

IMPACTE DE UM ATAQUE TERRORISTA COM UMA ARMA NUCLEAR CONTRA LISBOA*

THE IMPACT OF A TERRORIST NUCLEAR ATTACK AGAINST LISBON

115

José Pimentel Furtado

Universidade de Lisboa

Instituto Superior de Ciencias Sociais e Políticas (Portugal)

ORCID 0000-0002-3670-2771 josepfurtado@sapo.pt

RESUMO

O impacto da detonação de uma arma nuclear numa cidade é catastrófico, causando dezenas ou centenas de milhar de mortos e feridos e a destruição das estruturas urbanas. Este artigo visa investigar com maior precisão qual o impacto, nas suas componentes física e humana, de um ataque terrorista com uma arma nuclear, contra a cidade de Lisboa. Através da análise dos resultados quantitativos obtidos com um *software* que simula a realidade física de uma detonação nuclear, aplicada à área geográfica de Lisboa, conjugada com a análise de informação relativa aos bombardeamentos estratégicos à Alemanha, aos ataques nucleares a Hiroshima e Nagasaki, aos testes nucleares efetuadas durante a Guerra Fria e a outras investigações complementares, foi possível concluir que esse impacto corresponderia à destruição total do núcleo populacional e económico de Lisboa, das suas infraestruturas e de milhares de edifícios, numa extensão com cerca de 50 km², provocando mais de 96.000 mortos e 168.000 feridos e contaminando uma vasta área abrangendo também a Península de Setúbal.

Palavras-chave: Terrorismo, nuclear, Lisboa.

ABSTRACT

The impact of the detonation of a nuclear weapon in a city is catastrophic, causing the death and injury of tens, or hundreds, of thousands of people and the destruction of the urban structures. This article aims to examine more closely what would be the physical and human impact of a nuclear terrorist attack against the city of Lisbon. The approach involved analysing the quantitative results obtained with a program that simulates the physical reality of a nuclear detonation, applied to the area of Lisbon. By coupling this with the analysis of other information concerning the strategic bombing of Germany, the nuclear attacks on Hiroshima and Nagasaki, the nuclear tests conducted during the Cold War and other related research, it was possible to conclude that this impact would entail the complete destruction of the human and economic core of the city. The infrastructure would be destroyed along with thousands of buildings within a 50 km² area, killing more than 96,000 people, wounding more than 168,000 and contaminating an extensive area including the Peninsula of Setúbal.

Keywords: Terrorism, nuclear, Lisbon.

* O texto deste artigo corresponde a uma comunicação apresentada no V Congresso Internacional de Riscos, tendo sido submetido em 04-11-2020, sujeito a revisão por pares a 10-03-2021 e aceite para publicação em 26-04-2021. Este artigo é parte integrante da Revista *Territorium*, n.º 28 (II), 2021, © Riscos, ISSN: 0872-8941.

Introdução

Este artigo visa responder a uma questão: qual o impacto, nas suas componentes física e humana, de um ataque terrorista com uma arma nuclear, contra a cidade de Lisboa.

116

O impacto da detonação de uma arma nuclear numa cidade é catastrófico, resultando em dezenas ou centenas de milhares de mortos e feridos, na destruição generalizada das estruturas urbanas, físicas e sociais, com consequências ambientais, económicas, políticas e geopolíticas que poderão ser existenciais para alguns países.

Existem atualmente duas organizações terroristas que já manifestaram a intenção, e têm capacidade, para mobilizar os recursos e os apoios adequados para tentar organizar um ataque deste tipo, a *al Qaeda* e o *Daesh*. Duas outras, não tendo manifestado essa intenção, possuem igualmente a capacidade para mobilizar os recursos e os apoios adequados, o *Hezbollah* e o *Hamas*. Para a *al Qaeda* e o *Daesh* existem justificações de carácter ideológico, político e histórico que podem fundamentar a escolha de Portugal como alvo. Acresce a estes fatores ideológicos e políticos o fator geográfico, uma vez que Portugal se encontra na primeira linha de exposição a ataques lançados a partir do Atlântico Sul e do Norte de África (Furtado, 2018). A concretizar-se um ataque contra Portugal, será quase certamente dirigido contra a cidade de Lisboa e executado com uma bomba de potência compreendida entre as 10 e as 45 kt, transportada de fora do território nacional, por via marítima ou aérea (Furtado, 2018)

É assim necessário averiguar qual o impacto e as consequências de um tal ataque. Mas sem conhecer as características e dimensões reais do impacto, não é possível determinar nem avaliar as consequências, nem é possível proceder a uma tomada de decisão adequada para prevenir, mitigar e responder a uma tal situação.

Pouca, ou nenhuma, atenção tem sido prestada a esta ameaça quer pela sociedade civil em geral, quer pelo mundo académico quer, ainda, pelas autoridades nacionais responsáveis pelos sectores da segurança, da defesa nacional, da proteção civil e da saúde. Com este artigo pretendemos iniciar o debate desta questão.

Começaremos pela descrição dos principais efeitos das armas nucleares, cuja compreensão dos mecanismos de atuação é fundamental para a identificação e análise dos impactos da utilização da arma. Seguidamente procederemos à breve caracterização dos potenciais grupos terroristas, uma vez que as suas características condicionam não só o tipo de arma a utilizar, como os meios de projeção da mesma sobre o alvo. Finalmente, procederemos a uma breve caracterização do alvo, a cidade de Lisboa. Seguir-se-á uma simulação

numérica dos efeitos e impactos de um ataque nuclear, recorrendo ao *software* NUKEMAP (Wellerstein, 2012), e sobre os resultados desta simulação procederemos a uma análise quantitativa e qualitativa do impacto do ataque, no sentido de clarificar e precisar os resultados obtidos, transformando os números, círculos e polígonos obtidos através do *software* numa imagem de fácil compreensão.

Na redação deste artigo não foram tidas em conta as alterações provocadas pela crise da COVID 19, uma vez que neste momento não é ainda possível prever quais as suas consequências económicas, sociais e políticas no futuro.

Metodologia

Esta investigação tem uma função preditiva, recorrendo ao método científico geral hipotético-dedutivo e ao método específico da experimentação. A experimentação é efetuada através de um modelo teórico numérico, que reproduz através de equações algébricas a realidade física de uma detonação nuclear, aplicada à realidade geográfica de Lisboa. Algumas das limitações deste modelo são ultrapassadas complementando os resultados da análise quantitativa com a análise qualitativa dos fatores não considerados por aquela.

Modelo de análise

O modelo numérico utilizado é o *software* NUKEMAP criado em 2012 pelo Professor de história das ciências Alex Wellerstein, do Stevens Institute of Technology, em New Jersey, nos EUA. Este Instituto é o financiador do projeto NUKEMAP.

O NUKEMAP utiliza programas escritos por diversas entidades e utiliza-o para fins ligeiramente diferentes dos iniciais, combinando três tipos principais de *softwares*. Sobre uma base de informação geográfica Mapbox+Leaflet foi adicionada uma camada de informação demográfica, a LandScan Global Population 2011, produzida pelo Oak Ridge National Laboratory, sobre as quais funciona um conjunto de programas em JavaScript escritos pelo Prof. Wellerstein, para os quais verteu as fórmulas contidas nos dois manuais de referência, um de Fletcher *et al.* (1963) e o outro de Glasstone e Dolan (1977).

O *software* NUKEMAP funciona com tecnologia de *web browser* de forma a permitir a qualquer pessoa ver o que acontece quando uma arma nuclear é detonada. Os parâmetros da arma e o local da detonação podem ser escolhidos à livre vontade do utilizador: potência, tipo de detonação e o local. O programa utiliza uma base de dados em JavaScript que calcula as distâncias para os vários efeitos, traduzidas em coordenadas que o Google Maps API transforma em círculos e polígonos, apresentados visualmente através da interface do Mapbox.

Os círculos simulam os limites de:

- Bola de fogo: tudo o que atingir, vaporiza-se instantaneamente;
- Sobrepressões acima dos 20 psi (137,940 kPa): destruição completa dos edifícios e perto de 100% de mortes;
- Sobrepressões acima dos 5 psi (34,485 kPa): danos severos e generalizados nos edifícios com o colapso da maioria dos de habitação, elevada probabilidade de ignição de focos de incêndios entre as ruínas, morte e ferimentos generalizados entre as pessoas;
- Sobrepressões acima de 1 psi (6,897 kPa): danos ligeiros nos edifícios, quebra generalizada dos vidros provocando grande número de feridos atingidos pelos estilhaços dos elementos construtivos arrancados aos edifícios (vidros, telhas, portas, etc.);
- Níveis de radiação inicial aos 500 rem (5 Sv): morte de mais de 50% das pessoas expostas no intervalo de dois meses e morte por cancro em cerca 15% dos sobreviventes; e
- Radiação térmica de 9,3 cal/cm² (3,89 x 10⁵ J/m²): queimaduras do 3º grau em 100% da pele exposta das pessoas expostas.

Se escolhida a opção “baixas”, os círculos são associados com a base de dados demográficos *LandScan Global Population 2011* que contém a população média em 24 horas de cada local (numa escala que o site do NUKEMAP diz ser muito fina, mas que não define), cujos efetivos são multiplicados por fatores de cálculo de baixas, dependentes da sobrepressão (psi/cm²) e das distâncias ao *ground zero*. Os resultados são apresentados no ecrã em dois números, um relativo ao número de mortos e o outro ao número de feridos. Estes cálculos são efetuados em PHP e MySQL.

Os polígonos simulam os limites das áreas contaminadas pelo *fallout* radioativo, para as intensidades de 1000 (10 Gy), 100 (1 Gy), 10 (0,1 Gy) e 1 (0,01 Gy) rad/hora. É importante notar que estas áreas são muito difíceis de prever pois dependem de muitos fatores, alguns não incluídos no NUKEMAP, como a relação entre as reações de fissão e de fusão ocorridas durante a detonação, outros, como as condições meteorológicas no momento da detonação, ou a natureza do solo no *ground zero*, exigem sistemas informáticos muito mais poderosos, trabalhando em tempo real com instrumentação instalada *in situ*. Os polígonos são calculados de forma simplificada, representando as distâncias aproximadas das várias intensidades da radiação do *fallout*, mas sem terem a preocupação de apresentar os seus contornos exatos.

Limitações do modelo de análise

O NUKEMAP foi concebido como uma ferramenta educativa e não como um simulador para planejar ataques

nucleares ou para planejar a resposta de emergência a tal tipo de acontecimentos. Para estes fins existem outros simuladores mais precisos e eficazes, embora não livremente disponíveis ao público. No entanto os resultados obtidos pelo NUKEMAP são suficientemente fiáveis para poderem ser utilizados numa avaliação geral dos impactes e consequências.

Uma das principais limitações do NUKEMAP é o facto de não considerar nem o terreno - relevo, arborização, lençóis de água, etc. - nem as condições meteorológicas, fatores que têm uma contribuição decisiva para o impacte direto das detonações. O *software* calcula a propagação dos efeitos das detonações como se estas se produzissem na superfície plana de um deserto em dia de sol, sem chuva, nevoeiro e independentemente da temperatura ambiente. A existência de edifícios, a sua altura e os diferentes tipos de construção não são tidos em conta, apesar dos edifícios contribuírem de forma significativa para distorcer os efeitos da detonação, deflectindo a onda de choque e o efeito de sopro, barrando o efeito térmico e atenuando o efeito da radiação nuclear inicial, contribuindo para o desenvolvimento de tempestades de fogo, especialmente nas zonas de grande densidade de construção.

As equações para cálculo das baixas só tomam em consideração o efeito da sobrepressão, utilizando como modelos de referência, os resultados obtidos das investigações realizadas em Hiroshima e Nagasaki. As baixas resultantes dos incêndios, da radiação inicial e do *fallout* não são consideradas.

A informação demográfica é baseada na média das 24 horas, não tendo em conta os ciclos de variação diária, semanal ou anual. Porém, ao mencionar nos resultados qual o efetivo da população considerado, permite efetuar algumas correções.

O NUKEMAP não simula os efeitos do Impulso Eletromagnético (EMP), devido às grandes variações deste efeito com a potência e a altura da explosão, com o tipo e características dos equipamentos elétricos e eletrónicos e com a falta de informação aberta sobre este tema.

Discussão dos resultados

Os resultados quantitativos obtidos através do NUKEMAP são agora analisados introduzindo correções relativas ao número de pessoas presentes no momento do ataque, ao tipo e densidade de construção prevalecente na cidade de Lisboa, fatores fundamentais no processo de desencadeamento e nas consequências de uma tempestade de fogo, às implicações na mortalidade da conjugação fatal dos três principais tipos de ferimentos provocados pelas detonações nucleares - traumatismo, queimadura e síndrome de exposição aguda à radiação - e à sinergia desta conjugação de ferimentos com a

ausência de cuidados médicos, impossíveis de prestar em consequência do nível de destruição física no local e ao elevado número de feridos a socorrer em simultâneo.

Vantagens e desvantagens da metodologia adotada

São três as vantagens da metodologia adotada:

- Facilidade na obtenção dos resultados quantitativos;
- Facilidade na identificação da extensão desses mesmos resultados, através da representação gráfica gerada pelo NUKEMAP; e
- A interpretação dos dados quantitativos à luz dos dados qualitativos, introduz um maior rigor e clareza na compreensão daquilo que será o impacte real.

Relativamente às desvantagens, identificaram-se as três seguintes:

- Utilização pelo NUKEMAP de dados demográficos médios;
- Incapacidade do NUKEMAP em configurar os resultados de acordo com a geografia física e humana da região alvo;
- A interpretação dos dados qualitativos não é fácil e exige conhecimentos diversos muito específicos (e.g.: engenharia civil, engenharia eletrotécnica, medicina, etc.).

Unidades do Sistema Internacional (SI)

O NUKEMAP está construído com as unidades tradicionais e do Sistema Inglês, como o rem, o rad, o psi e as cal/cm². Por esse motivo utilizaremos ao longo do artigo estas unidades, em vez das unidades do SI. Porém, a seguir à menção de uma unidade tradicional ou do Sistema Inglês, especificaremos o seu valor em unidades do SI, com os fatores de conversão entre os diferentes sistemas de unidades (TABELA I).

TABELA I - Conversão entre unidades convencionais e unidades do SI.

TABLE I - Conversion factors between traditional units and SI units

Unidades S.I.	Fatores de conversão	Unidades Sist. Inglês e tradicional
Sievert (Sv)	1 Sv = 100 rem 1 rem = 0,01 Sv	rem
Gray (Gy)	1 Gy = 100 rad 1 rad = 0,01 Gy	rad
Pascal (Pa)	1 Pa = 1,45x10 ⁻⁴ psi 1 psi = 6.897 Pa	psi
J/m ²	1 J/m ² = 2,390x10 ⁻⁵ cal/cm ² 1 cal/cm ² = 4,184x10 ⁴ J/m ²	cal/cm ²

Armas nucleares

Armas nucleares (ou bombas atômicas) são engenhos explosivos, cuja explosão resulta da libertação súbita e descontrolada da energia resultante do processo de

fissão nuclear ou de fusão nuclear. O processo de fissão nuclear consiste na divisão do núcleo de um átomo em dois núcleos mais leves. O processo de fusão nuclear consiste na colisão dos núcleos de dois átomos leves, que se fundem num átomo mais pesado.

Efeitos das explosões nucleares

A detonação de uma arma nuclear produz quatro efeitos: 1) radiação nuclear inicial; 2) radiação térmica; 3) onda de choque e efeito de sopro e 4) radiação nuclear residual.

A radiação nuclear inicial é constituída principalmente por neutrões e raios gama, radiação eletromagnética de alta energia e ionizante libertada dos núcleos. Esta radiação pode percorrer grandes distâncias no ar e pode penetrar materiais de espessura considerável. Apesar de não poderem ser vistos ou sentidos pelos seres humanos, os raios gama e os neutrões produzem efeitos biológicos graves mesmo a grandes distâncias (Glasstone e Dolan, 1977, p. 8).

Dependendo do modo como a arma se encontra construída, cerca de um terço da energia total resultante da explosão é libertada sob a forma de energia térmica. Esta radiação térmica é tão intensa que, se a bola de fogo tocar na superfície terrestre, vaporiza imediatamente os materiais em que toca. A intensidade da radiação vai-se atenuando com a distância ao local da explosão e com o tempo. A detonação da bomba liberta uma quantidade enorme de energia (da ordem das kt ou das Mt de TNT) num intervalo de tempo muito curto (da ordem dos nanossegundos a segundos). Os produtos de fissão, o invólucro e os restantes materiais da bomba são aquecidos a temperaturas semelhantes às do centro do Sol, na ordem das várias dezenas de milhões de graus kelvin (podendo exceder 100.000.000° K). A temperaturas tão elevadas toda a matéria se vaporiza. Como no momento da explosão o material em estado gasoso ocupa o mesmo espaço original da bomba em estado sólido, produzem-se pressões enormes, superiores a milhões de vezes a pressão atmosférica. Em menos de um milionésimo de segundo, os materiais da bomba no estado de vapor, irradiam grandes quantidades de energia, principalmente sob a forma de raios-X invisíveis, que são absorvidos pela atmosfera envolvente, levando à formação de uma massa esférica extremamente quente e luminosa, composta pelo ar atmosférico e pelos resíduos da bomba (Glasstone e Dolan, 1977, p. 27).

A quantidade de energia libertada numa fração de tempo tão reduzida, conduzindo a temperaturas superiores a 100.000.000° K e pressões de vários milhões de atmosferas, provoca uma expansão violentíssima do gás que se encontra no interior da bola de fogo, provocando a formação de uma espécie de redoma muito fina e muito densa de ar comprimido, que se move para o exterior a grande

velocidade (várias vezes a velocidade do som), a que se chama onda de choque. A chegada da onda de choque assemelha-se a uma parede de betão em andamento, esmagando e fragmentando tudo à sua passagem. Após a passagem da onda de choque, embora a pressão diminua, continua a ser elevadíssima, com ventos que atingem centenas de km/h e que empurram, atiram, enrolam e desfazem tudo o que encontram. A estes ventos dá-se o nome de efeito de sopro (Glasstone e Dolan, 1977).

Quando se dá a detonação da bomba os átomos do explosivo nuclear, urânio ou plutónio, cindem-se noutros átomos menores, muitos deles igualmente radioativos. Estes isótopos decaem para outros isótopos através da emissão de radiação beta e gama. Dadas as elevadas temperaturas produzidas, também os restantes materiais da bomba se volatilizam. Os átomos destes materiais são igualmente bombardeados pelos neutrões emitidos na explosão, que os cindem e os transformam noutros isótopos radioativos. Quando a bola de fogo arrefece, o gás começa a condensar, formando uma nuvem radioativa cujos elementos se vão precipitando na superfície terrestre. A radiação beta e gama emitida pelos restos da bomba, constitui a radiação nuclear residual (Glasstone e Dolan, 1977, p. 27).

Tipos de explosões nucleares

A localização da explosão relativamente à superfície terrestre influencia de forma considerável os seus efeitos, sendo por isso um dos critérios principais na classificação do tipo das explosões em: submarinas, subterrâneas, de superfície, a baixa altitude e a alta altitude. No presente caso, apenas nos interessam as explosões de superfície e a baixa altitude. As explosões de superfície são realizadas na superfície terrestre ou a uma altitude tal que a bola de fogo toca na superfície terrestre, provocando uma grande quantidade de contaminação local e de *fallout*. Nas explosões a baixa altitude a bola de fogo não toca na superfície terrestre, mas a detonação dá-se abaixo dos 30 km, o que provoca a maximização da radiação nuclear inicial, do efeito térmico, da onda de choque e do efeito de sopro, mas atenuando consideravelmente a radiação nuclear residual (Glasstone e Dolan, 1977, pp. 27-45).

Impacte direto das explosões nucleares

Para efeito deste artigo, consideramos “impacte direto” o resultado imediato dos efeitos das explosões nucleares, em termos físicos, químicos e biológicos, sobre os seres vivos, as estruturas, os equipamentos e o ambiente.

A radiação nuclear inicial é emitida logo nos primeiros nanossegundos após o início da detonação uma vez que a emissão de neutrões e de raios gama faz parte integrante do fenómeno. Esta radiação altamente ionizante viaja à velocidade da luz, irradiando o ambiente

antes que qualquer outro efeito se faça sentir. Dadas as características muito penetrantes dos neutrões e dos raios gama, a proteção contra este tipo de radiação exige paredes de betão com metros de espessura para atenuar a sua intensidade até níveis seguros para a saúde humana (Glasstone e Dolan, 1977), provocando efeitos diversos no corpo humano. A curto prazo a morte celular, alterações no metabolismo celular, destruição da medula óssea, destruição das células do intestino delgado e cegueira e a médio e longo prazo a esterilidade, o cancro, a cegueira e cataratas. Outro dos efeitos da radiação nuclear inicial é o de cindir os átomos, transformando assim matéria inócua em isótopos radioativos (NATO, 1996).

A grande quantidade de raios gama emitidos quando da detonação da bomba, ioniza os átomos e as moléculas da atmosfera envolvente, arrancando-lhes os eletrões, que se deslocam para o exterior muito mais rapidamente que os núcleos atômicos carregados positivamente que, por terem maior massa, se movem mais lentamente. Como resultado, a região mais próxima da explosão fica momentaneamente com uma carga elétrica positiva, enquanto a zona mais afastada do local da explosão fica com uma carga elétrica negativa. Estas duas cargas separadas criam um campo elétrico que induz correntes fortíssimas nos circuitos elétricos e eletrónicos danificando-os (Rambousky e Sabath, 2013). No caso de explosões de superfície a intensidade do campo elétrico é de dezenas de milhar de v/m até aproximadamente a distância a que se faz sentir a sobrepressão de 10 psi (68,97 kPa) e de milhares de v/m, até aproximadamente o limite da sobrepressão de 1 psi (6,897 kPa) (OTA, 1979).

A grande intensidade da radiação térmica emitida pode provocar desde a vaporização imediata de pessoas, animais, vegetação e materiais, até à queimadura ligeira no corpo humano, assim como o desencadeamento de incêndios em diversos materiais, matando e ferindo todas as pessoas e animais que se encontrem até determinadas distâncias da explosão e destruindo tudo o que se encontre mais próximo do *ground zero*, por incineração imediata, ou por combustão posterior. Nas áreas mais afastadas, dependendo dos materiais e das condições existentes, esta radiação provoca uma enorme quantidade de focos de incêndio em simultâneo que, se encontradas as densidades de combustível e as condições meteorológicas adequadas, podem consolidar-se numa tempestade de fogo.

Existem duas maneiras através das quais as explosões nucleares podem originar incêndios: 1) absorção direta de radiação térmica por parte dos materiais e 2) consequência indireta da destruição causada pela onda de choque, em que incêndios podem ter início em equipamentos elétricos, curto-circuitos em instalações elétricas, ruturas em condutas de gás ou de outros combustíveis. Num ambiente urbano as

ignições no interior de habitações e escritórios têm maior probabilidade de se desenvolver em incêndios autossustentados, do que as ignições no exterior dos edifícios. As tempestades de fogo formam-se quando existem diversos focos de incêndios simultâneos e os gases quentes por eles produzidos, unem-se para formar uma coluna de convecção única. Este movimento ascendente de gases provoca o deslocamento horizontal maciço de ar fresco junto à superfície terrestre, para preencher a baixa pressão atmosférica gerada localmente, originando ventos horizontais que se dirigem para o interior do incêndio com velocidades que superam os 160 km/h. Estes incêndios só se extinguem quando todo o combustível existente no seu interior for consumido (Glasstone e Dolan, 1977, pp. 296-300).

A onda de choque e o efeito de sopro provocam a rutura dos tímpanos, dos pulmões, ou dos intestinos, a compressão do tórax e do abdómen produzindo a rutura do diafragma ou das vísceras sólidas (fígado, baço), a projeção e o impacte corporal e ferimentos causados pela projeção de fragmentos e destroços (Pinto, 2009, Assael e Kakosimos, 2010). Em ambiente urbano, grande percentagem dos mortos e feridos resulta do colapso e destruição dos edifícios (NATO, 1996), que esmagam quem esteja no seu interior e que atingem com os fragmentos e detritos a grandes velocidades, quem esteja no seu exterior. Nos edifícios provocam a quebra de pilares, vigas e lajes, o arrancamento dos elementos construtivos menos resistentes, como paredes em tijolo, telhas, portas e janelas, a rutura das canalizações de água, gás, eletricidade e telecomunicações e o derrube de estruturas que apresentem grandes superfícies orientadas na direção da explosão, como muros, telheiros e coberturas metálicas. Os veículos são esmagados pela onda de choque inicialmente e seguidamente projetados pelo efeito de sopro, dependendo a intensidade destes efeitos da distância a que se encontrem do *ground zero*, da robustez dos materiais e da massa dos veículos (Glasstone e Dolan, 1977).

À precipitação sobre a superfície terrestre dos restos dos elementos da bomba, chama-se *fallout*. Assume proporções muito significativas quando a detonação se concretiza à superfície terrestre, ou muito próxima desta, e a bola de fogo aspira para o seu interior poeiras, destroços e os materiais em que toca, bem como aqueles que os ventos de convecção gerados pela subida da bola de fogo na atmosfera arrastam consigo. Grande parte destes materiais é vaporizada pelas altas temperaturas no interior da bola de fogo, incorporando-se no gás que a constitui. Caso não sejam incorporados na bola de fogo, servem de núcleos de condensação em torno dos quais se condensam os vapores altamente radioativos do gás da bola de fogo. Ao precipitar-se na superfície terrestre, estas poeiras e cinzas provocam uma contaminação muito intensa que se estende por áreas muito extensas, dependendo das condições meteorológicas (Glasstone e Dolan, 1977).

Parte dos produtos da fissão, do explosivo nuclear não fissionado, dos resíduos da arma e de outros materiais envolvidos na bola de fogo, condensam-se numa fina suspensão de partículas muito pequenas com 0,01 a 20 micrómetros de diâmetro. Estas partículas podem ser transportadas até à estratosfera, especialmente se a potência da explosão for superior a 10 kt, sendo dispersas pelos ventos atmosféricos por todo o planeta. Após semanas, meses, ou anos, assentam gradualmente na superfície terrestre. No entanto este risco é muito reduzido (NATO, 1996).

Fatores que afetam o impacte das explosões nucleares

O impacte direto da detonação de uma arma nuclear depende de diversos fatores, sendo os principais o tipo de bomba, a sua potência, os seus materiais, o tipo de detonação, a natureza da superfície no local da detonação, o relevo e a rede hidrográfica, a ocupação humana do local da detonação e zonas envolventes, as condições meteorológicas no momento da detonação e nos dias posteriores à detonação. Esta multiplicidade de fatores que interagem entre si reciprocamente, faz com que seja muito complexo elaborar um modelo de simulação numérica dos efeitos das detonações nucleares, em que se pretenda obter um elevado nível de precisão.

Terrorismo

As armas nucleares que muito provavelmente um grupo terrorista poderá utilizar, não serão as ogivas com potências da ordem das megatoneladas de TNT disparadas em mísseis balísticos ou de cruzeiro, que exigem o acesso a um nível científico e tecnológico que não dispõem, mas serão armas com potências da ordem das dezenas de quilotoneladas transportadas em veículos comuns, disponíveis no mercado civil.

Utilizaremos como definição de terrorismo a definição de Schmid (2013, p. 86-87), construída com base num consenso entre diversos investigadores e académicos: *“Terrorismo refere-se por um lado a uma doutrina relativa à suposta eficácia de uma forma especial, ou tática, de geração do medo e de violência política de carácter coercivo e, por outro lado, a uma prática conspirativa de ação violenta direta, sem restrições legais ou morais, calculada e demonstrativa, tendo principalmente como alvos civis e não-combatentes, executada pelos seus efeitos propagandísticos e psicológicos em diversas audiências e partes no conflito”*.

A esta definição acrescentaremos as três precisões seguintes, importantes para caracterizar os grupos terroristas em estudo:

- a) Não consideraremos a utilização de armas nucleares pelos Estados, mesmo se recorrendo à utilização

de grupos de operações especiais, uma vez que tal prática se enquadra no âmbito da “guerra”, se utilizada contra outro Estado, ou do “genocídio”, se utilizada contra os próprios cidadãos;

- b) Igualmente, um grupo de operações especiais de um qualquer país que seja enviado com o objetivo de efetuar um ataque nuclear em território “inimigo”, disporá de equipamentos, treino, apoio e armas muito para além da capacidade de um grupo não-estatal autónomo e o seu *modus operandi* encontra-se fora do âmbito deste artigo;
- c) Este artigo aborda a possibilidade de um grupo não-estatal obter e utilizar uma arma nuclear, de forma autónoma, mesmo que para a obtenção desta arma tenha que recorrer aos arsenais, ou à colaboração de alguns agentes estatais, sendo que, estas ações decorrerão sem o envolvimento consciente e voluntário dos Estados envolvidos.

Da definição de Schmid (2013) e das precisões que introduzimos, para efeito deste artigo, considera-se grupo terrorista *“um grupo não estatal empenhado, ou com intenções de vir a empenhar-se em atos terroristas, definidos de acordo com a definição supra. Apesar de não estatal, um grupo terrorista pode recorrer a meios humanos, materiais e financeiros de um Estado, sem que esse recurso se faça de forma consentida pelo Estado envolvido”*.

Sendo um grupo não estatal e não contando com a colaboração direta de um Estado para obter a arma nuclear, o grupo terrorista terá que a construir, ou furtá-la (Furtado, 2018). Se optar pela construção, só poderá fabricar uma arma cuja potência será da ordem das poucas dezenas de kt e fabricada sem tecnologia sofisticada, tendo uma elevada probabilidade de produzir uma detonação nuclear deficiente, abaixo das 10 kt (Furtado, 2018).

Se o grupo decidir furtar uma arma, o país onde mais provavelmente encontrará condições mais favoráveis para o fazer, é o Paquistão (Furtado, 2018), cujas armas de maior potência são estimadas em cerca de 40 kt (SIPRI, 2020).

Assim, é de esperar que a potência da arma nuclear utilizada por um grupo terrorista oscile entre as 0,1 kt (arma deficiente) e as 40 kt (a mais potente arma do arsenal paquistanês).

Relativamente aos meios de projeção da arma sobre o objetivo, tratando-se de um grupo não estatal não é de esperar a utilização de meios sofisticados, sendo mais provável a utilização de uma viatura, de uma pequena embarcação, ou de uma aeronave ligeira.

A tecnologia dos *drones* encontra-se em franco desenvolvimento e, tal como vimos nos ataques lançados pelos rebeldes iemenitas contra as refinarias de petróleo

da Arábia Saudita em 2019, é de esperar que novas capacidades se venham a desenvolver, possibilitando aos grupos terroristas a utilização destes meios para a projeção da arma.

Caracterização da cidade de Lisboa

Enquadramento geográfico

O presente enquadramento climatológico foi redigido tendo como fonte a Ficha Climatológica de Lisboa 1971-2000, do Instituto de Meteorologia, a última disponível, e a informação contida no sítio da internet do Instituto Português do Mar e da Atmosfera I. P.

A cidade de Lisboa encontra-se localizada na costa Ocidental da Península Ibérica, no extremo sudeste da Península de Lisboa, compreendida entre as latitudes 38° 47' 45" N e 38° 41' 26" N e as longitudes 9° 13' 48" O e 9° 05' 58" O.

Com 100,5 km² e a menos de 10 Km de distância do Oceano Atlântico, é limitada a Sul e a Leste pelo Rio Tejo, cujo estuário se espalha pelo Mar da Palha, formando um extenso lençol onde a água doce do Tejo se mistura com a água salgada do Oceano. A Norte é limitada pela Serra da Carregueira (cota aproximada de 300 m), pela Ribeira de Odivelas e pelo Rio Trancão e a Oeste, pela Serra de Carnaxide (cota aproximada 200 m) e pela Ribeira de Algés.

A cidade ocupa sete colinas sendo Monsanto a que possui maior altitude (216 m), entre as quais correm diversas ribeiras, a maior parte das quais com os leitos totalmente artificializados, transformados em importantes eixos rodoviários urbanos.

Os principais parâmetros climáticos (TABELAS II a V) de Lisboa, foram medidos na estação meteorológica do Instituto Geofísico de Lisboa (38° 43' N; 9° 8' W; Alt. 77 m).

Na sua tese de doutoramento, Lopes (2003) (citada em Baltazar, 2010) identifica que *“em Lisboa, o regime do vento à superfície é dominado por um fluxo forte vindo de norte (50% das observações), embora apresente alguma variabilidade anual”*. O artigo de Alcoforado *et al.*, 2003 (citado por Baltazar, 2010) especifica que *“este rumo apresenta maior expressão durante os meses de Verão, enquanto o Inverno regista uma maior oscilação - rumos de nordeste, este e sudoeste”* (TABELA V).

Morfologia urbana

O presente parágrafo foi redigido com base nos trabalhos da Professora Teresa Barata Salgueiro (2006) e do Engenheiro João da Silva Appleton (2001 e 2009).

As cidades históricas, em que Lisboa se enquadra, apresentam uma morfologia urbana diversificada, refletindo para além das determinantes geográficas, as

TABELA II - Temperaturas da cidade de Lisboa.

TABLE II - Temperatures in Lisbon.

Temperaturas (°C): 1971 - 2000												
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEC
Máxima absoluta	20,6	24,8	28,3	29,4	35,0	41,5	40,6	37,9	37,1	32,6	25,0	25,1
Média	11,3	12,6	14,3	15,3	17,3	20,3	22,7	22,9	21,7	18,4	14,8	12,4
Mínima absoluta	0,4	1,2	2,9	5,5	6,9	10,3	13,1	13,8	10,7	8,0	3,9	2,4

Fonte dos dados: Instituto de Meteorologia I.P. / Data source: Institute of Meteorology I.P.

TABELA III - Precipitação e humidade do ar na cidade de Lisboa.

TABLE III - Precipitation and Air Humidity in Lisbon

Precipitação e humidade do ar: 1971 - 2000													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEC	Total anual
Humidade Relativa média ar (%)	86	83	76	73	71	69	67	68	73	79	83	86	76
Maior Precipitação Diária (mm)	46.4	60.2	46.0	55.0	59.6	37.1	34.0	26.7	57.7	92.6	95.6	54.0	95.6
Média da Precipitação Total (mm)	96.8	90.2	51.2	64.7	55.6	17.2	6.1	6.8	28.5	79.8	107.1	121.8	725.8
Média de dias com precipitação	13.3	13.0	10.4	12.7	9.5	4.8	1.9	2.5	5.8	11.0	12.2	14.9	112.0

Fonte dos dados: Instituto de Meteorologia I.P. / Data source: Institute of Meteorology I.P.

TABELA IV - Insolação da cidade de Lisboa.

TABLE IV - Sunlight in Lisbon.

Número médio de dias com Insolação: 1971 - 2000													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEC	Total anual
= 0%	3.1	2.2	1.0	0.9	0.7	0.2	0.2	0.1	0.3	0.9	2.3	4.4	16.3
≤ 20%	9.1	6.7	4.9	4.2	3.5	2.0	1.2	0.8	1.9	4.4	7.1	10.4	56.2
≥ 80%	9.4	8.9	11.6	10.6	11.9	15.3	20.8	22.0	15.3	12.3	10.3	8.9	157.3

Fonte dos dados: Instituto de Meteorologia I.P. / Data source: Institute of Meteorology I.P.

TABELA V - Regime de ventos na cidade de Lisboa.

TABLE V - Wind Regime in Lisbon.

Vento (km/h): 1971 - 2000													
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEC	Total anual
V/média	12.2	13.2	13.0	13.6	13.7	13.7	13.9	13.9	12.1	11.8	11.7	13.0	13.0
Maior valor da V/máx. instantânea	108	112	103	86	108	83	90	87	125	98	105	112	125

Fonte dos dados: Instituto de Meteorologia I.P. / Data source: Institute of Meteorology I.P.

vicissitudes políticas, sociais, económicas e ambientais ocorridas ao longo da sua existência. Das ruínas do povoamento pré-romano, aos edifícios modernos do Parque da Nações, várias camadas históricas se sobrepõem, evidenciadas na coexistência de estilos arquitetónicos, conceitos urbanísticos e tipos de ocupação do território de épocas muito diferentes.

Com o seu núcleo primitivo na vertente sul da colina do Castelo de S. Jorge, a cidade foi-se desenvolvendo em torno desta, extravasando as antigas muralhas para sul até ao Tejo e para poente até à zona do Martin Moniz, Praça da Figueira e Praça do Comércio. Esta é a área de ocupação mais densa, com ruas estreitas e sinuosas de características muçulmanas e medievais, ao longo das

quais se encontram pequenos edifícios com cobertura de telha, não ultrapassando os três pisos. Esta zona desenvolve-se em torno da colina do Castelo, pelos bairros da Graça, da Mouraria e da Alfama (Salgueiro, 2006).

A partir do séc. XV a ocupação da fachada ribeirinha por estaleiros navais, estabelecimentos industriais e armazéns de comércio, efetiva-se na zona da Praça do Comércio, Cais do Sodré e Santos. Acompanhando o desenvolvimento da zona ribeirinha, a urbanização da cidade estende-se para o interior e no séc. XVI um novo bairro é construído de raiz fora da cidade, o Bairro Alto. Do séc. XV ao séc. XVI a população de Lisboa passa dos 50/60.000 habitantes, para os 100/120.000, uma das poucas cidades europeias a ter mais de 100.000 habitantes à época (Salgueiro, 2006).

A destruição da baixa da cidade em 1755, provocada pela ação combinada do terramoto, do maremoto e do grande incêndio que se seguiu, deu oportunidade ao Marquês de Pombal e a Manuel da Maia e Eugénio dos Santos, de desenvolverem um tipo de urbanismo “moderno”. A Baixa é reconstruída segundo o padrão geométrico retilíneo e ortogonal, apagando a antiga estrutura medieval. Além da inovação ao nível do planeamento urbano, foi introduzida a inovação da construção antissísmica, com edifícios de quatro pisos construídos em alvenaria suportada por uma estrutura de madeira em gaiola, resistente às vibrações induzidas pelos sismos.

Na segunda metade do séc. XIX e início do séc. XX a cidade conhece um novo surto de expansão para norte, com a construção da Avenida da Liberdade e da Avenida Almirante Reis e, posteriormente, da Avenida da República. Ao longo destas avenidas foram surgindo novos bairros, como as Avenidas Novas, Campo de Ourique, a Estefânia, o Bairro Camões, o Bairro das Colónias ou o Alto de Santo Amaro. Estas edificações foram construídas com recurso às técnicas tradicionais de construção, utilizando a madeira, a pedra e o tijolo maciço.

Nos anos 30 do séc. XX, a Avenida Almirante Reis foi prolongada até à Praça Francisco Sá Carneiro, e desta saiu a Avenida Almirante Gago Coutinho até ao Aeroporto Humberto Delgado. Entre estas duas avenidas e as Avenidas Novas, o espaço foi preenchido com novas urbanizações, de onde se destaca a sul o Instituto Superior Técnico, a Alameda D. Afonso Henriques e o Bairro de São João de Deus, e a norte os bairros de São João de Brito, Alvalade e Campo Grande, o Hospital Júlio de Matos (1942) e o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (1946). Unindo estes extremos norte e sul, a Avenida de Roma. As edificações desta época marcam a transição das técnicas tradicionais de construção, utilizando a madeira, a pedra e o tijolo maciço, para um novo material, o betão (Appleton, 2009).

Nas décadas de 1950 e 60 surgem bairros novos ao longo da Estrada do Lumiar, da Estrada da Luz e da Estrada de Benfica, ou, o mais emblemático de todos, os Olivais. Porém, a maioria dos edifícios construídos na cidade foram-no em substituição de velhos edifícios. Estes foram os primeiros edifícios a serem construídos recorrendo quase que exclusivamente ao betão, que nesta primeira fase de utilização maciça, apresentavam deficiências de organização estrutural e os betões utilizados tinham ainda um baixo desempenho mecânico (Appleton, 2009).

A partir de 1967, com a publicação do Regulamento de Estruturas de Betão Armado, assiste-se a uma melhoria significativa da resistência antissísmica dos novos edifícios. Em simultâneo, desenvolvem-se as primeiras ferramentas de cálculo automático de estruturas, permitindo um ganho substancial na precisão e na fiabilidade dos cálculos. No início dos anos 80 com a entrada em vigor de nova regulamentação, dá-se novo salto qualitativo

no desempenho dos edifícios sujeitos à ação sísmica. O computador banaliza-se e o desenvolvimento do software permite a realização do cálculo e da análise de estruturas cada vez mais complexas. Já no fim do séc. XX nova vaga de legislação, agora impulsionada pela União Europeia, produz um corpo regulamentar que acrescenta novas melhorias significativas na resistência dos edifícios (Appleton, 2009).

Nos últimos 40 anos, não foi só a quantidade e qualidade dos edifícios da cidade que cresceram, mas também o número e complexidade das infraestruturas. Abriam-se novos arruamentos e vias de circulação, como o Eixo Norte-Sul, ou a Avenida Marechal Spínola, e efetuaram-se diversas obras de arte nos eixos já existentes, como os viadutos e acessos à Segunda Circular, os túneis da Avenida da República e da Rotunda do Marquês de Pombal. A linha do Metropolitano que em 1959 tinha 5,7 km e 11 estações, passou para 44,2 km e 56 estações em 2016, cinco destas já fora dos limites administrativos da cidade.

Destacamos também o desenvolvimento efetuado nos últimos 30 anos na área das telecomunicações, da rede telefónica fixa e portátil, às redes de transmissão de dados por fibra ótica e satélite. Numa cidade que se pretende desenvolvida e competitiva no séc. XXI, a capacidade de comunicação de informação e, consequentemente, as infraestruturas sobre as quais esta comunicação se produz, são verdadeiramente estratégicas.

Caracterização demográfica

Lisboa é uma cidade de dimensão média à escala europeia, com 508.368 habitantes, correspondendo a cerca de 4,9% da população total do País, com uma densidade média de 5.801,1 hab/km² (CML, 2019).

Diariamente entram na cidade uma média de 425.747 pessoas e saem 47.521 (CML, 2019) o que se traduz numa população de cerca de 887.000 na cidade, durante os dias úteis. A este número há ainda que adicionar as 12.553.476 dormidas de turistas registadas durante o ano de 2017 (CML, 2019), o que dá uma média diária de 34.393 dormidas, resultando num total de mais de 921.000 pessoas na cidade, em média, durante os dias úteis.

Simulação do cenário de ataque

Pressupostos

O cenário que iremos desenvolver baseia-se na detonação de superfície de um engenho nuclear de 40 kt no topo do Parque Eduardo VII, na Alameda Cardeal Cerejeira, frente ao mastro da Bandeira Nacional, em Lisboa. A detonação ocorre às 13h30 de um dia útil da semana, no mês de outubro.

A escolha da arma de 40 kt corresponde ao cenário identificado como o mais perigoso e o segundo mais provável

por Furtado (2018), consistindo no furto de uma arma nuclear do arsenal do Paquistão. Embora a potência das armas nucleares paquistanesas não seja conhecida (SIPRI, 2020), referências a potências da ordem das 40 a 45 kt são frequentes. O valor de 40 kt é referido pelo próprio SIPRI nos seus *yearbooks* e será o valor utilizado neste artigo.

Cenário do ataque

Após o desembarque em Portugal da ogiva nuclear de 40 kt, os terroristas transportam-na num veículo comercial ligeiro de caixa fechada até ao local escolhido para a detonação, o Alto do Parque Eduardo VII, conduzindo calmamente no meio do tráfego urbano. A detonação dá-se às 13h30, de um dia útil da semana, dia soalheiro do mês de outubro. A esta hora e nesta altura do ano, a cidade está cheia e a hora do almoço de um dia de sol com temperatura amena, faz com que muita gente se encontre na rua.

Localização do Ground Zero

- Lisboa, Alameda Cardeal Cerejeira, frente ao mastro da Bandeira Nacional;
- Coordenadas: 38° 43' 49,86" N 09° 09' 16,82" O;
- Altitude do terreno: 103 m.

Dados meteorológicos

- Temperatura do ar: 22,0° C;
- Céu: limpo;
- Visibilidade: 20 km;
- Velocidade do vento: 24 km/h;
- Direção do vento: soprando do quadrante NNO;
- Nascer do sol: 07h44; por do sol: 19h00.

Dados da detonação

- Potência da arma: 40 kt;
- Combustível: ^{235}U ;
- Altitude da detonação: 103 m; Altura da detonação: 0 m.

Resultados numéricos

- Data e hora da simulação: 06 de setembro de 2020, 22h00m;
- Raio da bola de fogo: 0,35 km => área: 0,38 km²;
- Limite da sobrepressão de 20 psi (137,940 kPa): 0,74 km => área: 1.74 km²;
- Limite da sobrepressão de 5 psi (34,485 kPa): 1,57 km => área: 7.70 km²;
- Limite da radiação ao nível de 500 rem (5 Sv): 1,58 km => área: 7,82 km²;
- Limite da radiação térmica a 9,3 cal/cm² (3,89 x 10⁵ J/m²) (queimaduras do 3º grau): 2,60 km => área: 21,3 km²;

- Limite da sobrepressão de 1 psi (6,897 kPa): 4,02 km => área: 50,9 km²;
- Baixas (cálculo efetuado considerando uma média de 350.590 pessoas na área do limite da sobrepressão de 1 psi (6,897 kPa), com 50,9 km²):

Mortos: 64.920; Feridos: 113.560.

Representação gráfica dos resultados numéricos

Através da representação gráfica da simulação numérica, é fácil perceber a dimensão do impacte físico na destruição da cidade de Lisboa (figs. 1 e 2).

Impacte físico

Bola de fogo

O veículo e os corpos dos terroristas jamais serão encontrados, foram instantaneamente vaporizados. Fazem agora parte da gigantesca bola de fogo a uma temperatura aproximada de 300.000° K, com 700 metros de diâmetro, que vaporiza tudo em que toca e se encontra no seu interior. Tudo em menos de um décimo de segundo. O El Corte Ingles, o Palácio da Justiça, o estabelecimento Prisional de Lisboa, a parte norte da Rua Castilho até ao Hotel Sana, a metade norte do Parque Eduardo VII, o Pavilhão Carlos Lopes e a Igreja de S. Sebastião da Pedreira, desapareceram engolidos pela gigantesca bola de fogo nuclear (círculo amarelo na fig. 2).

Radiação nuclear inicial

Nos primeiros microssegundos após o início da detonação uma onda de neutrões e de raios gama altamente ionizantes é irradiada, atingindo com uma dose superior a 500 rem (5 Sv), as pessoas expostas que se encontram entre a Avenida Álvaro Pais a norte, e os jardins da Estrela e do Príncipe Real a sul, o Aqueduto das Águas Livres a poente, e a Rua de Arroios a nascente, uma área densamente povoada com um raio de 1,58 km e mais de 7,82 km² (círculo verde na fig. 2). Com doses de 500 rem (5 Sv), se não houver tratamento, 50% das pessoas morrem nos dois meses seguintes, e com doses de 600 rem (6 Sv), o índice de mortalidade sobe para os 90% e a sobrevivência exige tratamentos longos e intensivos, incluindo transplante de medula óssea. Acima dos 700 rem (7 Sv) não é possível a sobrevivência (Gonçalo e Botelho, 2009, Rambousky e Sabath, 2013).

Impulso eletromagnético

Em simultâneo todos os equipamentos elétricos até 4 km de distância se fundem e os eletrónicos bem para lá dos 5 km. Não haverá um telefone ou um telemóvel

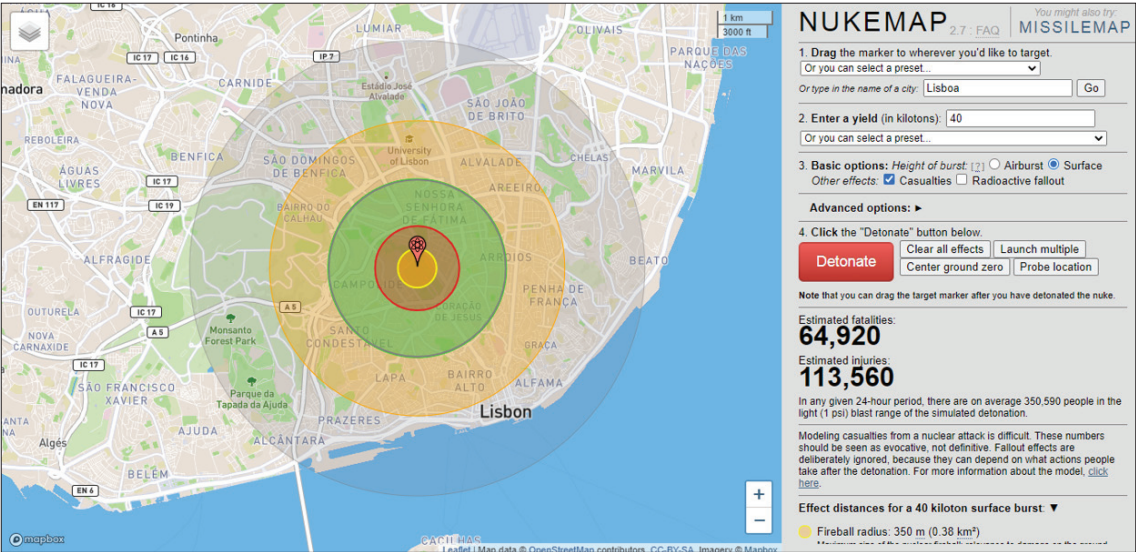


Fig. 1 - Representação gráfica da simulação numérica da detonação de uma arma nuclear em Lisboa
(Fonte: <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>).

Fig. 1 - Graphic presentation of the numerical simulation of the detonation of a nuclear weapon in Lisbon
(Source: <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>).

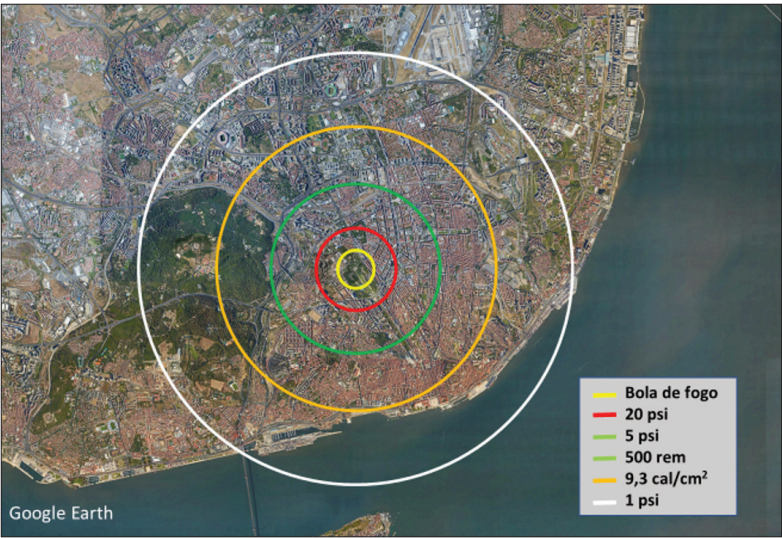


Fig. 2 - Representação gráfica da simulação numérica da detonação de uma arma nuclear em Lisboa, sobre uma fotografia aérea do Google Earth.
Fig. 2 - Graphic presentation of the numerical simulation of the detonation of a nuclear weapon in Lisbon, over an aerial photograph by Google Earth.

a funcionar, um rádio, um computador, um automóvel ou uma ambulância. A instabilidade gerada na rede de distribuição elétrica faz com que os sistemas de segurança disparem cortando a alimentação numa vasta região em torno de Lisboa, não evitando, porém, que alguns postos de transformação e subestações expludam ou se incendeiem. Automóveis e comboios que se encontrem em andamento desligam-se mantendo-se em movimento, desgovernados, até que parem ou embatem num obstáculo.

Os navios e embarcações que navegam no rio Tejo, entre a Ponte 25 de Abril a jusante, Xabregas a montante e Cacilhas a sul, ficam subitamente sem qualquer sistema elétrico e eletrónico, desgovernados e incapazes de

manobrar. Navios de cruzeiros, cacilheiros, cargueiros, pesqueiros e embarcações de recreio continuam as suas rotas em linha reta, animados pela inércia das suas massas, incapazes de comandar os lemes ou motores imobilizados. Colidem uns com os outros, com os obstáculos no meio e nas margens do rio, encalham e afundam levando para o fundo os seus ocupantes e cargas, tornando aquele troço do rio num perigoso e poluído mar de destroços.

Os aviões que se encontram a voar num raio de 5 km medido a partir do local da explosão, caem desgovernados, com os sistemas elétricos e eletrónicos fundidos. Todas as estações de rádio e de televisão com os estúdios e antenas dentro desta área ficam silenciadas.

Radiação térmica

A bola de fogo emite radiação térmica de grande intensidade que incendeia tudo o que encontra na sua proximidade, prédios, automóveis, árvores, pessoas, animais. Esta radiação atenua-se com a distância, mas até aos 2,6 km todas as pessoas expostas ficam gravemente queimadas com queimaduras do terceiro grau (círculo laranja na fig. 2). Entre a Alameda da Universidade e a zona ribeirinha de Santos, entre o Alto de Monsanto e o Cemitério do Alto de S. João - uma área com mais de 21,24 km² - quem está na rua verá as suas roupas, a sua pele e a sua carne incendiarem-se e se olharem na direção da bola de fogo ficarão cegos. Estão tão gravemente queimados que, se sobreviverem, ficarão seriamente incapacitados para o resto da vida. Dentro desta área, milhares de focos de incêndio cobrem instantaneamente a cidade. Nas ruas os automóveis, as árvores, o mobiliário urbano tudo se incendeia e as canalizações de gás expostas explodem. Os incêndios irrompem em todos os tipos de edifícios, sejam de habitação, administrativos, comerciais ou industriais. Na encosta oriental da Mata de Monsanto surgem inúmeros focos de incêndio.

Onda de choque e efeito de sopro

Décimos de segundo a segundos depois, consoante a distância ao *ground zero*, uma “parede” maciça de ar comprimido com origem na bola de fogo, avança a velocidade supersônica como um rolo compressor, esmagando tudo à passagem. Da Praça de Espanha a norte, ao Marquês de Pombal a sul, de Campolide a oeste ao Saldanha a este, uma onda de choque com uma sobrepressão superior a 20 psi (137,940 kPa) destrói todos os edifícios, esmaga todos os veículos, mata todas as pessoas. Num raio de 740 metros medido a partir do local da explosão, apenas edifícios em betão armado e preparados especialmente para este tipo de sobrepressões resistirão. Todos os outros ruirão, esmagando quem se encontre no seu interior ou na sua proximidade (círculo vermelho a fig. 2).

Para além desta distância, numa faixa circular compreendida entre os 740 m e os 1,57 km (círculo verde na fig. 2), pessoas, automóveis, autocarros e camiões que circulam nas ruas são esmagados, enquanto as estruturas dos prédios são quebradas, pilares, vigas, paredes mestras e telhados. Numa área com 7,7 km² (cerca de 9% da área edificada da cidade) correspondente a sobrepressões superiores a 5 psi (34,485 kPa), só os prédios em betão armado de construção recente ficam com as estruturas em pé, esqueletos esventrados e queimados. Os outros são arrasados, com raras exceções, não havendo grandes hipóteses de sobrevivência para os seus ocupantes, que são esmagados ou projetados com o recheio dos prédios

e com os fragmentos dos elementos de construção menos resistentes. Entre as ruínas ficam encarcerados os sobreviventes, com traumatismos gravíssimos, fraturas diversas, amputados, com os membros esmagados, aterrados com a escuridão e com o barulho medonho que os envolve, sem compreenderem o que está a acontecer. A rutura das canalizações de água é generalizada e a pressão da rede cai a zero.

Após a passagem desta parede de ar comprimido, ventos ciclónicos com velocidades de várias centenas de quilómetros por hora sopram os focos de incêndio, projetam os detritos dos prédios, as pessoas, os animais, as viaturas, os camiões, os comboios e tudo o que não esteja solidamente preso ao terreno. Nova vaga de morte se abate sobre aqueles que sobreviveram até ao momento, atingidos por estes detritos voadores ou projetados com eles. Os ventos vão diminuindo, até à dissipação da energia da onda de choque, criando no seu interior uma vasta zona de subpressão que, por uns segundos e por carência de oxigénio, extingue os focos de incêndio e sufoca os sobreviventes. Agora a pressão atmosférica irá reequilibrar-se, provocando nova frente de ventos ciclónicos, desta vez em sentido contrário ao anterior e um pouco mais fracos (200 a 300 km/h).

Tempestade de fogo

Estes ventos irão soprar novamente os focos de incêndio, que se extinguíram por falta de oxigénio, mas que continuam a temperaturas elevadíssimas. Agora vão reacender-se ainda com mais força, alimentados por ainda mais destroços, pelo gás natural que se escapou das condutas subterrâneas da rede urbana e pelos milhares de litros de gasóleo e de gasolina que se encontravam nos depósitos dos veículos. Pouco a pouco os focos de incêndio vão-se aglomerando, expandindo-se até se fundirem num só gigantesco incêndio lavrando por vastas zonas da cidade. Avenidas Novas, Avenida da Liberdade, Bairro Alto, Príncipe Real, Campo de Ourique, Amoreiras, Alfama, Graça, Penha de França, Anjos, Arroios, Areeiro, Alvalade e São Domingos de Benfica são alguns dos bairros onde estes incêndios gigantescos começam a crescer. Os materiais de construção utilizados, a densidade de construção, o pouco ou inexistente afastamento entre prédios, a largura das ruas, as cargas de combustível existentes nas residências (cheias de materiais combustíveis - plásticos, móveis, roupas, comida, papeis, tapetes, cortinados, atalhados, etc.) e nos edifícios de escritórios, criam as condições adequadas para o desenvolvimento de uma tempestade de fogo.

Os feridos presos nos escombros não poderão ser salvos e serão consumidos juntamente com os destroços. Aqueles que conseguirem abandonar os prédios deparar-se-ão com as ruas cheias por vários metros de altura de escombros, constituídos pelos materiais de construção

dos prédios, árvores, automóveis e corpos. Só muito dificilmente conseguirão progredir a pé, pois as ruas vão ficando progressivamente envolvidas pelas chamas e pelos gases tóxicos produzidos pela combustão dos diversos materiais, que consome todo o oxigénio da atmosfera asfixiando aqueles que ainda estejam vivos. Tal como em Hamburgo em 1943, ou Dresden em 1945, quem tentar fugir morre asfixiado, intoxicado ou queimado na sua quase totalidade (fot. 1 a 3). Aqueles que, por exemplo, se encontram refugiados em caves, prédios, ou estações de metro, terão a mesma sorte.

Fallout

A bola de fogo inicia um movimento de ascensão, aspirando atrás de si o ar ao nível do solo. Arrefece e perde o brilho, transformando-se numa enorme nuvem radioativa em forma de cogumelo, que se desenvolve sobre a cidade (fot. 5). Às 13h50 começa a cair uma chuva intensa, com origem na nuvem negra que paira sobre a cidade e que lentamente é empurrada pelo vento

para a Margem Sul. Esta chuva é também ela negra, devido às cinzas em suspensão, e altamente radioativa. Nas próximas horas vai contaminar com radioatividade os locais por onde passar, Lisboa, Almada, Barreiro e grande parte da Península de Setúbal (fig. 3).

Impacte nas forças e serviços de socorro

Médicos, enfermeiros, polícias e bombeiros estão mortos ou gravemente feridos e apenas nas zonas mais periféricas da cidade, uma pequena percentagem está em condições de poder socorrer as vítimas, se compreender o que se está a passar, souber onde se dirigir e tiver os meios para o fazer.

Viaturas dos bombeiros, da polícia, ambulâncias e equipamentos, tudo está destruído ou inoperacional. Os destroços dos edifícios preenchem as ruas e vias de circulação em cada vez maior quantidade conforme se progride no sentido do alto do Parque Eduardo VII, ao ponto de estas não serem mais visíveis no meio do enorme monte



Fot. 1 - Pessoas carbonizadas na rua durante a fuga, no bombardeamento de Hamburgo em 1943
(Fonte: ww2gravestone.com, 1943).

Photo 1 - People burnt to death on the streets of Hamburg, during the air raids in 1943
(Source: ww2gravestone.com, 1943).



Fot. 2 - Ruas cheias de escombros. As viaturas semi-soterradas, pertenciam aos bombeiros
(Fonte: aircrewremembered.com, 1943).

Photo 2 - Streets filled with debris. Firefighters' vehicles can be seen partially buried
(Fonte: aircrewremembered.com, 1943).



Fot. 3 - Limpeza dos escombros nas semanas seguintes ao bombardeamento de Hamburgo
(Fonte: DokuWiki at North Central College, 1943).

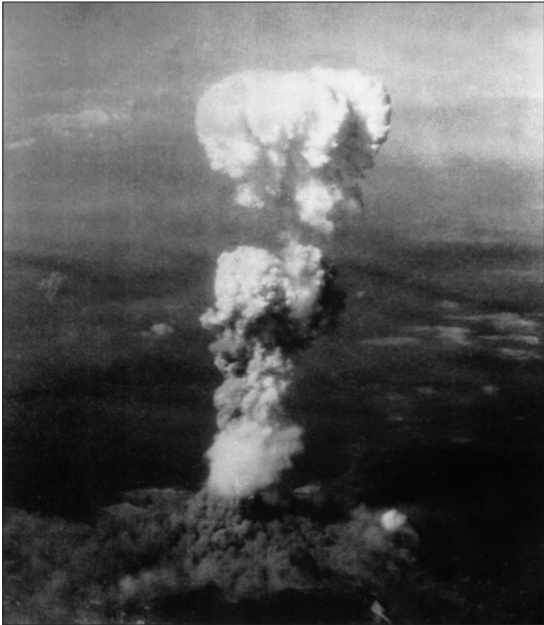
Photo 3 - Removal of debris from the streets of Hamburg, weeks after the bombing
(Source: DokuWiki at North Central College, 1943).



Fot. 4 - Lisboa com elevada densidade de construção, a maior parte anterior à década de 1980 (Fonte: CML, sd).

Photo 4 - Lisbon with high building density, mostly built before the 1980s (Source: CML, sd).

de cinzas e entulho. A temperatura a que se encontra este entulho é de várias centenas de graus Celsius e circular a pé ou em viatura pelas zonas a menos de 1,6 km de distância do *ground zero* é simplesmente impossível. Em Hamburgo só foi possível entrar nas zonas ardidas dois dias depois, devido à temperatura dos destroços e os bombeiros tiveram que deitar água sobre o entulho acumulado nas ruas durante quatro semanas, até extinguirem todos os focos de



Fot. 5 - Hiroshima, 6 de agosto de 1945. Uma imensa nuvem de fumo, cinza e detritos envolve a cidade, na base do “cogumelo” (Fonte: Caron, 1945).

Photo 5 - Hiroshima, 6 August 1945. At the base of the mushroom, a gigantic cloud of smoke, ash and debris covers the city (Source: Caron, 1945).

reacendimento (Postol, 1986). Além da temperatura, estes detritos são radioativos. Entrar nesta zona sem proteção radiológica, implica a morte após alguns minutos ou horas no seu interior.

Todos os hospitais no centro de Lisboa (Santa Maria, S. José, Estefânia, Curry Cabral, Instituto de Oncologia, Cruz Vermelha) estão destruídos ou inoperacionais, enquanto que os localizados na periferia da cidade (Hospital das Forças Armadas, S. Francisco Xavier, Amadora-Sintra, Lusíadas e Descobertas no Parque das Nações), encontrando-se fora da área mais intensamente afetada, não têm eletricidade, os equipamentos elétricos, eletrónicos e informáticos estão fundidos, não dispõem de telefones ou rede de telemóvel, nem têm água da rede pública. Sem capacidade de deteção, de monitorização, de análise dos dados e de transmissão desta informação em tempo útil, médicos, enfermeiros, auxiliares e administrativos, não sabem nem o que aconteceu, nem que estão a ser contaminados pela gigantesca nuvem que se espalha sobre a cidade. Em poucos minutos, os hospitais que ainda têm as paredes erguidas começam a ser invadidos por uma massa de milhares de feridos em desespero, apresentando queimaduras, cortes, fraturas e amputações. Em pouco tempo, estes milhares de pacientes submergem qualquer tentativa de organizar o serviço, contaminando as instalações e o pessoal. Muitos apresentam já sintomas da síndrome de exposição aguda à radiação.

São 16h00, mas a cidade está às escuras, envolta na nuvem de fumo acre, espesso, tóxico e radioativo, do gigantesco incêndio que consumirá o seu núcleo habitacional e económico nas próximas horas. Desprovidos de equipamentos de monitorização da radioatividade e de

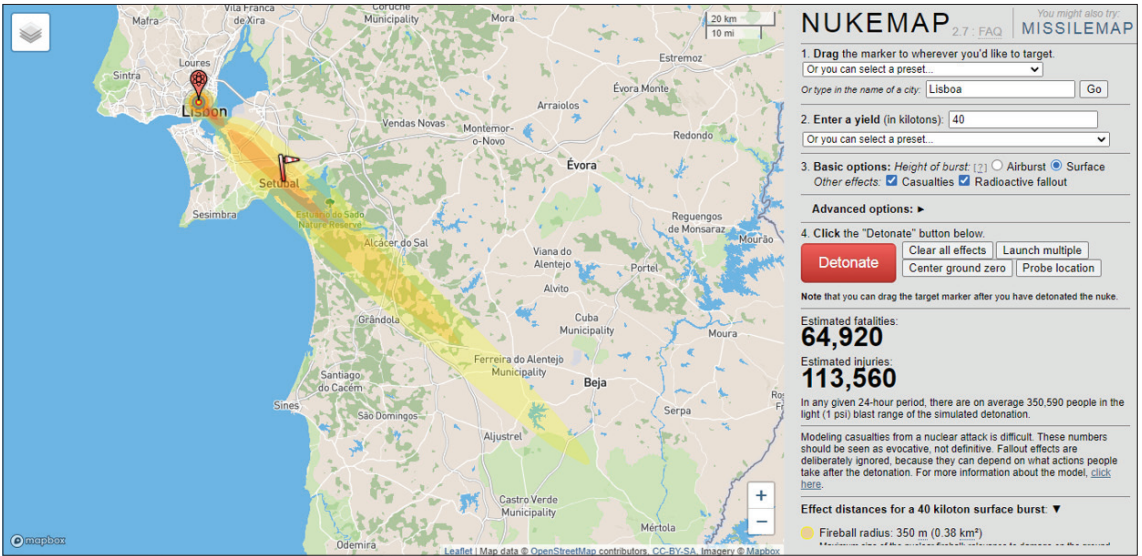


Fig. 3 - Simulação da queda de chuva radioativa de acordo com as condições meteorológicas definidas para o cenário (Fonte: <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>).

Fig. 3 - Simulation of the radio-active rainfall in accordance with the meteorological conditions set for the scenario (Source: <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>).

proteção adequados, quaisquer agentes de proteção civil que tentem entrar na cidade tornar-se-ão, eles também, em vítimas. Não há quem coordene as operações de socorro. Direção Geral de Saúde, INEM, Direção Nacional da PSP, Comando Geral da GNR, Proteção Civil Municipal, todos têm os seus “quartéis-generais” no interior da área de máxima destruição. Todos têm o seu pessoal morto, ferido e incapaz. Fazem parte das vítimas, não dos socorristas.

A Autoridade Nacional de Proteção Civil e o Estado Maior General das Forças Armadas, que se situam fora da área de máxima destruição, encontram-se suficientemente perto desta e sofrem alguns dos efeitos. Sem eletricidade, sem meios de comunicação, estão cegos e inoperacionais. Não conseguem saber o que se passa, nem avaliar a situação, nem conseguem coordenar qualquer ação de socorro. A prioridade é evacuar as instalações antes da chegada do *fallout* radioativo. A falência geral dos sistemas de telecomunicações, cujos nós principais e sedes das empresas se situam no interior da área afetada, tornará muito difícil e demorada qualquer ação que vise compreender a situação, mobilizar e dirigir os meios de socorro.

Impacte humano

Quantas pessoas serão realmente afetadas

O *software* do NUKEMAP calculou 64.920 mortos e 113.560 feridos com base numa população média de 350.590 pessoas, dentro da área de 50.90 km² compreendida no interior do círculo correspondente à sobrepressão superior a 1 psi (6,897 kPa) (fig.s 1 e 2).

Vimos no subcapítulo da caracterização demográfica de Lisboa que a população real da cidade num dia útil, será de cerca de 921.000 pessoas. Lisboa tem 100,5 km², dos quais 10 km² correspondem à Mata de Monsanto, zona que podemos considerar de densidade populacional desprezível, restando assim 90,5 km² onde se distribui a população.

Se considerarmos as 921.000 pessoas distribuídas uniformemente pelos 90,5 km², teremos uma densidade média de 10.177 pessoas por km². Ou seja, nos 50,90 km² considerados pelo NUKEMAP não teremos 350.590 pessoas, mas $10.177 \times 50,9 = 518.009$ pessoas.

Este valor é substancialmente maior do que o valor médio de 350.590 pessoas utilizado pelo NUKEMAP para fazer os seus cálculos de baixas, pelo que será necessário efetuar uma correção, recalculando as baixas:

$$64.920 \times 518.009 / 350.590 = 95.922 \text{ mortos}$$

$$113.560 \times 518.009 / 350.590 = 167.789 \text{ feridos}$$

Consideramos estes valores mais adequados à realidade do cenário em análise, tanto mais que a área mais intensamente afetada pelos efeitos da explosão

corresponde a uma das áreas com maior densidade de edificação da cidade e com maior densidade de distribuição de empresas, o eixo Avenida da Liberdade - Avenida Fontes Pereira de Melo - Avenida da República.

Finalmente, é ainda necessário ter em conta que o NUKEMAP não calcula as baixas resultantes do *fallout*, o que também não faremos, mas tal significa que o número de baixas reais será ainda superior ao aqui calculado.

Conjugação da sobrepressão com a tempestade de fogo

Como referido no subcapítulo do Modelo de Análise, as equações do NUKEMAP para cálculo das baixas só tomam em consideração o efeito da sobrepressão e da radiação térmica, utilizando como modelos de referência, os resultados das investigações realizadas em Hiroshima e Nagasaki, não considerando as baixas resultantes da tempestade de fogo, do *fallout* nem da radiação inicial.

Embora nem sempre se desenvolva uma tempestade de fogo na sequência de uma detonação nuclear, quando ocorre nas áreas urbanas tem um efeito devastador, conforme ilustrado no Capítulo anterior, contribuindo significativamente para o aumento do número de mortos. Este aumento do número de mortos efetua-se em detrimento do número de feridos, pois estas mortes resultam da incapacidade das pessoas que se encontram no interior da área onde ocorre a tempestade de fogo, de fugir. E estas pessoas, dada a proximidade do *ground zero*, já se encontram necessariamente feridas, sendo como tal contabilizadas pelo NUKEMAP.

Materiais diversos, expostos de forma diversa, e a diferentes temperaturas, necessitam de energias diferentes para se incendiarem. Também as condições arquitetónicas e geográficas da cidade desempenham um papel fundamental para a eclosão, ou não, da tempestade de fogo. Na execução de algumas estimativas Postol (1986) considera a energia de 10 cal/cm² ($4,184 \times 10^5$ J/m²) como o limite a partir do qual se desencadeia o incêndio generalizado dos materiais e edifícios, conduzindo à situação de tempestade de fogo. Em simultâneo, o OTA estima que à sobrepressão de 5 psi (34,485 kPa), 10% dos edifícios se incendeiam.

A atenuação da intensidade da radiação térmica com a distância depende de dois fatores: 1) a distância e 2) a absorção, reflexão e deflexão da radiação pela atmosfera (Glasstone e Dolan, 1977, p. 278). Desprezando a atenuação devida à atmosfera e considerando apenas a atenuação devida à distância, temos que esta é função do quadrado da distância. Sabendo que o limite das 9,3 cal/cm² se encontra a 2,6 km do *ground zero*, podemos calcular que à distância de 1,57 km - correspondente ao limite dos 5 psi (34,485 kPa) - o seu valor é de 25,5 cal/cm² ($1,07 \times 10^6$ J/m²), uma radiação térmica elevadíssima que incendeia quase todos os materiais.

Pode assim, considerar-se que no interior do círculo dos 5 psi (34,485 kPa) as condições extremas de destruição e de temperatura conjugadas com a elevada densidade de construção (verificar fot. 4), tornam bastante provável a eclosão de uma tempestade de fogo.

Para além da enorme quantidade de energia térmica que a tempestade de fogo liberta, a combustão dos materiais produz uma enorme quantidade de gases tóxicos - monóxido de carbono, CO; dióxido de carbono, CO₂; ácido cianídrico, HCN; ácido nitroso, HNO₂; ácido nítrico, HNO₃; sulfeto de hidrogénio, H₂S; dióxido de enxofre, SO₂, entre outros - ao mesmo tempo que consome todo o oxigénio livre da atmosfera, matando pelo efeito combinado da intoxicação e da asfixia quem se encontre na rua. Nos grandes incêndios, as pessoas morrem frequentemente asfixiadas e intoxicadas, antes do efeito térmico produzir as suas consequências. Esta situação é particularmente importante nas situações em que as pessoas se conseguem refugiar em abrigos resistentes ao fogo, onde acabam por falecer vítimas de intoxicação e asfixia. Muitas das mortes ocorridas em Hamburgo e Dresden, produziram-se dentro dos abrigos, que apesar de terem resistido à onda de choque das bombas, não estavam preparados para manter as condições de vida em ambientes tóxicos e com carência de oxigénio.

A enorme quantidade de destroços provocada pela onda de choque, pelo efeito de sopro e pela combustão dos materiais, origina uma camada de vários metros que cobre toda a zona ardida. A sua quantidade e temperatura impedem, durante vários dias, que quem esteja abrigado possa sair do abrigo e ao mesmo tempo impede as forças de socorro de resgatarem estes sobreviventes. Em Hamburgo e Dresden várias pessoas foram encontradas mortas em abrigos intactos, assadas pelas elevadas temperaturas transmitidas pelos destroços através do solo e do betão, uma espécie de fornos de grandes dimensões, sem que tenham podido sair, ou ser resgatadas.

A combinação da destruição física com a tempestade de fogo, permite concluir que quem se encontrar dentro do círculo dos 5 psi (34,485 kPa) (círculo verde na fig. 2), tem uma probabilidade próxima de zero de sobreviver.

Conjugação dos diversos tipos de ferimentos

Quando um paciente sofre em simultâneo traumatismos graves e queimaduras do 2º ou 3º grau em mais de 20% da pele, a taxa de mortalidade sobe muito rapidamente, dependendo do tipo de traumatismos e da extensão e profundidade das queimaduras. Uma das causas frequentes da mortalidade dos grandes queimados e dos grandes traumatizados são as infeções, que têm que ser constantemente controladas.

Como as radiações nucleares atacam o sistema hematopoiético dos pacientes, destruindo a medula

óssea e inibindo a produção dos leucócitos, fundamentais na luta do organismo contra as infeções, a mais pequena ferida desenvolve uma infeção, que acaba por ser mortal.

A dose de radiação que provoca a morte a 50% das pessoas em 60 dias (DL_{50/60}) é de 500 rem (5 Sv) (Gonçalo e Botelho, 2009), calculada para pacientes que sofrem apenas da síndrome de exposição aguda à radiação. Mas tal como em Hiroshima e Nagasaki, a quase totalidade dos feridos padecerá de traumatismos e de queimaduras em simultâneo, muitos deles dos três tipos de ferimentos, com feridas extensas, profundas e graves. Ou seja, a DL_{50/60} descerá substancialmente para doses de radiação muito menores. Além disto, com 167.789 feridos em simultâneo, será impossível prestar um nível de cuidados médicos idênticos ao das situações normais. Nestas condições, Rotblat (1986) estima que a DL_{50/60} desça para 220 rem (2,2 Sv).

Sinergia de efeitos letais

Verifica-se assim uma sinergia entre fatores de natureza diversa, que contribuirão para que o número de feridos que virão a falecer na sequência dos ferimentos sofridos nos quatro meses subsequentes ao ataque, seja muito elevado:

- Conjugação mortal entre traumatismo/queimadura/radiações;
- Impossibilidade de socorrer os feridos nos primeiros dias, devido à obstrução dos acessos pelos destroços a altas temperaturas e com elevados níveis de radioatividade; e
- Uma vez resgatados os feridos, a impossibilidade de prestar cuidados médicos de qualidade a um tão elevado número.

É assim de esperar que muitos destes sobreviventes das primeiras horas e dias, à semelhança do que se passou em Hiroshima e Nagasaki, venham a falecer nos quatro meses subsequentes, após um período de intensa agonia (Committee, 1981). No entanto, não é possível fazer uma estimativa com o adequado intervalo de incerteza, porque não existem dados históricos que permitam fazer extrapolações. Os dados existentes relativos ao número de vítimas em Hiroshima e Nagasaki são demasiado imprecisos para servir de base para cálculos futuros, devido ao facto de não ser possível determinar com a precisão adequada quantas pessoas se encontravam nestas cidades no momento das explosões.

Porém, relativamente à distribuição dos feridos por tipos gerais de ferimento - traumatismo, queimadura e radiação - os valores para Hiroshima e Nagasaki são de 70% traumatizados, 65% queimados e 30% radiação. A soma destas percentagens é superior a 100% porque a maior parte dos feridos apresentavam dois ou três tipos de ferimentos diferentes (Glasstone e Dolan, 1977, p. 546). O facto do cenário aqui desenvolvido ser com base numa detonação de superfície e não de baixa altitude,

como as de Hiroshima e Nagasaki, das características arquitetônicas da cidade e construtivas dos edifícios serem muito diferentes das do Japão de então e o enorme desenvolvimento tecnológico ocorrido desde 1945, com um aumento substancial da densidade de matérias combustíveis nas cidades, obrigam-nos a tomar estas percentagens com uma certa reserva, não deixando no entanto de ser uma indicação a ter em conta.

Efeitos na saúde a médio e longo prazo

Em virtude das limitadas condições do tratamento, muitos destes pacientes guardarão sequelas graves para o resto da vida, amputações, cicatrizes extensas, dolorosas e limitadoras da mobilidade ou cegueira, entre outras. Cerca de 15% dos sobreviventes (aproximadamente 25.168) falecerão em consequência de doenças do foro oncológico nos próximos anos e alguns verão afetadas as suas capacidades reprodutivas.

Não só os danos físicos terão um impacto negativo, mas também os danos do foro psicológico. As vítimas terão na sua generalidade uma experiência não só de “quase morte”, mas também de “fim do mundo”, a sensação mais referida pelos sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki. Não se trata de um acidente normal, não são atropelados, o prédio não desaba, não são apanhados num incêndio, situações em que a vítima tem a sensação de que o mundo lá fora se mantém intacto e virá em seu socorro (Thompson, 1986). No caso de uma explosão nuclear de 40 kt, a vítima tem a sensação de que também o mundo lá fora foi destruído, nada mais restando do que o caos. Esta sensação será mais intensa, porque o ataque se produz sem que ninguém esteja à espera, surge “do meio do nada” e sem qualquer razão aparente. Estado de alerta constante, fim do “mito da eternidade”, desespero permanente, depressão recorrente, complexo de culpa por ter sobrevivido (mais intenso quando pessoas queridas morrem) (Thompson, 1986), medo de contrair cancro no futuro (uma ameaça constante), temor de perder a capacidade reprodutiva, receio de ser rejeitado (uma das razões que levou a que grande número de sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki nunca o referissem, mentido sobre as suas origens e o seu paradeiro nesses dois dias trágicos (Committee, 1981)), pavor de que a situação se repita, de forma tão inesperada e tão “sem sentido” como da primeira vez (Thompson, 1986). Estes efeitos terão consequências pessoais e sociais muito severas no futuro.

Conclusões

Neste artigo procedeu-se à identificação e à avaliação do impacto físico e humano de um ataque terrorista com uma arma nuclear de 40 kt, na cidade de Lisboa, com a finalidade de conhecer quais as reais características e dimensões desse impacto.

Só através deste conhecimento, será possível avançar na determinação e avaliação das consequências sociais, económicas, políticas e geopolíticas de um tal ataque, a fim de possibilitar a tomada de decisão adequada para preveni-lo, mitigá-lo e responder-lhe.

Foi assim possível concluir relativamente ao impacto físico de uma detonação nuclear de superfície, na cidade de Lisboa, que uma bomba atômica de 40 kt produz os efeitos físicos seguintes:

- a) O raio da bola de fogo será de 350 m, cobrindo uma área de 0,38 km²;
- b) O limite da sobrepressão ao nível mínimo de 20 psi (137,940 kPa) é atingido à distância de 0,74 km, a que corresponde uma área de 1,72 km²; dentro desta área a destruição física é total;
- c) Limite da sobrepressão ao nível mínimo de 5 psi (34,485 kPa) é atingido à distância de 1,57 km, a que corresponde uma área de 7,74 km²; dentro desta área a destruição física é generalizada e diversos focos de incêndio eclodirão, consolidando-se numa tempestade de fogo que acabará por consumir tudo o que não foi ainda destruído, restando apenas em pé as estruturas em betão armado dos prédios mais resistentes; as ruas ficarão obstruídas com uma camada de vários metros de destroços, a temperaturas da ordem das centenas de graus Celsius e altamente radioativos; esta área corresponde ao núcleo social, económico e político da cidade de Lisboa;
- d) O limite da radiação ao nível mínimo de 500 rem (5 Sv) é atingido à distância de 1,58 km, a que corresponde uma área de 7,84 km²; dentro desta área mais de 50% das pessoas morrerão nos próximos dois meses vítimas da síndrome de exposição aguda à radiação, se sobreviverem aos outros efeitos;
- e) O limite mínimo da intensidade de radiação térmica de 9,3 cal/cm² (3,89 x 10⁵ J/m²), intensidade que provoca queimaduras do 3º grau na pele humana exposta, é de 2,60 km, a que corresponde uma área de 21,24 km²;
- f) O limite da sobrepressão mínima de 1 psi (6,897 kPa) é atingido à distância de 4,02 km, a que corresponde uma área de 50,77 km².

Estes efeitos físicos resultam no impacto humano seguinte:

- a) Mais de 263.711 baixas, repartidas entre mais de 95.922 mortos e 167.789 feridos;
- b) Dentro do círculo com 1,57 km de raio centrado no *ground zero*, nada ficará intacto, a destruição será generalizada e a probabilidade de sobrevivência será muito próxima de zero. Esta área será uma zona de morte;
- c) O número de mortos crescerá à custa do número de feridos, nos quatro meses subsequentes à explosão, em virtude da sinergia produzida: 1) pela conjugação

mortal dos ferimentos por traumatismo, queimadura e radiações, 2) pela impossibilidade de socorrer os feridos nos primeiros dias, devido à obstrução dos acessos e aos seus elevados níveis de radioatividade, e 3) uma vez resgatados os feridos, não haverá possibilidade de prestar cuidados médicos adequados a um tão elevado número em simultâneo;

- d) Muitos dos sobreviventes padecerão de sequelas físicas e psicológicas incapacitantes para o resto da vida e desenvolverão doenças do foro oncológico e do foro psicológico;
- e) A precipitação do *fallout* na Península de Setúbal provocará elevados níveis de contaminação radioativa causando ainda mais baixas, estas exclusivamente devido à exposição aguda à radiação.

Pela primeira vez, com dados e informação não classificada resultante da análise dos resultados dos bombardeamentos estratégicos à Alemanha, dos ataques a Hiroshima e Nagasaki, nas experiências nucleares dos EUA, noutras investigações conduzidas durante a guerra-fria, bem como em investigação produzida em áreas complementares, foi possível concluir com alguma precisão que o impacto de um ataque terrorista com uma arma nuclear na cidade de Lisboa resultaria na destruição total do seu núcleo populacional, económico e político, das suas infraestruturas e de milhares de edifícios, numa extensão de cerca de 50 km², provocando mais de 96.000 mortos e 168.000 feridos e contaminando uma vasta área na região de Lisboa e na Península de Setúbal.

Referências bibliográficas

Abrams, H. L. (1986). Medical Supply and Demand in a Post-Nuclear-War World, in F. Solomon and R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War* (pp. 349-380). National Academy Press.

Appleton, J. S. (2001) O megasismo de Lisboa no Séc. XXI ou vulnerabilidade sísmica do parque edificado de Lisboa. In Sociedade portuguesa de Engenharia Sísmica, *Redução da vulnerabilidade sísmica do edificado*, 95-104, Ordem do Engenheiros.

Appleton, J. S. (2009) Tipificação do parque construído. In M. S. Lopes (Org.) *Sismos e Edifícios*, 389-437, Editora Orion.

Assael, M. and Kakosimos, K. (2010). *Fires, Explosions, and Toxic Gas Dispersions*. CRC Press.

Baltazar, S. P. (2010) *Mapas Bioclimáticos de Lisboa*. (Dissertação de Mestrado). Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.

Brode, H. L., Small, R. D. (1986). A Review of the Physics of Large Urban Fires. In F. Solomon and R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War*, 73-95, National Academy Press.

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA [CML] (2019). *Economia de Lisboa em números 2019*. Câmara Municipal de Lisboa.

CÂMARA MUNICIPAL DE LISBOA [CML] (s.d.). Vista panorâmica de Lisboa [imagem online]. Câmara Municipal de Lisboa. https://informacoeseservicos.lisboa.pt/fileadmin/cidade_temas/urbanismo/imagens/UrbanismoDigital_Site1350x902.jpg

Caron, G. R. (1945) *Atomic_cloud_over_Hiroshima* [imagem online]. Domínio público. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atomic_cloud_over_Hiroshima.jpg

COMMITTEE FOR THE COMPILATION OF MATERIALS ON DAMAGE CAUSED BY THE ATOMIC BOMBS IN HIROSHIMA AND NAGASAKI [COMMITTEE] (1981). *Hiroshima and Nagasaki: The Physical, Medical and Social Effects of the Atomic Bombings*. Hutchinson.

Crowl, D., Louvar, J. (2011). *Chemical Process Safety. Fundamentals with Applications* (3rd ed.). Pearson Education International.

Daugherty, W., Levi, B., von Hippel, F. (1986). Casualties Due to Blast, Heat, and Radioactive Fallout from Various Hypothetical Nuclear Attacks on the United States. In F. Solomon and R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War* (pp. 207-232). National Academy Press.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY - FEMA (2006). *National Planning Scenarios*. FEMA.

Fletcher, E. R., Albright, R. W., Perret, R. F., Franklin, M. E., Bowen, I. G., White C. S. (1963). *Nuclear Bomb Effects Computer, (CEX-62.2) U.S. Atomic Energy Commission Civil Effects Test Operations*. U.S. Atomic Energy Commission.

Furtado, J. P. (2018). *Portugal e o terrorismo nuclear: Pensar o impensável (Dissertação de Mestrado)*. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal).

Glasstone, S., Dolan, P. J. (1977). *The Effects of Nuclear Weapons*. United States Department of Defense and Energy Research and Development Administration.

Gonçalo, M., Botelho, M. F. (2009). Radiações e Electricidade. In Pinto, A. M. (Coord.) *Fisiopatologia. Fundamentos e Aplicações* (87-101). LIDEL - edições técnicas.

Greer, D. S., Rifkin, L.S. (1986). The Immunological Impact of Nuclear Warfare. In F. Solomon and R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War* (pp. 317-328). National Academy Press.

[Ilustração sem título da limpeza dos escombros de Hamburgo]. (1943). DokuWiki at North Central College. <https://dokuwiki.noctrl.edu/lib/exe/fetch.php?media=ger:202:2010:winter:hamburg-bombing.jpg>

- [Ilustração sem título de pessoas carbonizadas na rua durante a fuga, no bombardeamento de Hamburgo em 1943]. (1943). World War II Gravestone. <https://ww2gravestone.com/the-allied-bombing-of-hamburg-on-27-07-1943-72-years-ago/>
- [Ilustração sem título de ruas cheias de escombros em Hamburgo em 1943]. (1943). Aircrew Remembered. <http://aircrewremembered.com/editorial/resources/hamburg-after-the-1943-firestorm-3-w800.jpg>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA I. P. (2020). *Área Metropolitana de Lisboa em Números - 2018*. Instituto Nacional de Estatística I. P.
- INSTITUTO DE METEOROLOGIA I. P. (s.d.). Ficha Climatológica de Lisboa. Instituto Português do Mar e da Atmosfera I. P. http://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_71-00_LISBOA_GEOFISICO.pdf
- North Atlantinc Treaty Organization [NATO] (1996). *NATO Handbook on the Medical Aspects of NBC Defensive Operations, A Med P-6(B)*. Departments of the Army, the Navy and the Air Force.
- OFFICE OF TECHNOLOGY ASSESSMENT [OTA] (1979). *The Effects of Nuclear War*. Congress of the United States.
- Pinto, A. M. (2009). Agentes Mecânicos. In Pinto, A. M. (Coord.) *Fisiopatologia. Fundamentos e Aplicações* (87-101). LIDEL - edições técnicas.
- Postol, T. A. (1986). Possible Fatalities from Superfires Following Nuclear Attacks in or near Urban Areas. In F. Solomon, R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War* (pp. 15-72). National Academy Press.
- Rambousky, R., Sabath, F. (2013), Characteristics of Nuclear and Radiological Weapons. In A. Richardt, B. Hülseweh, B. Niemeyer and F. Sabath (Ed). *CBRN Protection. Managing the threat of Chemical, Biological, Radioactive and Nuclear Weapons* (pp. 125-166). Wiley-VCH.
- Rotblat, J. (1986). Acute Radiation Mortality in a Nuclear War. In F. Solomon and R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War* (pp. 233-250). National Academy Press.
- Salgueiro, T. B. (2006). *Lisbonne. Périphérie et centralités*. L'Harmattan.
- Schmid, A. P. (2013). *The Routledge Handbook of Terrorism Research*. Routledge.
- Stockholm International Peace Research Institute [SIPRI] (2020). *SIPRI Yearbook 2020: Armaments, Disarmament and International Security*. Oxford Univ. Press.
- Thompson, J. (1986). Psychological Consequences of Disaster: Analogies for the Nuclear Case. In F. Solomon and R. Martson (Ed). *The Medical Implications of Nuclear War* (pp. 290-316). National Academy Press.
- Wellerstein, A. (2012). *NUKEMAP*. <https://nuclearsecrecy.com/nukemap/>