



IMPACTO DE UM ATAQUE TERRORISTA COM UMA ARMA NUCLEAR NA CIDADE DE LISBOA

José Pimentel Furtado

V Congresso
Internacional de
Riscos

Coimbra, 14 de Outubro de 2020

CENÁRIO DO ATAQUE

Bomba: 40 kt de potência

Combustível: ^{235}U

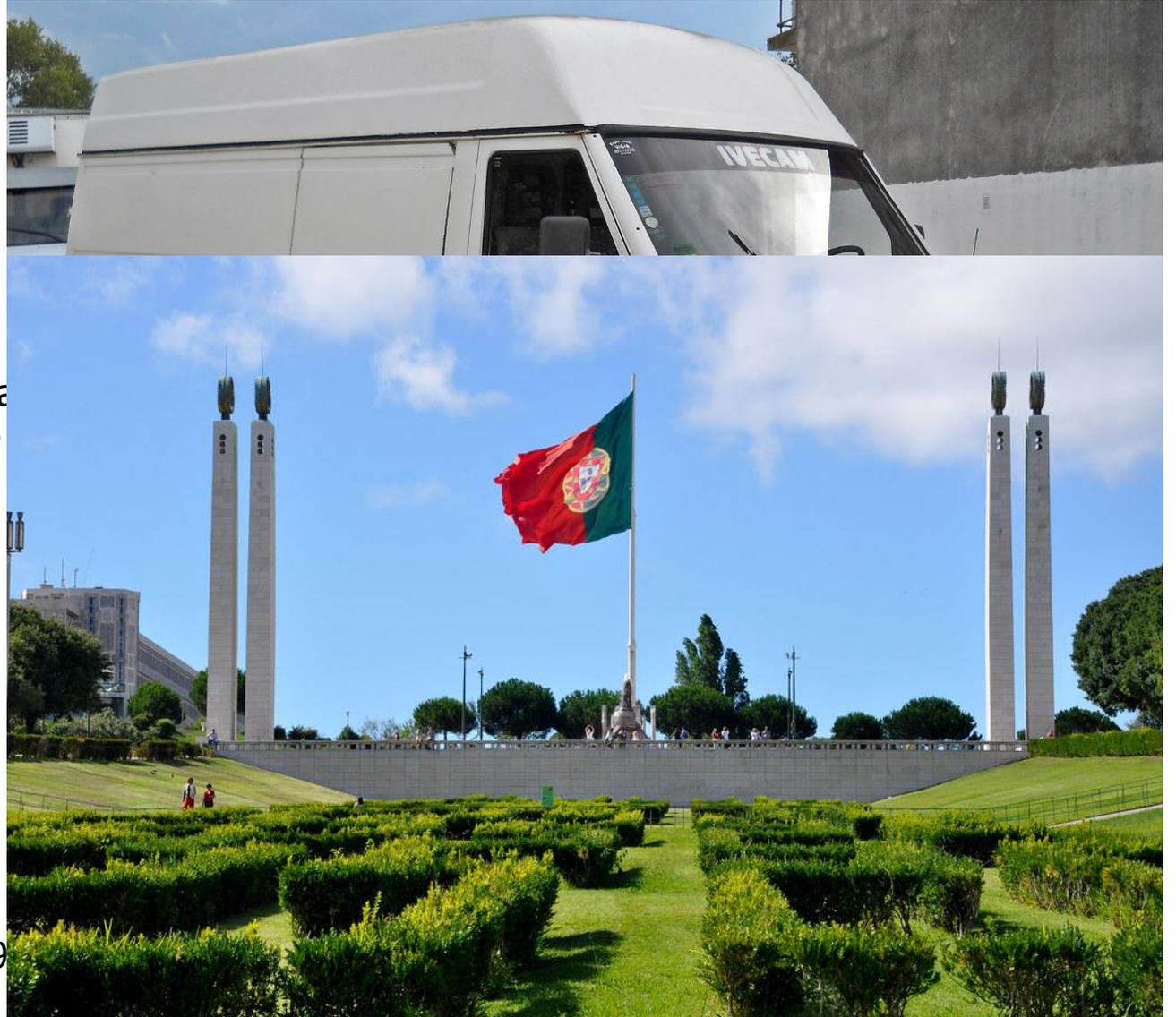
Transporte: carrinha com caixa fechada

Localização do *ground zero*:

- Lisboa
- Alameda Cardeal Cerejeira, frente ao ma
- Coordenadas: $38^{\circ} 43' 49,86'' \text{ N}$ 09°
- Altitude: 103 m

Dados meteorológicos:

- Hora: 13h30
- Temperatura do ar: $22,0^{\circ} \text{ C}$
- Nebulosidade: céu limpo
- Visibilidade: 20 km
- Velocidade do vento: 24 km/h
- Direcção do vento: NNO
- Nascer do sol: 7h44 Por do sol: 19



Resultados numéricos

Bola de fogo

- Raio: 0,35 km
- Área: 0,38 km²

Sobrepresão > 20 psi

- Raio: 0,74 km
- Área: 1,74 km²

Sobrepresão > 5 psi

- Raio: 1,57 km
- Área: 7,70 km²

Radiação > 500 rem

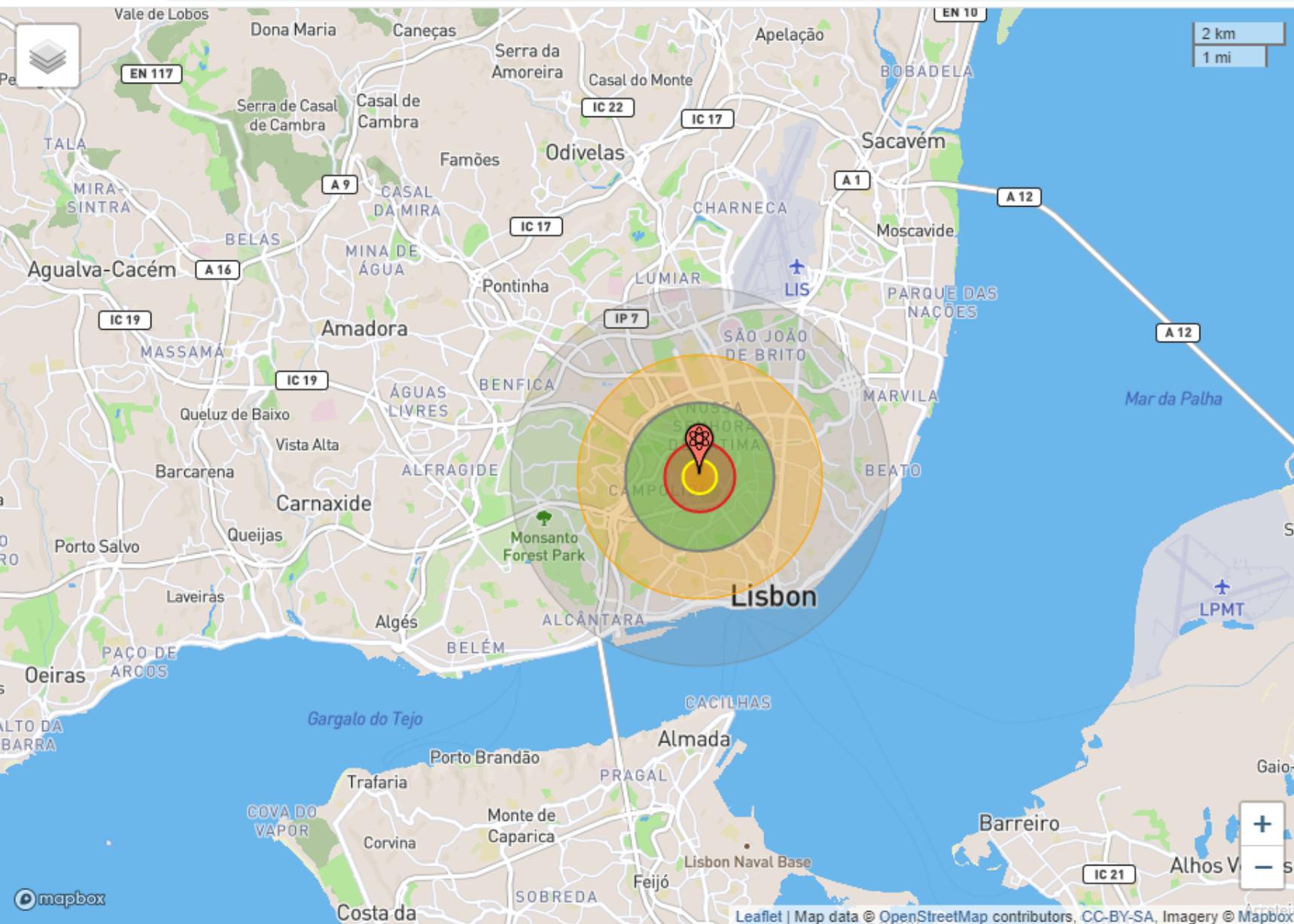
- Raio: 1,58 km
- Área: 7,82 km²

Radiação térmica > 9,3 cal/cm²

- Raio: 2,60 km
- Área: 21,30 km²

Sobrepresão > 1 psi

- Raio: 4,02 km
- Área: 50,90 km²



NUKEMAP 2.7

You might also try: [MISSILEMAP](#)

1. Drag the marker to wherever you'd like to target.
 Or you can select a preset...
 Or type in the name of a city:

2. Enter a yield (in kilotons):
 Or you can select a preset...

3. Basic options: Height of burst: [?] Airburst Surface
 Other effects: Casualties Radioactive fallout

Advanced options: ▶

4. Click the "Detonate" button below.

Note that you can drag the target marker after you have detonated the nuke.

Estimated fatalities:
64,920

Estimated injuries:
113,560

In any given 24-hour period, there are on average 350,590 people in the light (1 psi) blast range of the simulated detonation.

Modeling casualties from a nuclear attack is difficult. These numbers should be seen as evocative, not definitive. Fallout effects are deliberately ignored, because they can depend on what actions people take after the detonation. For more information about the model, [click here](#).

Effect distances for a 40 kiloton surface burst: ▼

- Fireball radius: 350 m (0.38 km²)

Resultados numéricos

Bola de fogo

- Raio: 0,35 km
- Área: 0,38 km²

Sobrepresão > 20 psi

- Raio: 0,74 km
- Área: 1,74 km²

Sobrepresão > 5 psi

- Raio: 1,57 km
- Área: 7,70 km²

Mortos: 64.920

Radiação > 500 rem

- Raio: 1,58 km
- Área: 7,82 km²

Radiação térmica > 9,3 cal/cm²

- Raio: 2,60 km
- Área: 21,30 km²

Sobrepresão > 1 psi

- Raio: 4,02 km
- Área: 50,90 km²

Feridos: 113.560

Para 350.590 pessoas estimadas dentro da área limitada pela sobrepresão de 1 psi.

NUKEMAP

by Alex Wellerstein (<https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>)

Geral:

- Base de dados em Javascript: calculo das distâncias dos diversos efeitos
- Distâncias traduzidas em coordenadas pelo Google Maps API (círculos e polígonos)
- Visualizados através do Mapbox

Baixas:

- Base de dados demográficos Land Scan Global Population 2011 (Oak Ridge National Laboratory)
- Cálculo em PHP e My SQL

Limitações:

- Baixas calculadas só pela sobrepressão
- Não tem em consideração o relevo
- Não tem em consideração os edifícios

BOLA DE FOGO

Efeito:

- Temperatura inicial de vários milhões de graus
- Tudo em que tocar vaporiza-se
- Cratera com aproximadamente 120 m de raio

Extensão:

- Raio: 0,35 km
- Área: 0,38 km²
- El Corte Ingles, EPL, Estufa Fria, Pavilhão Carlos Lopes e Igreja de S. Sebastião da Pedreira



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

maxide

CAMPUS

Monsanto
Forest Park

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS

RADIAÇÃO NUCLEAR INICIAL

Efeito:

- Raios gama e neutrões
- Destrói células hematopoiéticas
- Induz radioactividade noutros átomos

> 500 rem:

- Raio: 1,58 km
- Área: 7,82 km²
- Sete Rios, Bairro da Liberdade, Príncipe Real, Praça do Chile e IST
- $DL_{>50}$



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

maxide

CAMPUS

Monsanto
Forest Park

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS

IMPULSO ELECTROMAGNÉTICO

Efeito:

- Provoca descarga eléctrica intensa nos circuitos eléctricos e electrónicos
- Rede eléctrica destruída por incêndio e explosão de PTs e outros equipamentos
- Equipamentos eléctricos e electrónicos fundidos

> 1.000 V/m:

- Raio: 4,02 km
- Área: 50,90 km²
- Instituto Ricardo Jorge (estádio de Alvalade), Benfica, Parque de Campismo de Monsanto, Alcântara, Beato, Chelas e Aeroporto



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

Maxide

Monsanto
Forest Park

CAMPOLIDE

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS

RADIAÇÃO TÉRMICA

Efeito:

- Provoca queimaduras de gravidade variável consoante a intensidade da radiação e a exposição da pele
- Incendeia os materiais combustíveis
- Provoca milhares de focos de incêndio em simultâneo

> 9,3 cal/cm²:

- Queimaduras do 3º grau em 100% da pele exposta
- Raio: 2,60 km
- Área: 21,30 km²
- Reitoria da Universidade de Lisboa, Hospital dos Lusíadas, encosta nascente do Parque de Monsanto, Santos, Castelo de S. Jorge, Graça, Penha de França, Areeiro e Alvalade



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

maxide

CAMPUS

Monsanto
Forest Park

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS

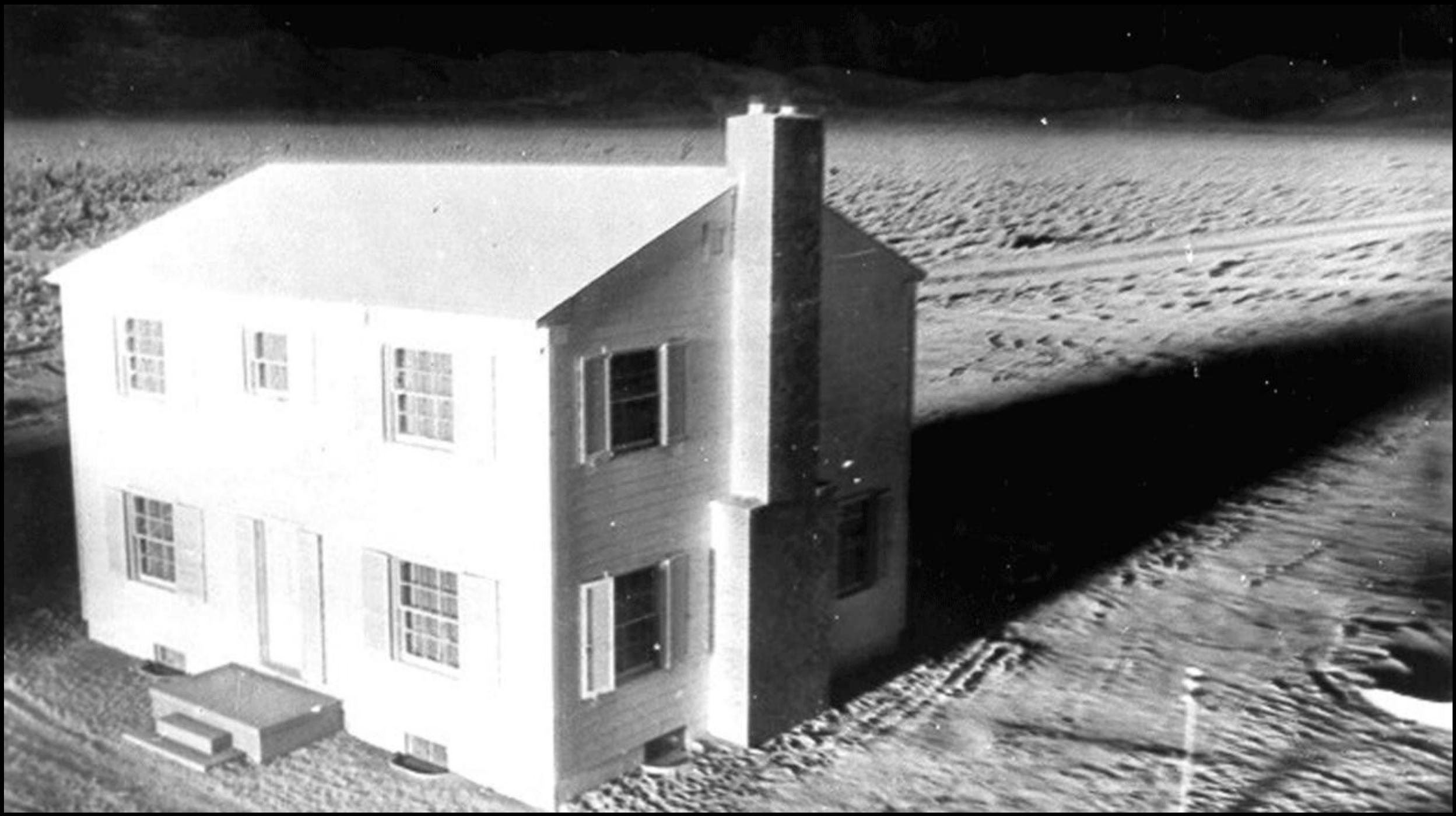
ONDA DE CHOQUE E EFEITO DE SOPRO

Onda de choque:

- Parede de ar maciça a velocidade supersónica
- Esmaga tudo à passagem, edifícios, veículos, pessoas
- Destrói as estruturas, quebra pilares, vigas, lajes, paredes mestras e telhados
- > 20 psi, >5 psi e >1 psi

Efeito de sopro:

- Ventos ciclónicos seguem a onda de choque
- Pressão atmosférica começa a descer
- Atinge-se um subpressão e acaba a expansão da onda de choque
- Ventos ciclónicos de 200 a 300 km/h no sentido oposto, até se restabelecer a pressão atmosférica
- Derrubam, projectam e rasgam os materiais, paredes, veículos, pessoas





ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

maxide

CAMPUS

Monsanto
Forest Park

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS

TEMPESTADE DE FOGO

- Colunas de convecção de vários incêndios vão-se consolidando numa só e incêndio arde de forma sustentada enquanto houver oxigénio.
- Dados experimentais dão como elevada probabilidade de desencadeamento de uma tempestade de fogo para radiações térmicas superiores a 10 cal/cm^2 .
- Dados experimentais revelam que à sobrepressão de 5 psi, 10% dos edifícios se incendiam.
- 5 psi: Raio: 1,57 km; Área: $7,74 \text{ km}^2$.
- Sete Rios, Bairro da Liberdade, Príncipe Real, Praça do Chile e IST.
- Ventos à superfície nos limites do incêndio, superiores a 160 km/h .
- Incêndio autocontido devido à força dos ventos.



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

maxide

CAMPUS

Monsanto
Forest Park

Lisbon

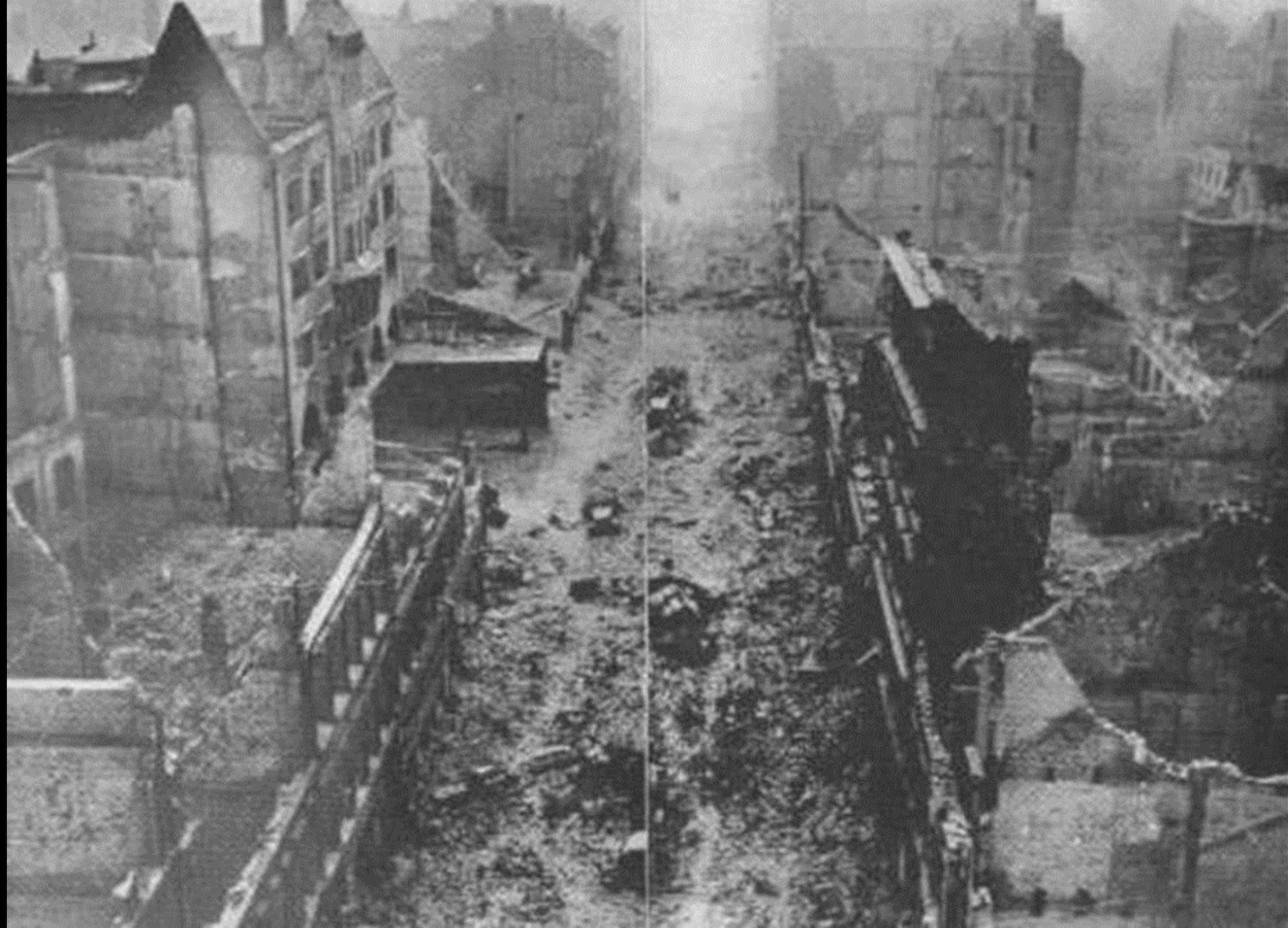
Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS











TEMPESTADE DE FOGO

- Colunas de convecção de vários incêndios vão-se consolidando numa só e incêndio arde de forma sustentada enquanto houver oxigénio.
- Dados experimentais dão como elevada probabilidade de desencadeamento de uma tempestade de fogo para radiações térmicas superiores a 10 cal/cm^2 .
- Dados experimentais revelam que à sobrepressão de 5 psi, 10% dos edifícios se incendiam.
- 5 psi: Raio: 1,57 km; Área: $7,74 \text{ km}^2$.
- Sete Rios, Bairro da Liberdade, Príncipe Real, Praça do Chile e IST.
- Ventos à superfície nos limites do incêndio, superiores a 160 km/h.
- Incêndio autocontido devido à força dos ventos.

- Temperaturas nas ruas superiores a 100° C .
- Desenvolvimento de elevada quantidade de fumo e de gases tóxicos.
- Morte devido à conjugação de elevadas temperaturas, intoxicação e asfixia.
- Pessoas abrigadas morrem asfixiadas ou assadas.

CONJUGAÇÃO DA SOBREPRESSÃO E DA TEMPESTADE DE FOGO

- Ruptura de depósitos e canalizações de combustíveis líquidos e gasosos.
 - Grande densidade de produção de ignições
 - Rede de água cai a zero.
 - Quebra dos elementos de compartimentação dos incêndios.
 - Fragmentação dos materiais.
 - Ventilação dos materiais a altas temperaturas.
-
- Pessoas presas nos escombros serão consumidas pelo incêndio
 - Conjugação de ferimentos com queimaduras de 2º e 3º grau em mais de 20% do corpo, reduz substancialmente a probabilidade de sobrevivência dos feridos.
 - Quantidade de entulho nas ruas não permitirá o acesso dos bombeiros aos focos de incêndio, durante muitos dias.
 - Quantidade de entulho nas ruas não permitirá o acesso dos socorristas aos feridos nem o resgate de pessoas dentro desta área, durante muitos dias.

Conclusão: a probabilidade de sobreviver dentro da área com sobrepressões superiores a 5 psi é muito reduzida.



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATÃO

Maxide

Monsanto
Forest Park

CAMPOLIDE

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS

MAS QUANTAS PESSOAS REALMENTE?

- A CML estima em cerca de 921.000 pessoas dentro da cidade, durante as horas de expediente de um dia útil da semana.
- Lisboa tem uma área de 100,5 km², dos quais 10 km² ocupados pela Mata de Monsanto.
- Supondo uma distribuição uniforme destas pessoas pela cidade, excluindo Monsanto, temos:

$$921.000 / (100,5 - 10) = 10.177 \text{ pessoas/km}^2.$$

- O NUKEMAP calculou 178.480 baixas (64.920 mortos + 113.560 feridos) em 350.590 pessoas estimadas dentro da área com sobrepressão superior a 1 psi, 50,9 km².
- Mas pelos números da CML, em 50,9 km² encontram-se:

$$10.177 \times 50,9 = 514.955$$



ÁGUA

Pontinha

LUMIAR

LIS

PARQUE DAS
NAÇÕES

Amadora

IP 7

SÃO JOÃO
DE BRITO

ÁGUAS
LIVRES

BENFICA

MARVILA

Alta

ALFRAGIDE

BEATO

axide

Monsanto
Forest Park

C. M. P. U. R.

Lisbon

Algés

ALCÂNTARA

BELÉM

CACILHAS



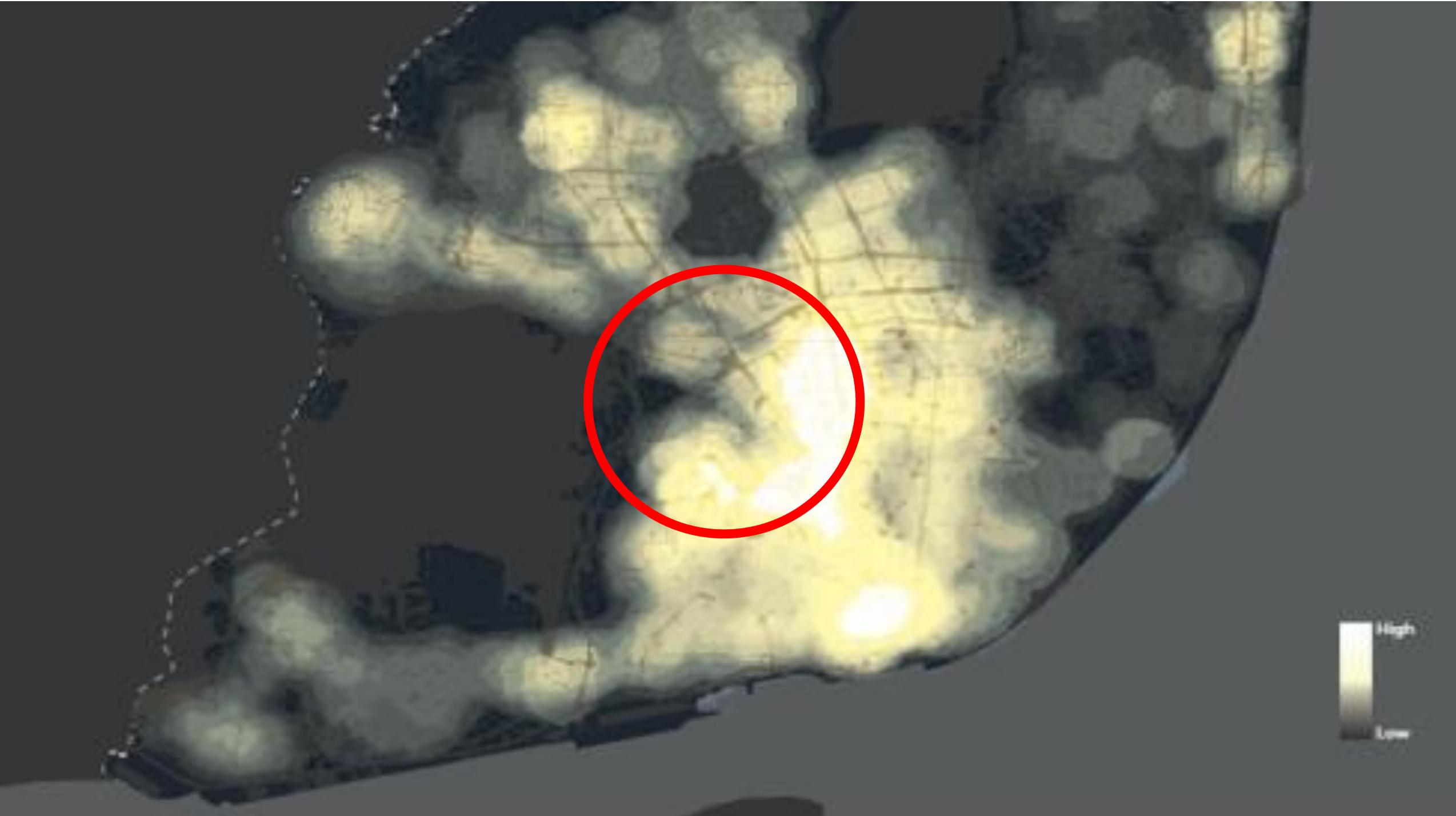
Parque das Nações

Parque Florestal de Monsanto

Saldanha

Praça do Comércio





MAS QUANTAS PESSOAS REALMENTE?

- A CML estima em cerca de 921.000 pessoas dentro da cidade, durante as horas de expediente de um dia útil da semana.
- Lisboa tem uma área de 100,5 km², dos quais 10 km² ocupados pela Mata de Monsanto.
- Supondo uma distribuição uniforme destas pessoas pela cidade, excluindo Monsanto, temos:

$$921.000/(100,5-10)= 10.177 \text{ pessoas/km}^2.$$

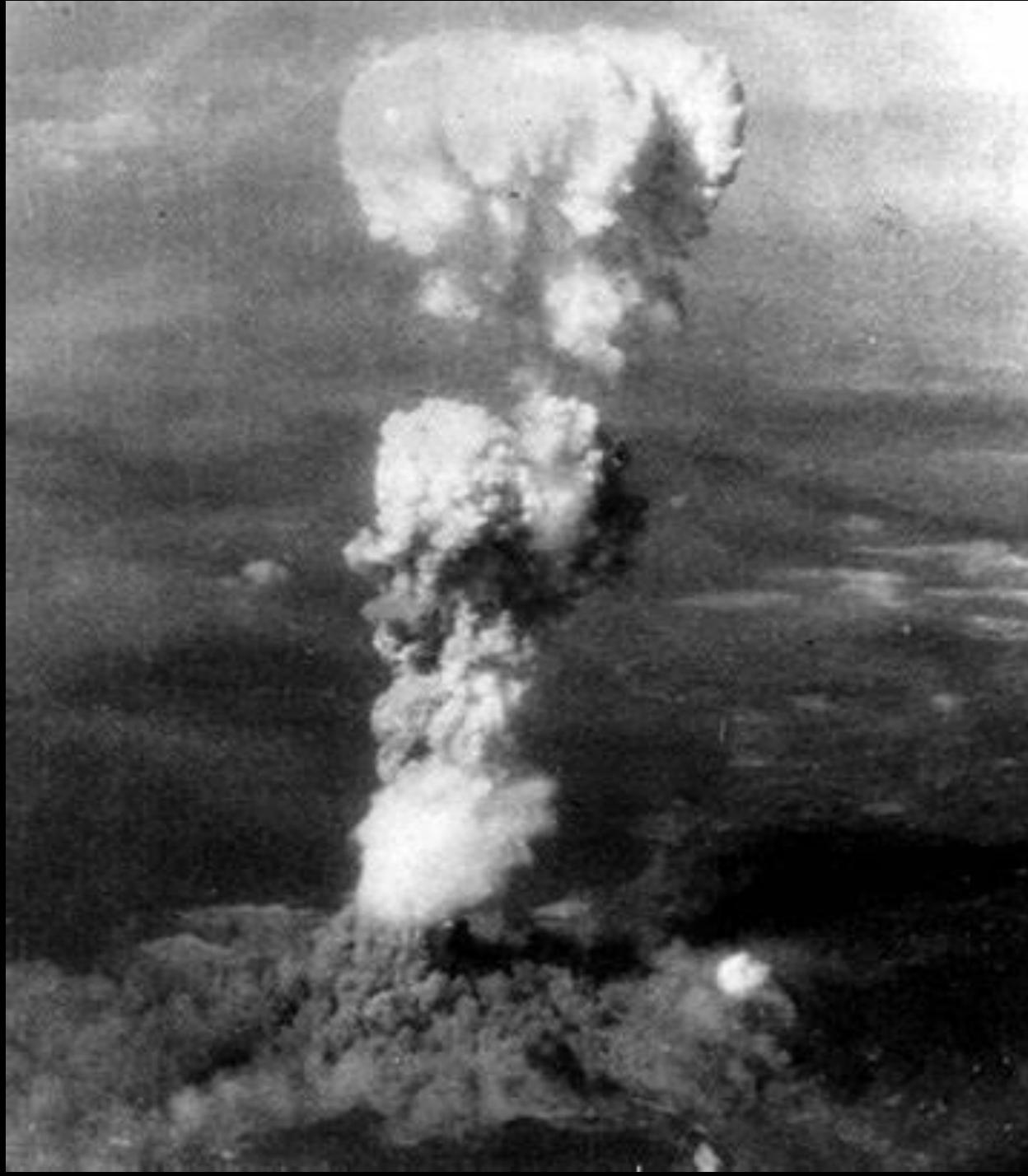
- O NUKEMAP calculou 178.480 baixas (64.920 mortos + 113.560 feridos) em 350.590 pessoas estimadas dentro da área com sobrepressão superior a 1 psi, 50,9 km².
- Mas pelos números da CML, em 50,9 km² encontram-se:

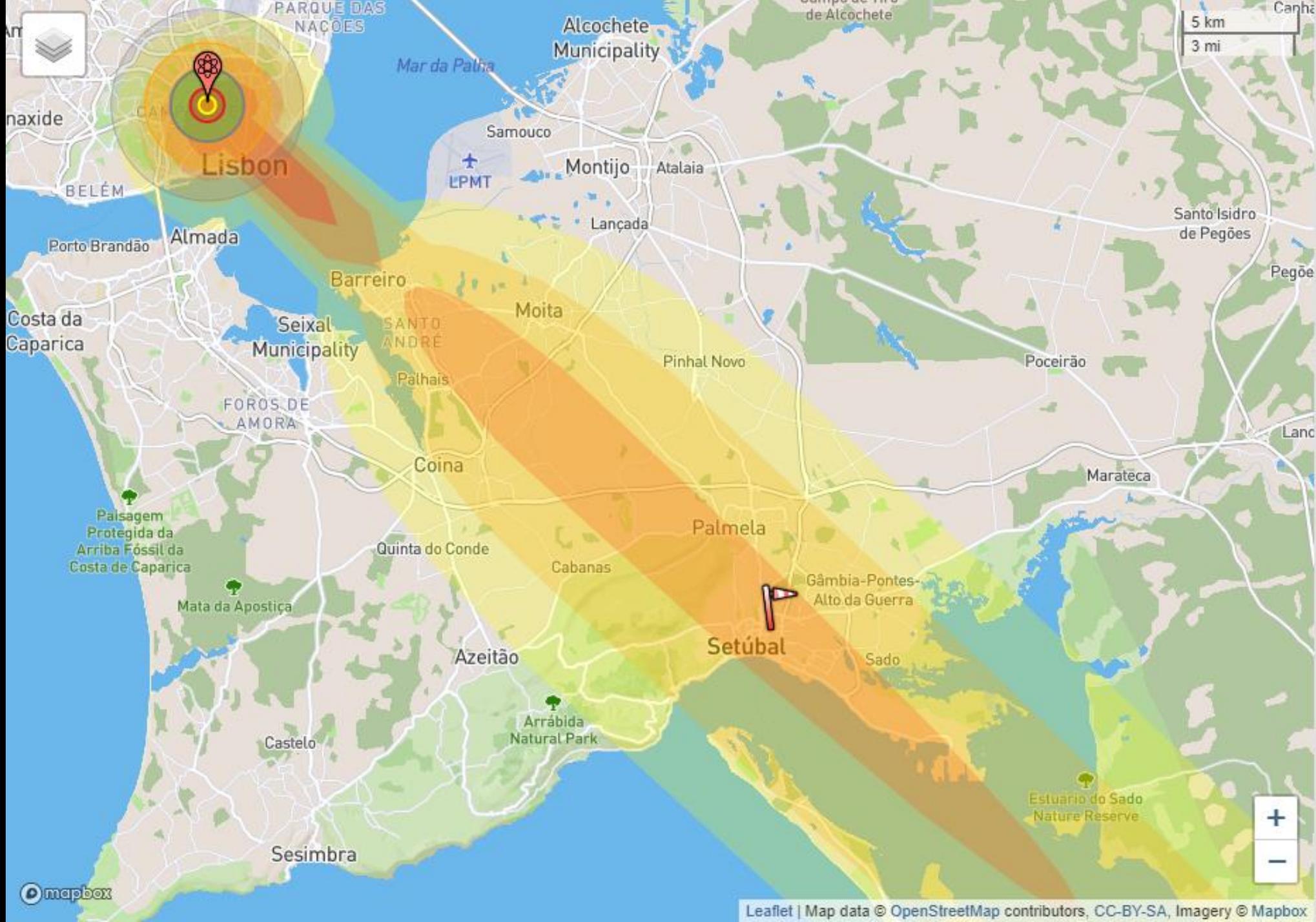
$$10.177 \times 50,9 = 514.955$$

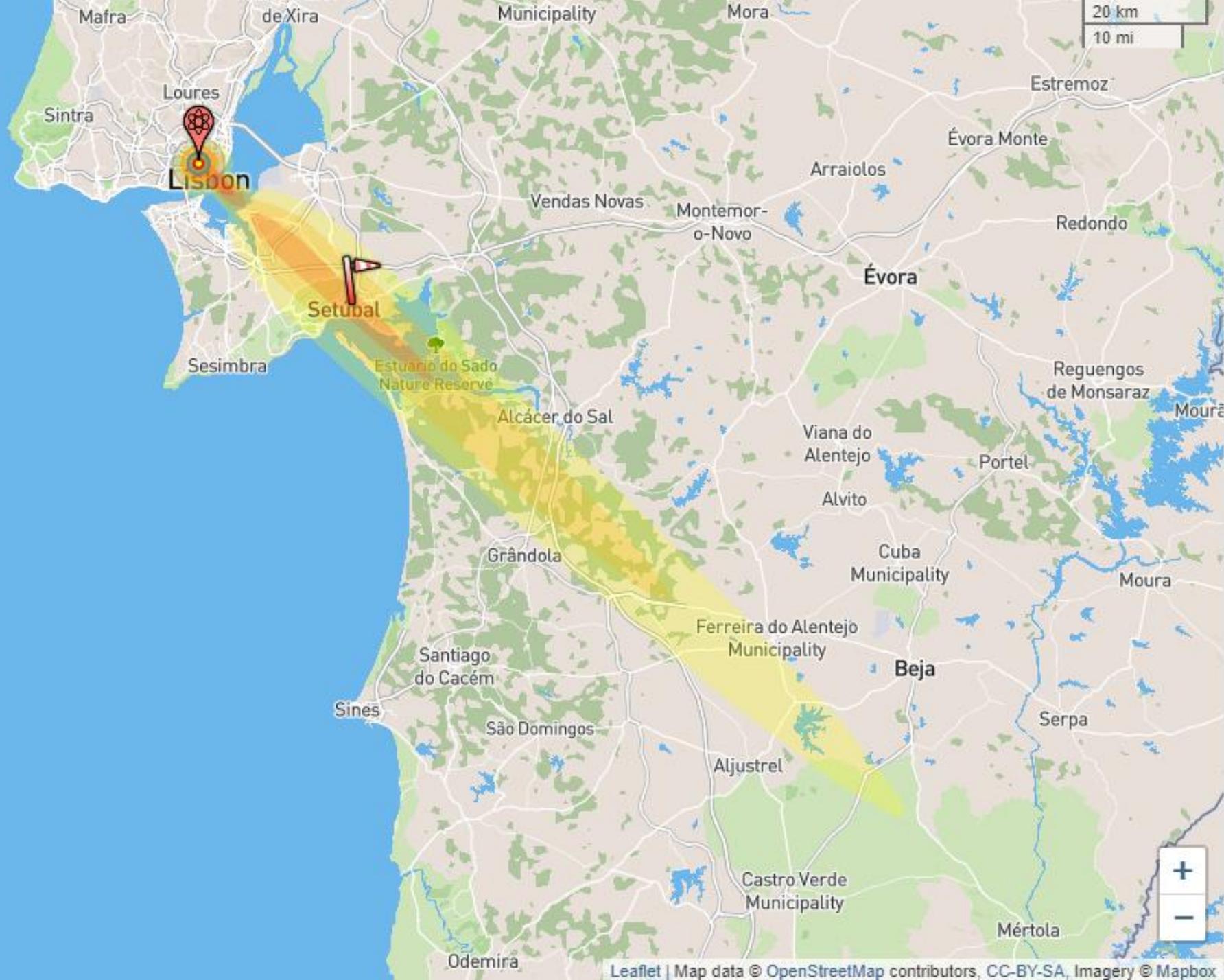
Conclusão: número mais correcto:

$$178.480 \times 514.955/350.590 = \mathbf{262.156} \text{ baixas } (\mathbf{95.356} \text{ mortos} + \mathbf{166.800} \text{ feridos})$$

FALLOUT







20 km
10 mi

CONJUGAÇÃO DA RADIAÇÃO COM OUTROS FERIMENTOS

- Para pacientes com acesso a todos os cuidados médicos, a DL_{50} corresponde a 450 rem.
- Em Hiroshima e Nagasaki, sem cuidados médicos adequados, a DL_{50} foi de 240 rem.
- Quando doentes com trauma e queimaduras são também afectados por radiação, a probabilidade de sobrevivência reduz-se substancialmente.

Conclusão: não existem meios para tratar adequadamente **166.800** feridos em simultâneo.

SINERGIA DE EFEITOS LETAIS

- Conjugação mortal entre trauma/queimaduras/radiação.
- Impossibilidade de socorrer os feridos nos primeiros dias.
- Uma vez resgatados os feridos, impossibilidade de lhes prestar os cuidados médicos adequados, devido ao grande número.
- O número de mortos nos quatro meses subsequentes aumentará substancialmente, à custa do número de feridos.

Conclusão: o número de baixas (262.156) manter-se-à aproximadamente o mesmo, mas a proporção entre mortos e feridos aumentará substancialmente a favor do número de mortos.

CONCLUSÕES

- O número estimado de baixas será mais de 262.156, com mais de 95.356 mortos e 166.800 feridos.
- Dadas as características arquitectónicas de Lisboa, tipo de construção e densidade de construção, é muito provável que os diversos focos de incêndio que deflagrem no interior da zona limitada pela sobrepressão de 5 psi, se consolidem numa única tempestade de fogo.
- A conjugação da onda de choque, do efeito de sopro, da radiação térmica, da tempestade de fogo e da radiação inicial, tornam muito reduzida a probabilidade de sobrevivência a quem se encontrar dentro da área definida pelo limite de sobrepressão de 5 psi.
- Um ataque com as características definidas, realizado no alto do parque Eduardo VII, destruirá completamente o núcleo económico e social da cidade.

THE END!...

