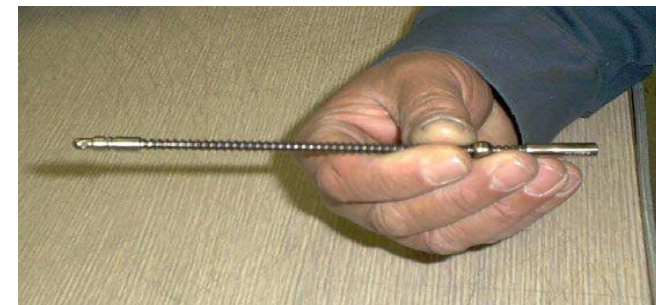
# Avaliação de Perigos, Zonas de Controlo e Intervenção

## 4.º Curso de Emergências Radiológicas

Luis Portugal  
Equipa Multidisciplinar de Planeamento e Resposta à Emergência, EPRE  
[luis.portugal@apambiente.pt](mailto:luis.portugal@apambiente.pt)

# Acidentes com Fontes Radioativas

- **Descoberta** de uma fonte ou contaminação radioativa
- **Desaparecimento** de fontes (perda ou roubo)
- Fonte **danificada** ou perda de blindagem
- **Fogo** envolvendo fontes radioativas
- **Dispersão** de material radioativo
- Acidentes durante o **transporte** de fontes
- Acidentes envolvendo instalações nucleares ou equipamentos radioativos



# A Experiencia Mostra Que...

- **Prevenção** é fundamental:
  - Controlo efectivo das fontes de radiação
  - **Formação e treino**
  - Consciência dos perigos
  - Cultura de segurança
- Factores fundamentais para uma rápida e adequada **mitigação**
  - Planos e procedimentos de emergência adequados
  - Alerta rápido
  - Sistemas de comunicação e alerta
  - Treino



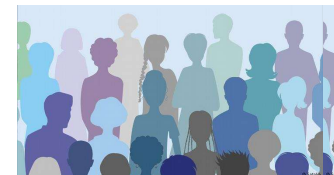
# Objectivos da Resposta à Emergência

- I. Mitigar o acidente na fonte
- II. Prevenir os efeitos determinísticos
- III. Providenciar o socorro e tratamento imediato das vítimas
- IV. Reduzir os efeitos estocásticos
- V. Reduzir os efeitos psicológicos
- VI. Proteção do ambiente e dos bens

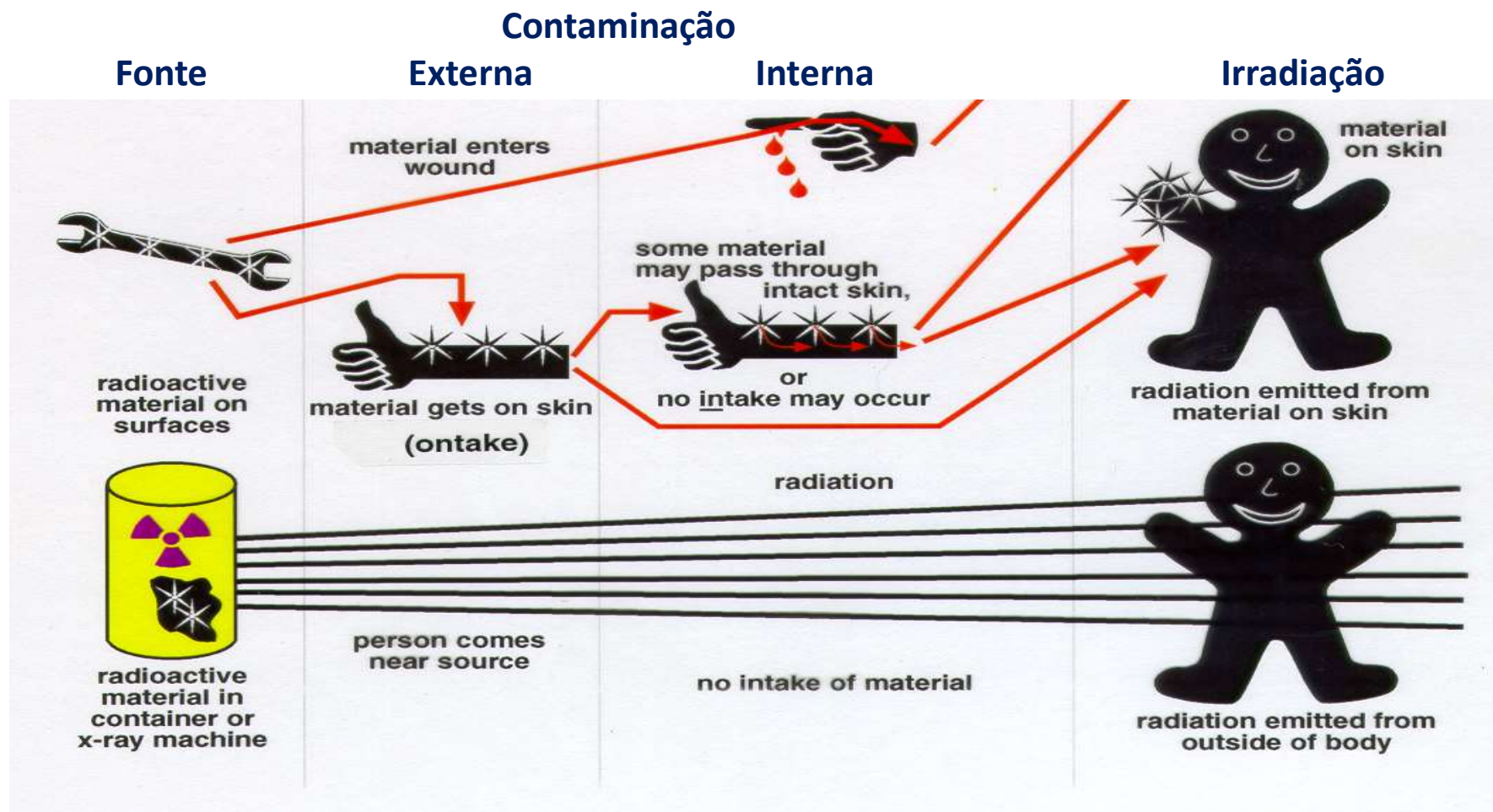
# Avaliação do perigo - Objectivo

## Proteger das radiações ionizantes:

- As Populações
- O Ambiente
- As Equipas de Intervenção

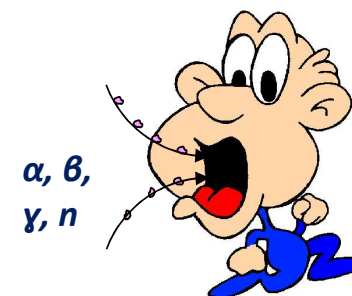


# Avaliação do risco individual

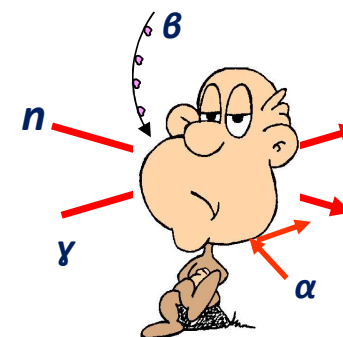


# Tipos de Radiação Ionizante

- **Radiação Alfa ( $\alpha$ )**
  - Externa: não penetra a pele, não tem risco para a saúde
  - **Interna**: Danifica os tecidos moles, risco para a saúde
  - Exemplos: Pu-238, Am-241
- **Radiação Beta ( $\beta$ )**
  - Externa: alguma penetração, queimaduras na pele
  - **Interna**: Danifica os tecidos moles, provoca risco para a saúde
  - Exemplos: Sr-90, C-14, H-3
- **Radiação Gama ( $\gamma$ )**
  - Muito penetrante
  - Risco para a saúde **interno e externo**
  - Exemplos: Cs-137, Co-60, Ir-192
- **Radiação de Neutrões ( $n$ )**
  - Muito penetrante
  - Risco para a saúde **interno e externo**
  - Exemplos: Cf-252, Am-241:Be



**Interna**



**Externa**

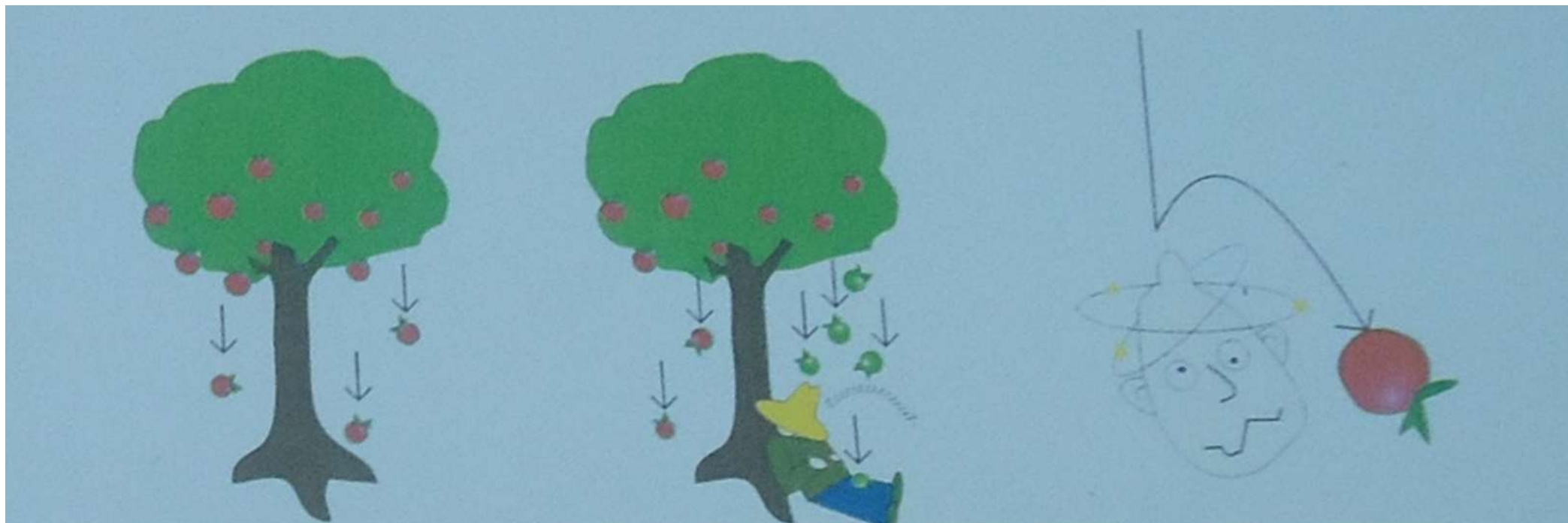


# Relação entre Grandezas

Atividade, Bq

Dose (Taxa de), Gy

Dose Equivalente e  
Dose Efetiva, Sv





# Categoria das Equipas de Emergência

**Categoria 1** — pessoal que realize **acções urgentes** no local do acidente ou no local onde ocorre a intervenção, com o objectivo de **salvar vidas, prevenir a ocorrência de lesões e ferimentos graves ou prevenir a ocorrência de situações com efeitos catastróficos** de que possam resultar doses significativas para os membros do público;

**Categoria 2** — pessoal envolvido em **acções de suporte ao pessoal da categoria 1** ou que **contribuam para minimizar ou evitar a exposição do público**. É o caso de agentes das forças de segurança, pessoal médico, condutores e tripulantes de máquinas e veículos;

**Categoria 3** — pessoal que execute **operações de recuperação após controlo das causas da situação de emergência**. Estas operações podem ter longa duração, incluir reparações de instalações, descontaminação das áreas afectadas e remoção de resíduos.

# Níveis de dose para equipas de intervenção

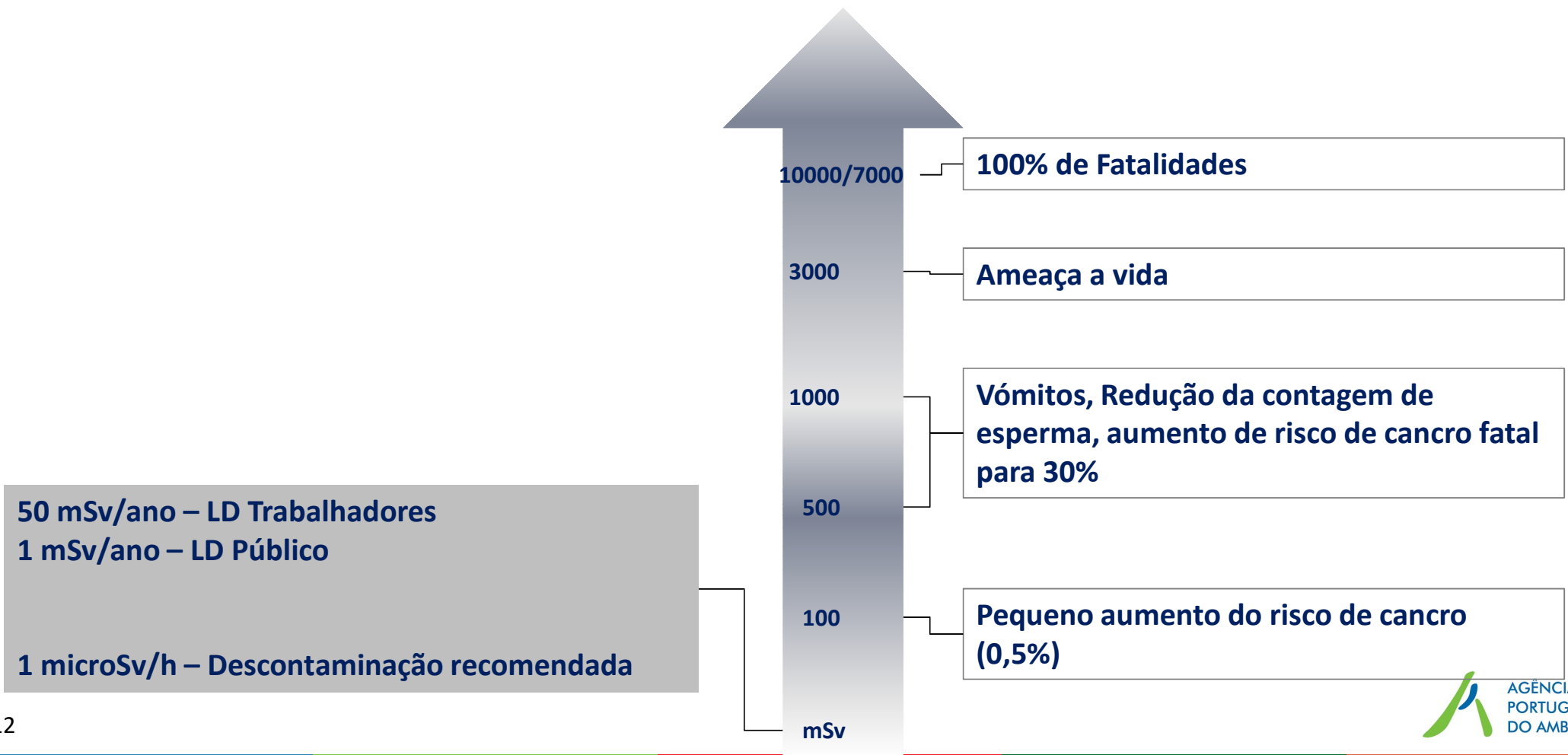
Categoria do pessoal	Requisitos de recrutamento do pessoal	Tipo de Intervenção	Níveis de dose recomendados
<b>1</b>	<b>Voluntários, treinados nas acções a executar e informados dos riscos das operações a executar e da exposição às radiações.</b>	<p><b>1) Intervenções de emergência com o objectivo de salvar vidas humanas ou evitar grandes exposições.</b></p> <p>Apesar de serem em geral amplamente justificadas, deve procurar-se que as doses do pessoal de intervenção não excedam os limiares de indução de efeitos determinísticos.</p> <p><b>2) Noutros casos, a justificação deve ser cuidadosamente ponderada.</b></p>	<p><b>0,3 Sv de dose efetiva ou 5 Sv de dose equivalente para a pele.</b></p> <p><b>0,1 Sv de dose efetiva ou 1 Sv de dose equivalente para a pele.</b></p>
<b>2</b>	<b>Treinados nas acções a executar e informados dos riscos das radiações.</b>	<p>Desde que as exposições possam ser controladas, as operações devem ser justificadas e sujeitas à optimização possível.</p> <p>Idealmente, as doses não devem exceder os limites estabelecidos.</p>	<b>0,05 Sv de dose efetiva ou 0,5 Sv de dose equivalente para a pele</b>
<b>3</b>	<b>Formação e treino básico em segurança no trabalho e protecção radiológica.</b>	<p>As acções a empreender devem ser planeadas e as exposições monitoradas.</p> <p>O pessoal deve ser sujeito ao sistema normal de protecção radiológica para exposição profissional.</p>	<b>0,02 Sv de dose efetiva ou 0,15 Sv de dose equivalente para o cristalino ou 0,5 Sv de dose equivalente para a pele.</b>

## Níveis de Dose para Trabalhadores de Emergência

Tarefa	Dose* (mSv)
<b>Medidas de salvamento de vidas</b>	<b>1000</b>
<b>Medidas para prevenir efeitos ou lesões graves para a saúde</b>  <b>Medidas para prevenir a evolução de condições catastróficas</b>	<b>500</b>
<b>Medidas para impedir uma dose coletiva elevada para o público</b>	<b>50</b>

\* Sujeito a aprovação do Comando

# Valores de Dose



# Avaliação do perigo - Conceito

**Minorar os efeitos** de contaminação e exposição às radiações ionizantes através:

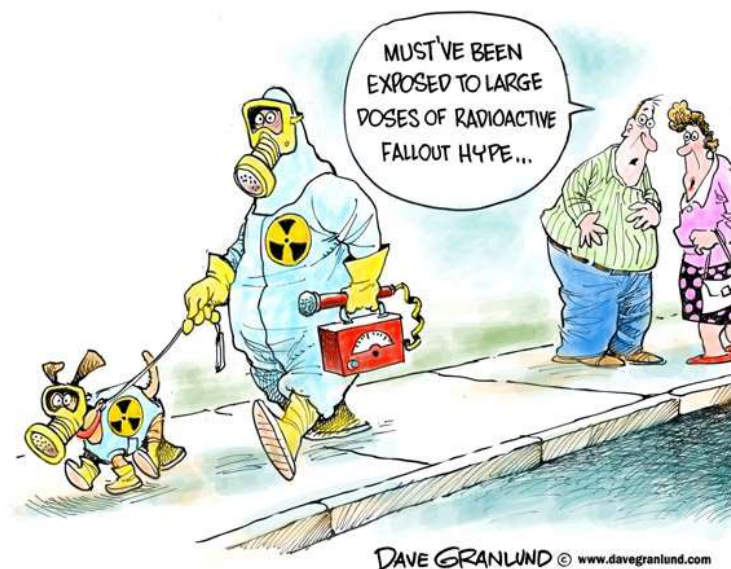
- do **reconhecimento** expedito das fontes
- da **monitorização** de possíveis fontes e da envolvente espacial
- utilização de **protocolos de ação** que incluam a componente radiológica



“What makes you think we have a radiation leak?”

## Avaliação do perigo – Ações prévias

- **Formação** de equipas para reconhecimento expedito das fontes
- **Formação** de equipas para recolha e acondicionamento das fontes
- **Providenciar equipamento** individual de monitorização e **formação** para o uso do mesmo
- **Elaboração de procedimentos de ação**



# Avaliação do perigo – Ações durante o evento

- **Identificação** de possíveis fontes radioativas
- **Colocar** as fontes radioativas **em segurança**
- **Limitação de acessos**
- Se a situação se configurar como uma **emergência radiológica**
  - Seguir procedimentos do **Manual Intervenção para Emergências Radiológicas**
  - Comunicar à **ANPC**
  - Ativar a **Autoridade Técnica de Intervenção (ATI)**





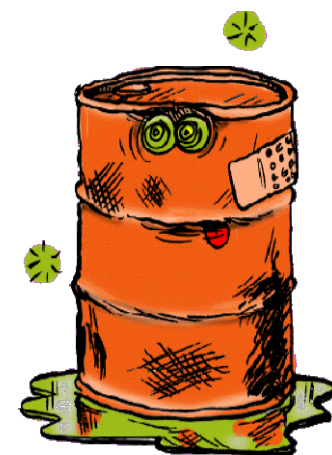
## Avaliação do perigo – Ações pós-evento

- Identificação da **localização** e da **integridade** de todas as fontes radioativas da zona afetada, por equipas especializadas
- **Recolha** das fontes
- **Isolamento de zonas**, se necessário
- **Recuperação do Ambiente**, se necessário



## Avaliação do perigo – Situações suspeitas

- Bomba, suspeita ou ameaça real
- Ameaças credíveis ou mensagens ameaçadoras
- Sinais de possível contaminação (p.ex. derrame)
- Débito de dose gama:  $> 100 \mu\text{Sv/h}$  a 1m do objeto ou a 1 m acima do solo
- Contentores de chumbo de alguma dimensão e sem utilização óbvia



## Avaliação do perigo – Situações suspeitas

- Sintomas médicos de lesões não explicáveis e profundas (como queimaduras sem uma causa evidente)
- Edifício/zona/equipamento/... marcados com o símbolo de radiação
- Resultados da avaliação de um perito radiológico
- Radiação de **neutrões**
- Fonte perigosa **perdida, roubada, danificada**, envolvida num **incêndio** ou potencialmente envolvida em **ato terrorista ou explosão**



# Incêndios, Explosões e Outras Emergências

- **Evacuar** a área
- **Chamar** os serviços de emergência
- **Alertar** as entidades competentes
- Prestar as **informações** necessárias às equipas de emergência, nomeadamente, a localização das matérias radioactivas



# Incêndios, Explosões e Outras Emergências

## Após a extinção do fogo

- Planear a **descontaminação das áreas e equipamentos** contaminados seguindo os protocolos previamente definidos
- **Descontaminação das equipas de emergência** e respectivo equipamento
- **Impedir o acesso** à área até liberação pelas entidades competentes



# Avaliação do perigo – Fontes perigosas

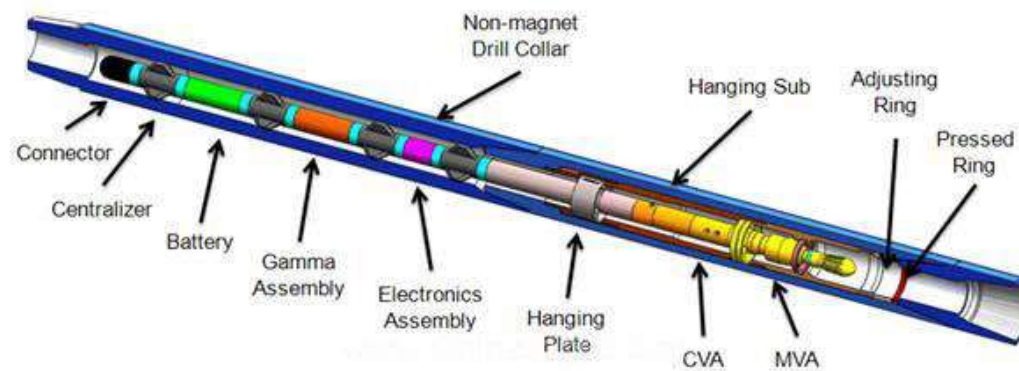
- **Contentor** pesado **com o símbolo de radiação**
- Objeto com rótulos indicativo de **transporte matérias** radioativas.
- Dispositivos utilizados para o **tratamento de cancro** (teleterapia ou braquiterapia)





# Avaliação do perigo – Fontes perigosas

- Câmaras ou fontes de radiografia
- Fontes de sondagem de poços utilizadas em operações de perfuração
- Quantidade perigosa de material ( $> \text{“valor D”}$ ), segundo a avaliação por um perito





# Transporte de Matérias Radioativas

Classe 1 - Matérias e objetos explosivos

Classe 2 - Gases

Classe 3 - Líquidos inflamáveis

Classe 4.1 - Matérias sólidas inflamáveis, matérias autorreativas e matérias explosivas dessensibilizadas sólidas

Classe 4.2 - Matérias sujeitas a inflamação espontânea

Classe 4.3 - Matérias que, em contacto com água, libertam gases inflamáveis

Classe 5.1 - Matérias comburentes

Classe 5.2 - Peróxidos orgânicos

Classe 6.1 - Matérias tóxicas

Classe 6.2 - Matérias infecciosas

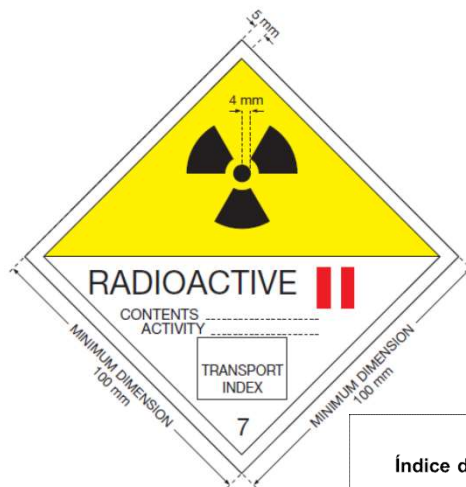
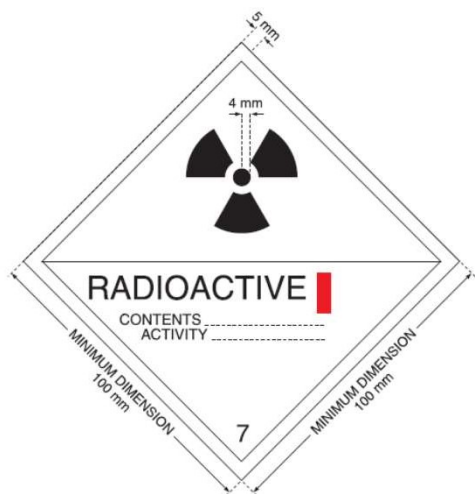
**Classe 7 - Matérias radioativas**

Classe 8 - Matérias corrosivas

Classe 9 - Matérias e objetos perigosos diversos



# ETIQUETAS



Índice de transporte	Taxa de Dose máxima ao contacto ( $mSv.h^{-1}$ )	Taxa de Dose máxima ao contacto ( $\mu Sv.h^{-1}$ )	Categoria
0 ( $\dot{D}(1m) < 0,5 \mu Sv.h^{-1}$ )	$\dot{D} < 0,005$	$\dot{D} < 5$	I - Branco
0 < IT < 1 ( $0,5 \mu Sv.h^{-1} < \dot{D}(1m) < 10 \mu Sv.h^{-1}$ )	$0,005 < \dot{D} < 0,5$	$5 < \dot{D} < 500$	II - Amarelo
1 < IT < 10 ( $10 \mu Sv.h^{-1} < \dot{D}(1m) < 100 \mu Sv.h^{-1}$ )	$0,5 < \dot{D} < 2$	$500 < \dot{D} < 2000$	III - Amarelo
IT > 10 ( $\dot{D}(1m) > 100 \mu Sv.h^{-1}$ )	$2 < \dot{D} < 10$	$2000 < \dot{D} < 10000$	III - Amarelo*

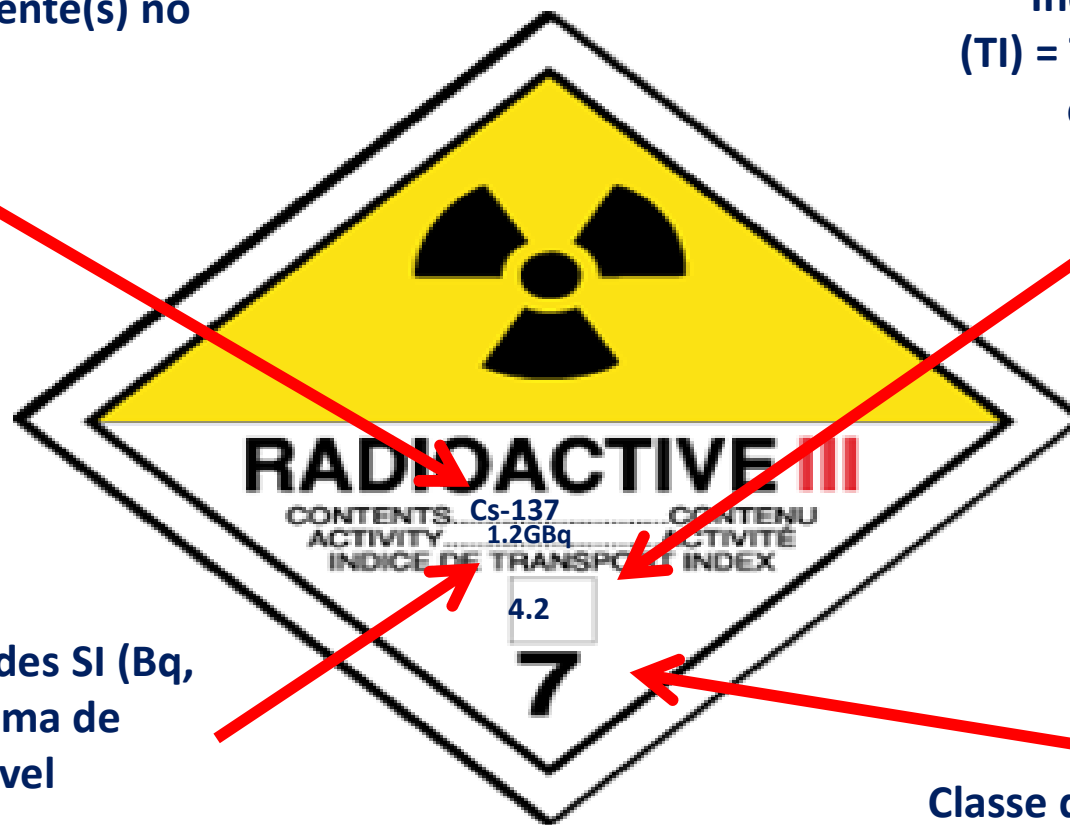
Risco do pacote

# Etiquetas de Transporte

Radionuclido(s) presente(s) no pacote

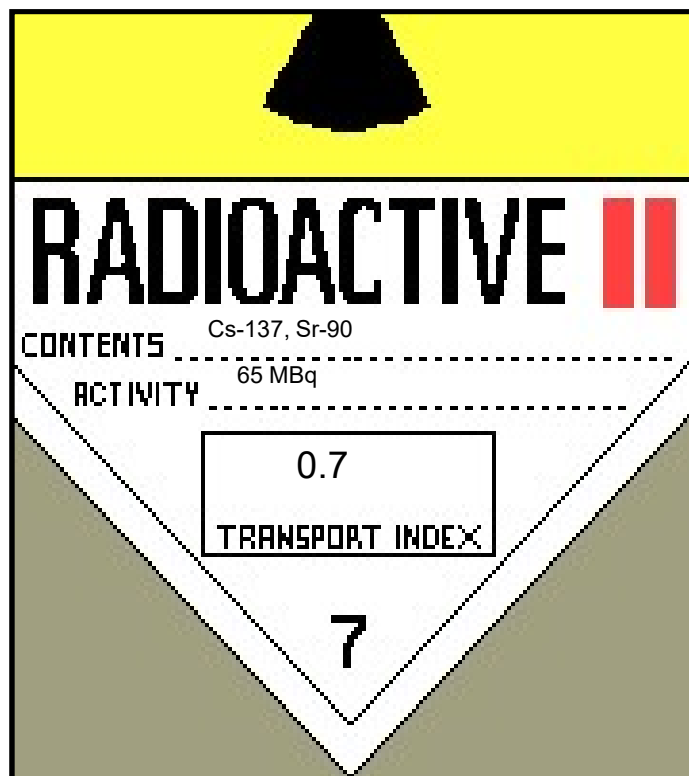
Índice de transporte  
(TI) = Taxa de dose a 1 metro  
em mSv/hr x 100

Actividade em unidades SI (Bq,  
MBq, etc.) ou grama de  
material cindível



Classe de matérias perigosas

# INDICE DE TRANSPORTE

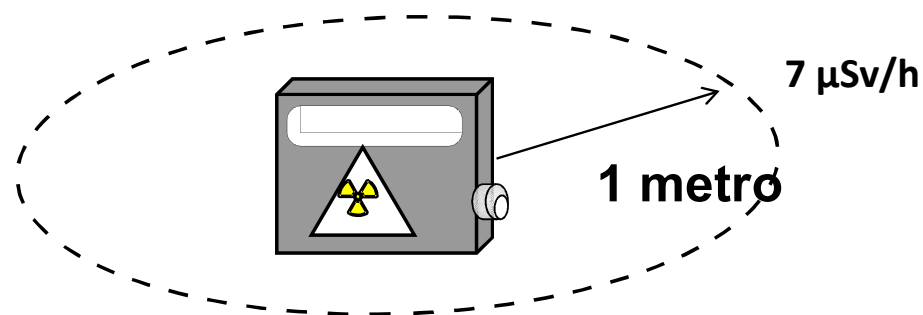


$$IT = 0.7$$

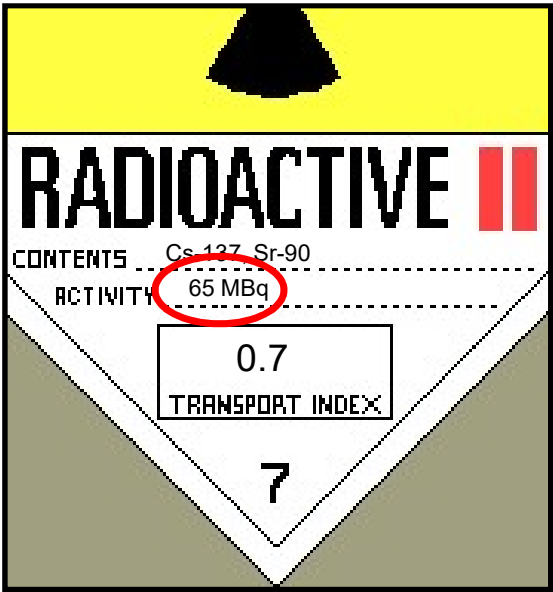
Multiplica-se por 10:

$$0.7 \times 10 = 7$$

Então, a taxa de dose máxima a 1 metro =  $7 \mu\text{Sv/h}$



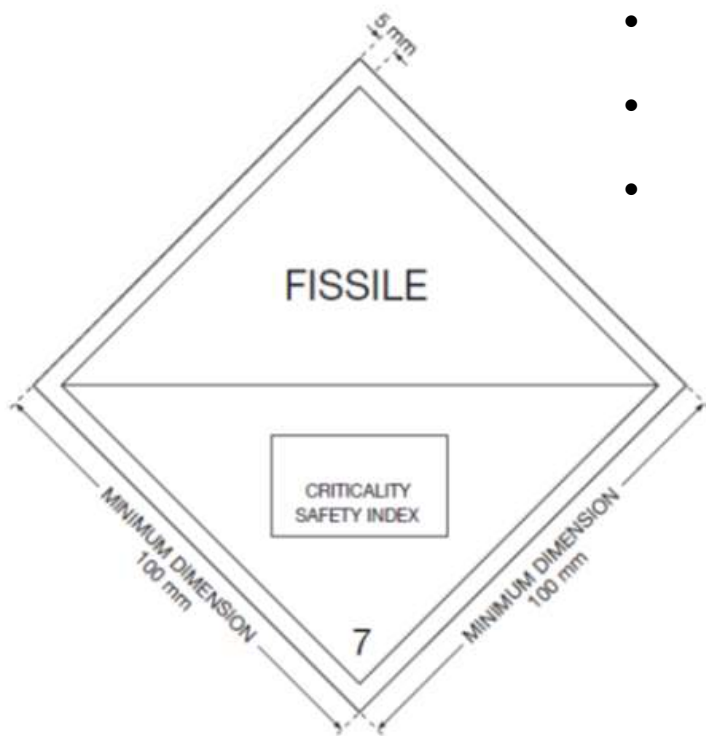
# Baixa ou elevada actividade?



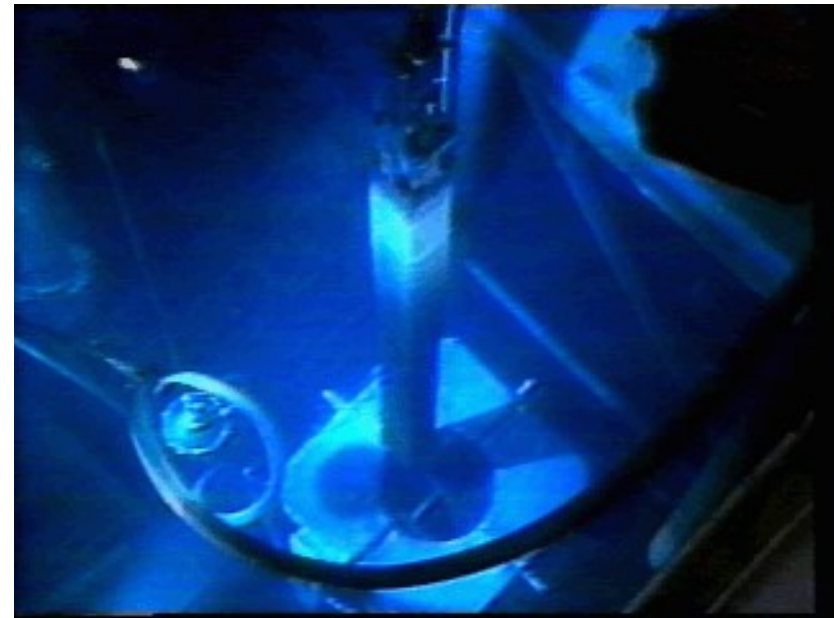
Radioisotopo	Nível de isenção	Actividade elevada (fontes seladas)
Co-60	100 kBq	30 GBq
Sr-90	10 kBq	1 TBq
I-131	1 MBq	200 GBq
Cs-137	10 kBq	100 GBq
Ir-192	10 kBq	80 GBq
Am-241	10 kBq	60 GBq

Directiva 2013/59/Euratom

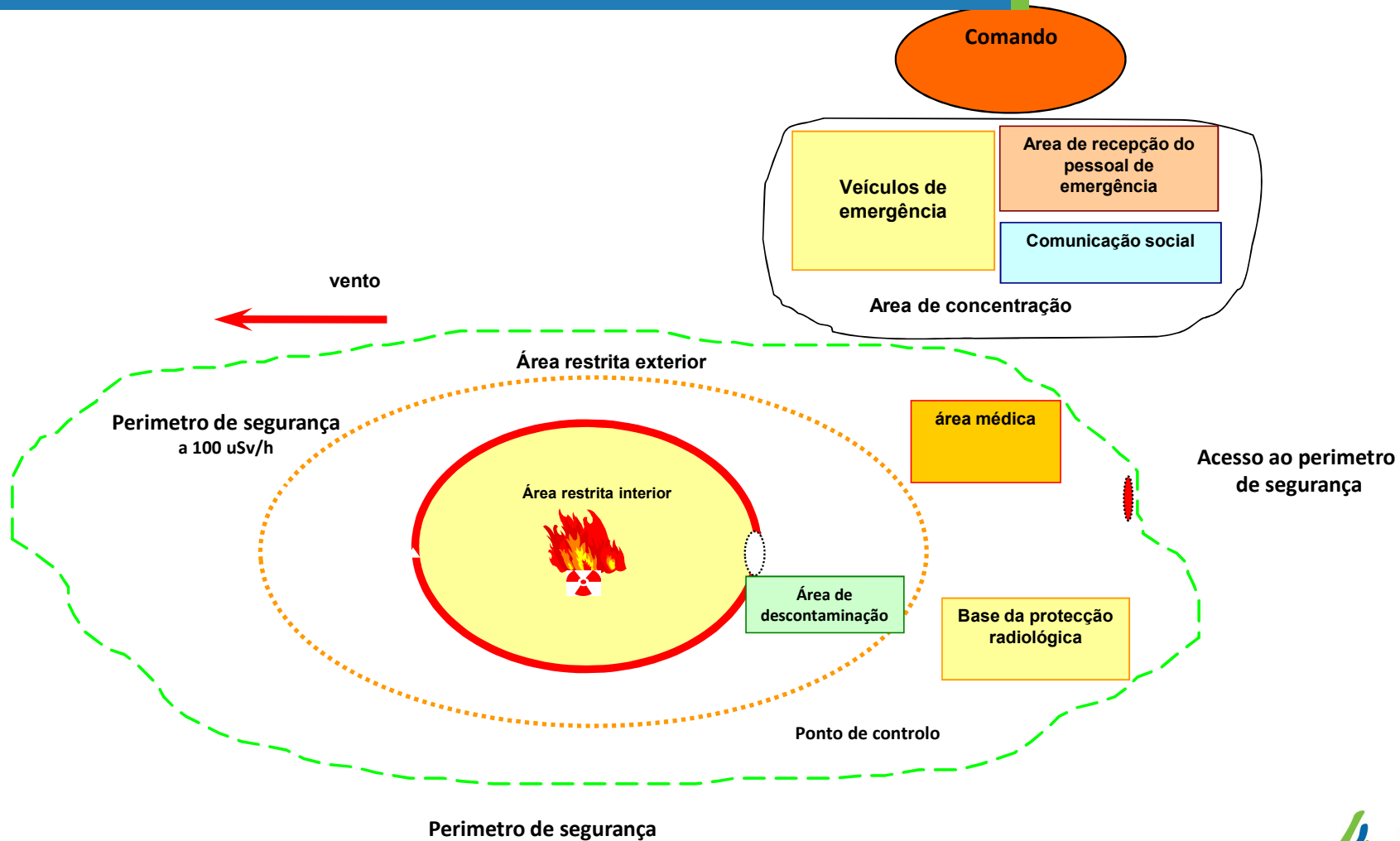
# MATÉRIAS CINDÍVEIS



- Combustível nuclear (fresco e irradiado)
- UF6 enriquecido
- Eventuais resíduos contendo material cindível



# Organização no Local





# Zonas de Controlo

“**Zona fria**” onde o campo de radiação é inferior a  $5 \mu\text{Sv.h}^{-1}$  ( $0,5 \text{ mrem.h}^{-1}$ ) e onde poderá permanecer o pessoal de apoio.

“**Zona intermédia**” onde a equipa de intervenção tem o seu material e onde se reagrupa após cada fase de intervenção.

“**Zona Quente**” onde a equipa de intervenção actuará se necessário e cujo limite se estenderá até onde se verifique que o campo de radiação é superior a  $25 \mu\text{Sv.h}^{-1}$  ( $2,5 \text{ mrem.h}^{-1}$ ).

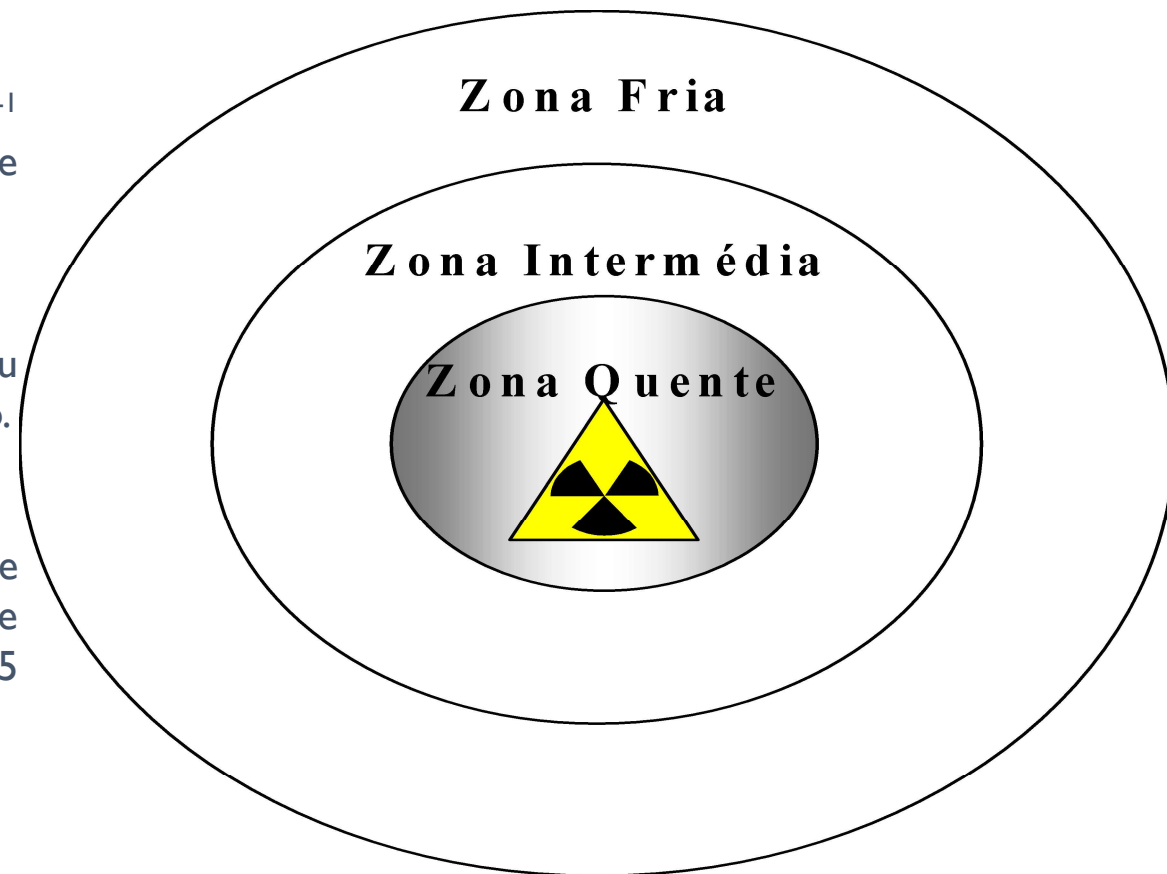


Figura. 1

## Zonas iniciais de controlo - Exterior

Situação	Zona interior vedada inicial (perímetro de segurança)
<b>NO EXTERIOR</b>	
Fonte não blindada ou potencialmente danificada	30 metros de raio
Derrame grave de uma fonte potencialmente perigosa	100 metros de raio
Incêndio, explosão ou fumos relacionados com uma fonte potencialmente perigosa	300 metros de raio
Bomba suspeita (possível RDD), deflagrada ou não	400 metros de raio ou mais

## Zonas iniciais de controlo - Interior

Situação	Zona interior vedada inicial (perímetro de segurança)
<b>NO INTERIOR DE UM EDIFICO</b>	
Danos, perda de blindagem ou derrame relacionado com uma fonte potencialmente perigosa	Zonas afetadas e adjacentes (incluindo os pisos superiores e inferiores)
Incêndio ou outro evento associado a uma fonte potencialmente perigosa que pode propagar materiais para todo o edifício (ex., através do sistema de ventilação)	Edifício completo e distância exterior como no quadro anterior

## Zonas iniciais de controlo – Após Monitorização

### Ampliação da Zona baseada na monitorização radiológica

Débito de dose ambiente de 100  $\mu\text{Sv/h}$

Locais onde se verifiquem estes níveis

# Perda/Descoberta de Fontes Radioactivas

- Definir a área previsível de localização da fonte
- Isolar a área e evacuar o perímetro de segurança
- Monitorizar e ajustar o perímetro de segurança
- Alertar as entidades competentes/serviços de emergência
- Monitorização de área e pessoas para garantir que não existem contaminações
- Identificar pessoas eventualmente expostas
- Recuperar a fonte



# Recuperação de Fontes na Geórgia

- Situação

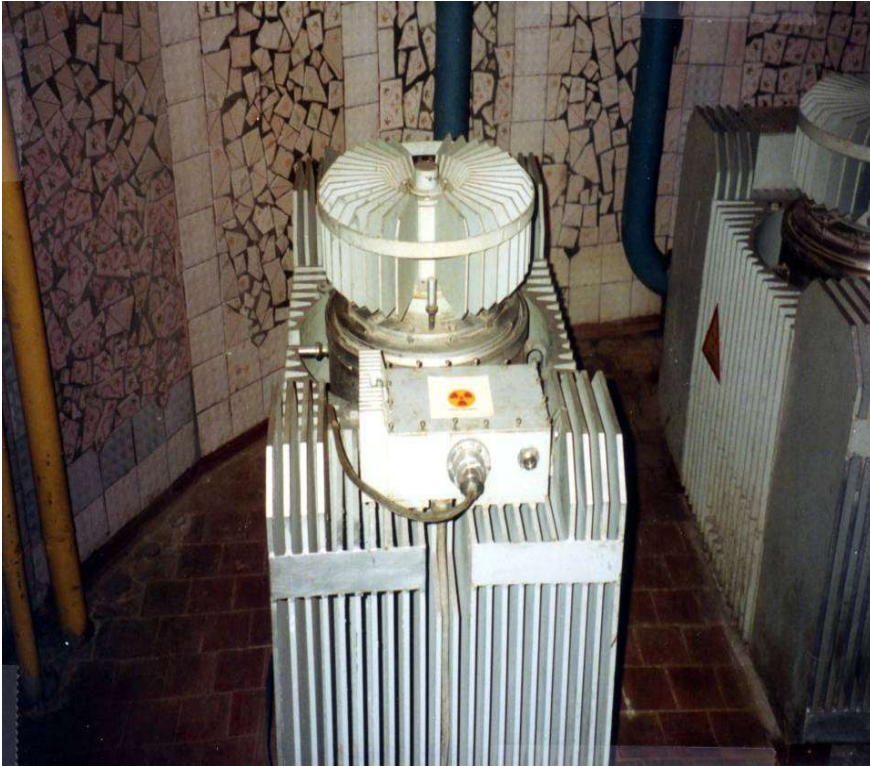
- Duas pessoas apareceram com queimaduras no hospital
- Suspeitavam de uns cilindros metálicos que emitiam calor que usaram para se aquecer
- Abandonaram-nos num local remoto
- Com base na descrição suspeitou-se de imediato que se tratavam de Radio-Thermoelectric Generator (RTG)



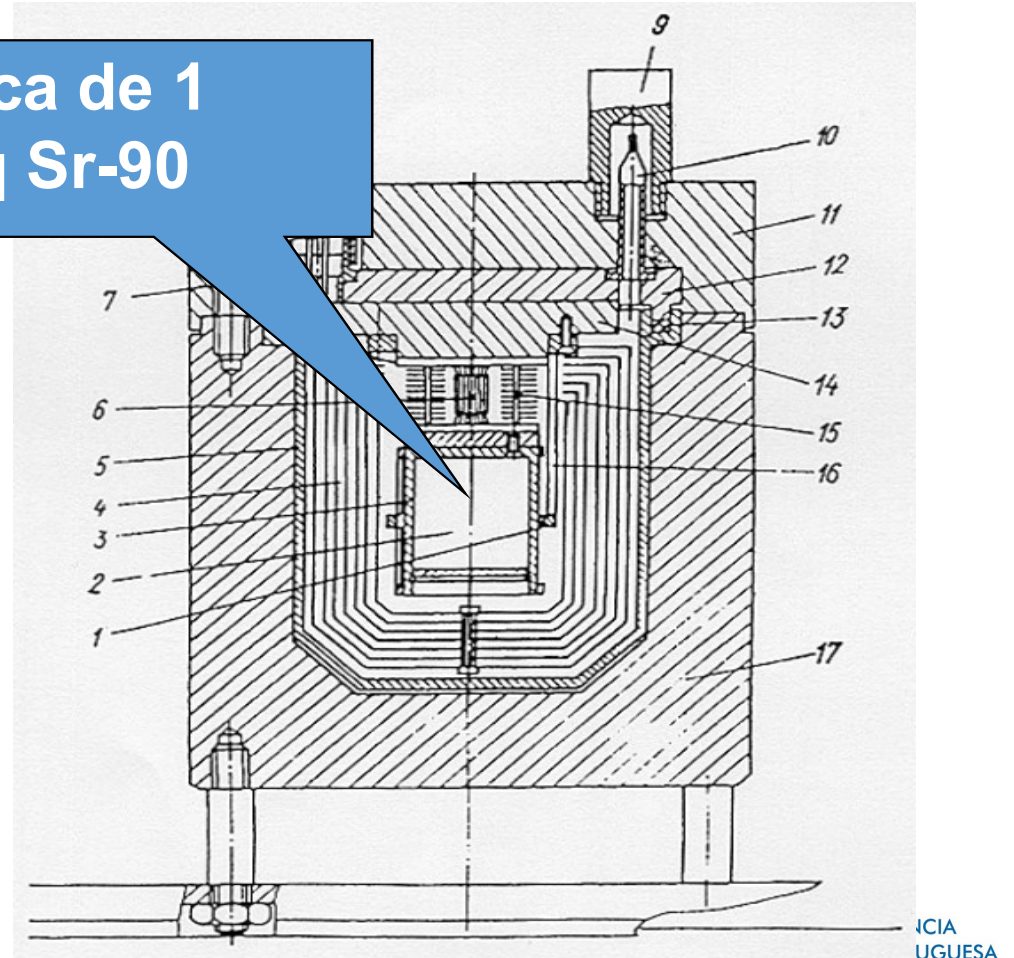


# Recuperação de Fontes na Geórgia

RTG



Cerca de 1  
PBq Sr-90



ICIA  
UGUESA  
DO AMBIENTE





# Recuperação de Fontes na Geórgia

- As fontes:
  - Cilindros cerâmicos
  - 1,000 TBq de Sr-90
  - Massa: cerca de 2 kg
  - Dimensões: Ø 10cm x h 15cm
- Localização
  - Abandonadas sem segurança atrás de uma rocha numa zona remota de acesso difícil
  - A mais de 300 km da capital e a 30 km de outras povoações



# Recuperação de Fontes na Geórgia

- Resultados
  - Ambas as fontes recuperadas e transportadas para local seguro
  - Ferramentas e procedimentos eficazes
  - As doses recebidas pelos recuperadores foram baixas

# Notas Importantes

## EQUIPAS DE SOCORRO

**Não protelar as medidas de salvamento de vidas** devido à presença de material radioativo. A presença deste tipo de material **não deve influenciar o processo da luta contra incêndios** e a seleção de técnicas.

## SERVIÇOS DE EMERGÊNCIA MÉDICA

**Não protelar as medidas de salvamento de vidas** devido à presença de material radioativo. **Não protelar o transporte de vítimas com lesões graves** devido aos procedimentos de descontaminação. Para impedir a propagação da contaminação levar a cabo as seguintes medidas: retirar a roupa exterior das vítimas, envolvê-las com uma manta e identifica-las como possivelmente contaminadas.

## TRABALHADORAS QUE SUSPEITEM ESTAR GRÁVIDAS

**Devem notificar as autoridades competentes e ser excluídas das tarefas de emergência.**

# Não Esquecer

- Proteja-se a si mesmo!
- Identificar as vítimas
- Identificar os riscos mortais e providenciar as acções de socorro
- Retirar as vítimas das áreas de risco
- Detectar eventuais contaminações
- Isolar as pessoas contaminadas

## Não Esquecer

- Remover e isolar roupa, sapatos e bens pessoais contaminados
- Identificar as partes do corpo contaminadas e isolar até à descontaminação
- Providenciar a assistência médica às vítimas
- **Verificar se está contaminado!**
- Verificar se o equipamento está contaminado

# Mais informação

- **Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency** - updating IAEA-TECDOC-953  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Method2003\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Method2003_web.pdf)
- **Manual for First Responders to a Radiological Emergency** – A ANPC fez a adaptação deste documento  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR\\_FirstResponder\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/EPR_FirstResponder_web.pdf)  
([http://www.segurancaonline.com/fotos/gca/ctp8\\_emergenciasradiologicas\\_1308303949.pdf](http://www.segurancaonline.com/fotos/gca/ctp8_emergenciasradiologicas_1308303949.pdf))
- **Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency**  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1162\\_prn.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1162_prn.pdf)
- **Generic procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency**  
[http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te\\_1092\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1092_web.pdf)

# Obrigado







AGÊNCIA  
PORTUGUESA  
DO AMBIENTE



REPÚBLICA  
PORTUGUESA

AMBIENTE