O GPS na guerra

Comodoro
Luís Nuno da Cunha Sardinha Monteiro

7 de Junho de 2006. Dois caças F-16 norte-americanos voam em missão de apoio a forças terrestres no Iraque, quando lhes é ordenado que ataquem um abrigo nos arredores de Baqouba, cerca de 50 km a nordeste de Bagdade, onde se suspeitava estar Abu Musab al-Zarqawi, o líder da al-Qaeda no Iraque. Os caças disparam duas munições: uma primeira com guiamento por GPS e uma outra com guiamento por laser. O abrigo é reduzido a escombros, provocando a morte do número um da al-Qaeda no Iraque e dando tradução no terreno a expressões como *guerra cirúrgica*, *guerra de precisão* e *bombas inteligentes*. Responsável máximo pelo surgimento destas expressões: o sistema de navegação por satélites GPS (*Global Positioning System*).

1. Introdução

> *"A missão deste programa é:*
> *1. Acertar com 5 bombas no mesmo buraco e*
> *2. Construir um dispositivo de guiamento barato (<10 000 USD)"* [1]
> Coronel Bradford Parkinson
> (Primeiro Director do Programa GPS)

O conflito no Iraque demonstrou aquilo que os últimos conflitos com participação de tropas americanas (primeira guerra do Golfo, em 1991, Bósnia, em 1995, Kosovo, em

1999, e Afeganistão, em 2001) já haviam evidenciado: a extraordinária precisão de acerto em alvos pré-definidos. O maior responsável por esta pontaria cirúrgica é o GPS - *Global Positioning System*.

O GPS é um sistema de radionavegação constituído por 24 satélites, que permitem determinar a posição com grande exactidão em qualquer parte do globo, a qualquer hora e com quaisquer condições atmosféricas. Embora tenha sido concebido com fins militares (permitir o guiamento preciso de mísseis balísticos), o GPS possuiu, desde a sua génese, dois níveis de serviço:

- um nível com melhor performance, disponível apenas aos utilizadores militares autorizados e denominado ***Precise Positioning Service***, com erros de muito poucos metros e grande robustez, traduzida em relativamente boa protecção contra empastelamento e transmissão dos sinais cifrados, para evitar utilização não autorizada;

- um nível com performance mais fraca, disponível a todos os utilizadores do GPS e conhecido por ***Standard Positioning Service***, que permite exactidões na ordem das poucas dezenas de metros.

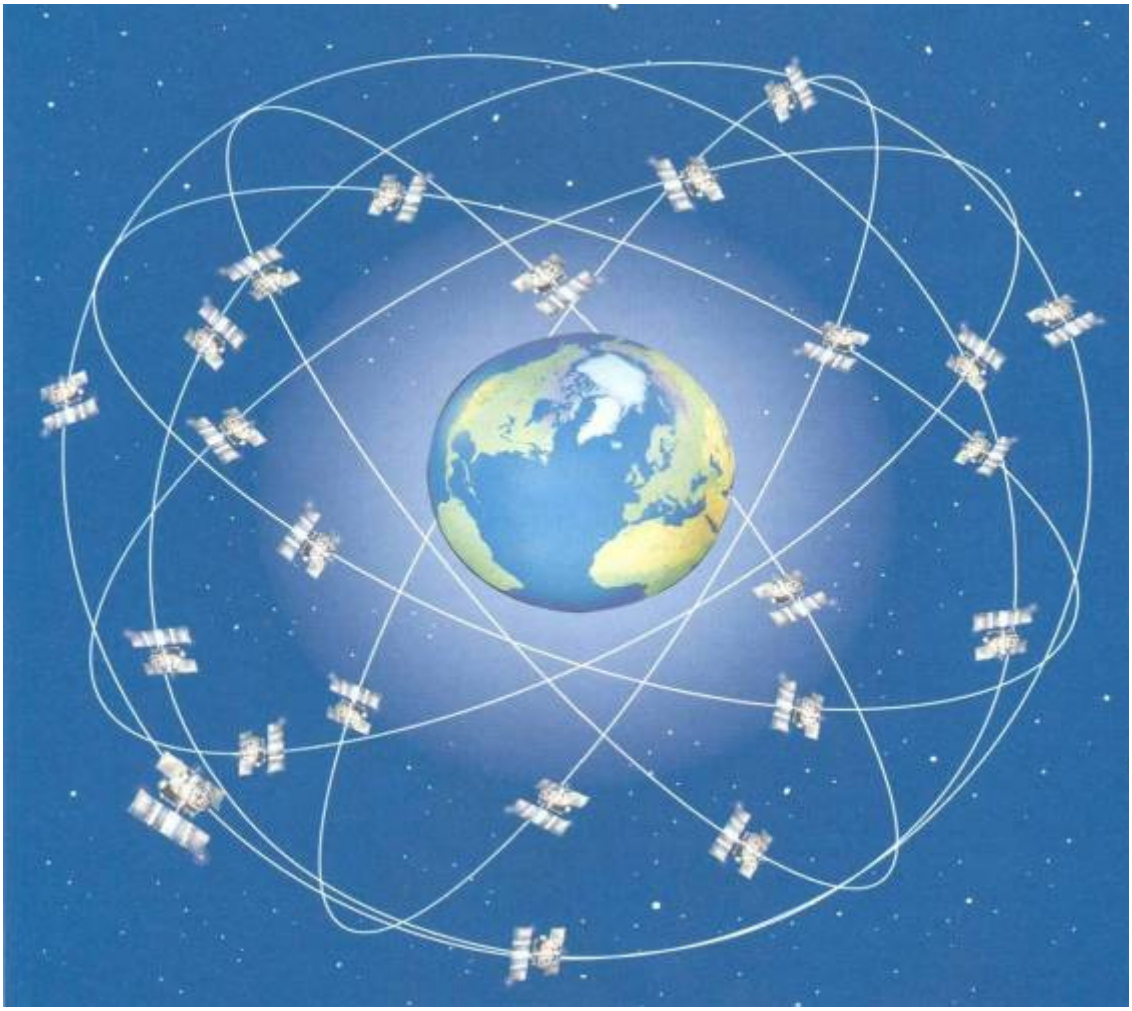

Figura 1 - Constelação de satélites GPS

Neste artigo, abordarei sobretudo a componente militar do GPS, pois é sobretudo essa que é empregue em teatros de operações militares e no guiamento preciso de mísseis e projécteis. Gostaria, também, de referir que, embora as matérias abordadas neste artigo sejam, de algum modo, sensíveis, toda a informação que avançarei é pública, tendo já sido abordada em revistas científicas e militares.

2. Utilização do GPS em conflitos recentes

> *"Milhares de projécteis desperdiçados para apanhar uma vida aqui, outra além"*[2]
> Major André Brun
> (Oficial do Exército português
> na Primeira Guerra Mundial)

Existem dois aspectos em que o GPS (a par das outras tecnologias de guiamento preciso de armas) tem tido um papel relevante: na redução do número de baixas civis e na redução de vítimas de fogo amigo.

A historiadora Barbara Tuchman estimou que todos os conflitos ocorridos no século XX terão morto cerca de 150 milhões de pessoas[3], sendo a grande maioria delas civis, não directamente envolvidos nas guerras. Essas mortes foram causadas em boa medida por inúmeras bombas que falharam os seus alvos, muitas vezes por margens lastimavelmente grandes, aumentando de forma significativa as baixas colaterais.

Tão lamentáveis como essas, são as vítimas do fogo amigo. Só os norte-americanos estimam ter perdido, por morte ou ferimentos graves, cerca de 250 000 soldados devido a fogo amigo, tomando apenas em consideração os conflitos do século XX[4].

Tanto uns números como os outros têm vindo a baixar de forma acentuada nos conflitos mais recentes, devido à melhor capacidade de acerto proporcionada por tecnologias como o guiamento por laser, o *Terrain Contour Matching* e, sobretudo, o GPS.

2.1. Primeira guerra do golfo (1991) e guerra da Bósnia (1995)

> *"A revolução nos assuntos militares está a conduzir a um tipo de guerra em que a distância não oferece protecção, em que qualquer alvo, se for*

encontrado, será destruído"[5]
Ian McLachlan
(ex-Ministro da Defesa da Austrália, em 1996)

Em 1991, durante a primeira guerra do Golfo, os EUA já possuíam alguns protótipos de bombas e de mísseis (designadamente *Tomahawk*) com guiamento por GPS. No entanto, a maioria dos projécteis disparados usavam guiamento por laser e a maioria dos mísseis usavam sistemas de *Terrain Contour Matching*.

Nos primeiros, é necessário um designador laser para iluminar o alvo, designador esse que pode ser a própria aeronave que está a efectuar o disparo ou outra com essa tarefa específica ou ainda forças terrestres. O feixe reflectido no alvo é depois detectado por uma célula na ogiva da munição, a qual envia um sinal ao sistema de controlo do míssil ou da bomba de modo a guiá-lo até ao alvo que está a ser iluminado.

Nos sistemas de *Terrain Contour Matching* o míssil determina a sua posição comparando continuamente os contornos do terreno sobre o qual se encontra com as curvas de nível previamente introduzidas, numa base de dados. Este método, além de ser pouco preciso, dificulta muito a tarefa dos decisores militares sempre que se escolhem novos alvos, pois pode obrigar a programar os contornos do terreno numa nova base de dados.

Quanto ao guiamento de munições por laser, revelou-se um sucesso no deserto, onde apenas eventuais tempestades de areia ou o fumo de alvos a arder nas proximidades podiam impedi-las de acertar exactamente no alvo, mas os conflitos seguintes, nos Balcãs, puseram a nu as limitações do guiamento por laser.

De qualquer maneira, a superioridade manifestada pelas armas de precisão usadas neste conflito (independentemente do seu tipo de guiamento) foi traduzida "no cálculo efectuado pelo Pentágono de que um único míssil largado durante a guerra do Golfo por um caça furtivo *Nighthawk* F-117A tinha uma eficácia estratégica equivalente ao resultado do despejo de 9 000 bombas pelos B-17 durante a Segunda Guerra Mundial, ou de 190 bombas dos B-52 durante a guerra do Vietname, com a vantagem de matar muito menos pessoas"[6].

Na Bósnia, em 1995, a maioria dos mísseis americanos já possuía guiamento por GPS, mas o mesmo não acontecia com as bombas que ainda eram maioritariamente guiadas por laser, tendo sido muito mais ineficientes nesse teatro de operações, não só devido a más condições atmosféricas e má visibilidade, mas também por os alvos estarem dissimulados e camuflados. Nessas situações, o guiamento por GPS apresentava vantagens significativas, pois a partir do momento em que fossem introduzidas na munição as coordenadas correctas do alvo, nem a má visibilidade nem a tentativa de camuflagem dos alvos podiam evitar o sucesso do disparo. A grande limitação das armas guiadas por GPS é o facto de só poderem ser utilizadas contra alvos parados, sendo sempre necessário, antes do disparo, obter as suas coordenadas.

Graças a essas potencialidades, as munições guiadas por GPS impuseram-se definitivamente na segunda metade da década de 90 e o primeiro ataque conduzido inteiramente com munições guiadas por GPS ocorreu a 3 e 4 de Setembro de 1996. Foi a operação *Desert Strike*, um raid ao Iraque em que quatro navios de superfície, um submarino e dois aviões B-52 lançaram 31 *Tomahawks* e 13 outros mísseis de cruzeiro sobre alvos iraquianos, como retaliação por ataques de forças iraquianas a rebeldes curdos[7].

Figura 2 - Cça F-16 largando uma munição guiada por GPS.

2.2. Guerra do Kosovo (1999)

> *"We will weather the weather, whatever the weather, whether we like it or not /*
> *Venceremos a meteorologia, qualquer que ela seja, quer gostemos quer não"*[8]
> Jamie Shea
> (Porta-voz da NATO, em 14 de Abril de 1999)

A maior singularidade do conflito no Kosovo deu pelo nome de *maskirovka*, que é a palavra eslava para decepção militar. "Tínhamos uma grande diversão: fazíamos falsos tanques de cartão e a NATO estava sempre a bombardeá-los" afirmou um militar jugoslavo anónimo ao jornal "The Times"[9]. De facto, a construção de alvos falsos dificultou bastante a utilização de bombas inteligentes e de mísseis, tanto dos que

possuíam guiamento por GPS como dos que possuíam guiamento por laser. Além disso, veio-se a saber que os Jugoslavos tinham construído pelo menos 13 falsos MiG-29, tendo ido ao pormenor de lhes esconder reflectores radar e geradores de calor, para aumentar as suas assinaturas radar e térmica, e de lhes instalar latas de gasolina e potes fumígenos, para aumentar a explosão e o fumo, caso fossem atingidos. Nessa altura, quando confrontado com as dúvidas sobre a veracidade do alvo, após visionamento do vídeo do ataque a um MiG 29, um alto responsável da Força Aérea americana comentou incrédulo: "se é um engodo, então eles estão a gastar muito dinheiro em engodos"[10].

Além da *maskirovka*, o conflito no Kosovo também se caracterizou pela prevalência de más condições atmosféricas e de fraca visibilidade, o que veio reforçar a valor acrescentado do guiamento por GPS relativamente ao guiamento por laser e levou a que o emprego de armas guiadas por GPS crescesse de forma exponencial.

No entanto, as técnicas de guiamento de armas, ao permitirem à plataforma lançadora efectuar o disparo a distâncias cada vez maiores - além de pouparem a aeronave ou o navio mãe a riscos desnecessários - vieram trazer uma pressão e uma exigência acrescidas ao trabalho dos serviços secretos na selecção e identificação dos alvos e na determinação da sua posição exacta.

Durante o conflito do Kosovo ocorreram dois trágicos incidentes, que foram bastante mediatizados e cujas causas mais profundas residem exactamente na má identificação dos alvos.

O primeiro caso ocorreu a 15 de Abril de 1999, quando um esquadrão de caças F-16 norte-americanos atacou com bombas guiadas por laser uma coluna de refugiados kosovares, que se deslocavam em tractores agrícolas, perto de Djakovica. A coluna tinha sido desafortunadamente identificada como sendo uma coluna de tanques sérvios. Como as bombas com guiamento por laser podem ser lançadas a grande altitude (15 000 pés de altitude, neste caso) sem comprometimento da missão, era virtualmente impossível aos pilotos remediar o erro fatal cometido na identificação dos alvos.

No entanto, acidentes destes não ocorrem só com o guiamento por laser. O guiamento por GPS obedece a outras premissas, pois implica que o alvo esteja parado e que se saiba a sua posição exacta, o que pode ser conseguido retirando essas coordenadas de um mapa, fotografia aérea ou imagem por satélite, ou então através de seres humanos no terreno, que reportem a posição dos alvos. No entanto, os erros também podem acontecer. Por exemplo, quando, a 7 de Maio de 1999, uma munição guiada por GPS destruiu a Embaixada da China em Belgrado (naquele que foi talvez o mais divulgado revés do guiamento por GPS) as coordenadas do alvo tinham sido retiradas de um mapa. Só que esse mapa datava de 1992, estando o edifício em causa identificado como um Quartel-General Sérvio, e a Embaixada da China mudara as suas instalações para o edifício atingido apenas em 1996...[11]. Na altura, um alto funcionário dos serviços secretos norte-americanos comentou: "*It was the right address applied to the wrong building*"[12]. O problema não terá residido, portanto, em falha no guiamento, antes num erro na

identificação do alvo. As armas guiadas por GPS dirigem-se a pontos de coordenadas precisas, sem terem, obviamente, capacidade para avaliar o que é que estão a destruir: a "missão" do GPS é levá-las a acertar num ponto preciso. No entanto, o ser humano continuará sempre a cometer erros e a tomar decisões erradas, sobretudo quando sob a enorme pressão do combate.

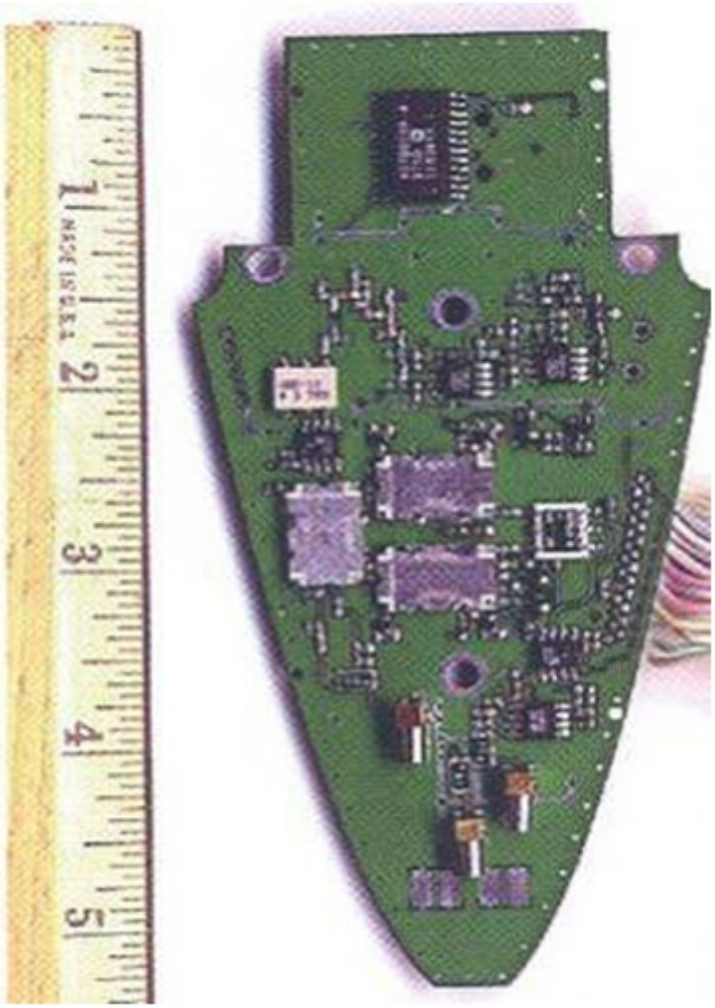

Figura 3 - Kit para bombas inteligentes de 5 polegadas (fonte: American Nucleonics Corporation).

Apesar destes revezes, a NATO revelou que durante o conflito no Kosovo, 99,6% dos cerca de 20 000 mísseis ou bombas utilizados acertaram no alvo, o que significa, que apesar das dificuldades apenas 80 projécteis terão falhado o respectivo alvo[13]. Admite-se, no entanto, que a taxa de 99,6% inclua o acerto em alguns alvos falsos...

2.3. Guerras do Afeganistão (2001) e do Iraque (2005)

> *"As armas preferidas durante a campanha aérea no Kosovo foram as guiadas por GPS. No próximo conflito, elas constituirão 100% das armas usadas"*[14]
> Gen. Lester Lyles
> (Vice-Chefe do Estado-Maior da Força Aérea americana)

No Afeganistão, o peso dos mísseis e bombas inteligentes acentuou-se de tal maneira que cerca de 95% dos projécteis lançados durante este conflito usavam alguma forma de guiamento inteligente. Isto representou uma evolução extraordinária, pois passou-se de 6% de munições com guiamento de precisão (na primeira guerra do Golfo) para 95% em apenas uma década[15].

No entanto, uma das lições aprendidas no Kosovo tinha sido a grande mais-valia do guiamento por GPS, relativamente ao guiamento laser, pois este além do problema engodos, também era ineficaz com má visibilidade, como era frequente acontecer nesse território da ex-Jugoslávia. Isso levou as Forças Armadas norte-americanas a iniciarem um programa massivo de conversão de munições, instalando-lhes receptores GPS[16] e no Afeganistão foram estas bombas as maioritariamente usadas. O Departamento de Defesa americano estimou ter lançado 3 000 munições guiadas por GPS em cada mês, durante esse conflito[17].

Os micro-receptores GPS instalados nessas munições suportam acelerações 15 000 vezes superiores à aceleração da gravidade e aguentam até 20 anos num paiol de munições, só com uma pilha de 3,3 Volt. Antes de serem disparadas, são colocadas numa estação de inicialização, que lhes transfere, entre outras informações, a posição do alvo, em menos de 2 segundos[18].

Relativamente ao conflito no Iraque, ainda há poucos dados sobre a quantidade e percentagem de munições com guiamento por GPS empregues, embora não restem dúvidas do papel crescentemente importante que o GPS está a desempenhar no teatro de operações, como o prova a morte do líder da Al-Qaeda no Iraque, descrita na epígrafe deste artigo.

Figura 4 - Esconderijo de Al-Zarqawi após o ataque de 7 de Junho de 2006

2.4. Outras aplicações militares do GPS

"O GPS é um vencedor de guerras"[19]
Gen Peter de la Billière
(Comandante das forças britânicas
na primeira guerra do Golfo)

Apesar de até agora ter focado sobretudo a utilização do GPS em mísseis e outras munições, as aplicações militares do GPS estendem-se muito para além disso, já que o GPS tem potencial para cumprir os requisitos de navegação de todas as missões militares, tanto navais, como aéreas ou terrestres. O GPS, ao providenciar informação extremamente exacta de posição, velocidade e tempo, permite um cumprimento mais eficiente das missões. Além disso, o GPS é aquilo que, na terminologia NATO, se designa por *force multiplier* ou *force enhancer*, que se pode traduzir como multiplicador de força, pois além da melhoria das missões individuais, permite executar operações combinadas ou conjuntas com uma flexibilidade e uma precisão que, antes do GPS, não eram possíveis. Os factores que mais contribuem para essa melhoria são a grade de referência comum e a informação de tempo altamente exacta, proporcionadas pelo GPS, que permitem melhorar imenso as capacidades C3I (Comando, Controlo, Comunicações e

Informações) das forças aliadas.

O papel do GPS num teatro de operações é, portanto, cada vez mais relevante. Daí advém a importância de conhecer e tentar ultrapassar as vulnerabilidades do sistema GPS num teatro de operações, pois em caso de conflito qualquer inimigo procurará, sobretudo, explorar essas fraquezas. No entanto, a identificação das vulnerabilidades do GPS não é tarefa fácil porque o GPS é um sistema extraordinariamente evoluído e possui poucas fraquezas, sobretudo para os utilizadores militares. De qualquer maneira, para tentar perceber essas vulnerabilidades é necessário abordar primeiro algumas características dos sinais GPS.

3. Alguns conceitos de GPS

Os sinais transmitidos pelos satélites são extremamente fracos, sendo designados por ruído pseudo-aleatório (*pseudo-random noise*), já que se confundem com o ruído atmosférico de fundo. Esses sinais chegam à superfície da Terra com uma potência de 5 X 10-17 W, que é um valor incrivelmente baixo (biliões de vezes mais fraco que os sinais de televisão). Como medida de comparação, podemos dizer que corresponde à luz que veríamos de uma lâmpada de 25 W se ela estivesse colocada a uma distância igual à altitude dos satélites: 20 200 km[20].

No entanto, embora os sinais transmitidos pelos satélites sejam extremamente fracos, sendo vulneráveis a interferências não intencionais e sobretudo ao empastelamento deliberado (*jamming*), o GPS é o primeiro sistema de radionavegação cujo sinal tem propriedades anti-empastelamento. Isso consegue-se espalhando os sinais GPS por uma banda de frequências alargada, através de uma técnica designada por *spread spectrum*, que aumenta significativamente a resistência a interferências e empastelamento, pois este para ser efectivo terá que se espalhar por uma banda de frequências muito larga.

De qualquer maneira, a vulnerabilidade ao empastelamento é a maior fraqueza do sistema, sobretudo num teatro de operações, pelo que abordarei esse assunto, com maior detalhe, mais à frente.

Antes disso, importa discutir brevemente outra ameaça ao GPS: a mistificação (*spoofing*). No caso do GPS, a mistificação consistirá em pôr no ar um sinal semelhante ao dos satélites de tal forma que os receptores adquiram esse sinal falso e sejam, a pouco e pouco, levados a desviarem-se da sua trajectória. Embora seja muito difícil fazê-lo, as consequências da mistificação podem ser muito mais gravosas do que as do empastelamento, pois os utilizadores GPS não têm a noção de que algo de errado possa estar a acontecer. Actualmente, não há conhecimento da existência de aparelhos mistificadores (*spoofers*) do GPS, até porque os receptores GPS militares estão bastante bem protegidos contra a mistificação inimiga, visto o sinal militar do GPS ser cifrado.

4. Vulnerabilidade do GPS ao empastelamento

> *"O Iraque sabe que os mísseis não ganham uma guerra. Sabemos as suas capacidades e também as suas limitações"*[21]
> Tarek Aziz
> (ex-Ministro dos Negócios Estrangeiros iraquiano,
> numa reunião com um representante da ONU,
> em 19 de Junho de 1996, após o Iraque ter recusado
> a inspecção a 3 instalações da Guarda Republicana)

Um relatório encomendado pelo Governo americano, concluído em Agosto de 2001, apresenta alguns dados preocupantes. Segundo esse relatório, um empastelador aero-transportado de apenas 1 W (semelhante ao apresentado na figura 5) poderá afectar todos os receptores GPS civis numa área com um raio de aproximadamente 350 Km, pois os equipamentos civis possuem muito pouca protecção contra empastelamento: basta um sinal de 10-12 W (20 000 vezes superior ao muito fraco sinal dos satélites) para empastelar um receptor civil. Empasteladores destes, com potências entre 1 W e 100 W, podem custar menos de 1 000 Euros[22]. Para agravar a situação, já existe na *internet* informação disponível sobre técnicas e aparelhos capazes de empastelar o GPS...

Figura 5 - Imagem de um empastelador de GPS de 1 W (Como comparação, apresenta-se ao lado do empastelador uma lata de *Nestea*).

De qualquer maneira, importa referir que o código militar do GPS possui uma largura de banda 10 vezes superior à do código civil, o que dificulta imenso a eficácia de qualquer empastelador que tem de espalhar o seu sinal por uma banda de frequências alargada. Além disso, os receptores GPS militares estão melhor protegidos para resistir ao empastelamento do que os receptores civis. Para empastelar um receptor GPS militar (como os usados nas bombas inteligentes e nos mísseis) é necessário que o sinal do empastelador chegue à antena GPS com um nível 200 000 vezes superior ao sinal dos

satélites recebido na antena (o que não é difícil, considerando a reduzida intensidade do sinal dos satélites) e se espalhe por uma banda de frequências com uma largura de 20,46 MHz.

No entanto, apesar da dificuldade em empastelar o código militar do GPS, uma companhia Russa apresentou, no "*Paris Air Show*" de 1999, um empastelador portátil de 8 W (ver figura 6), anunciado como sendo capaz de empastelar tanto o código civil como o militar. Os vendedores da firma *Aviaconversiya Ltd*, afirmavam que este equipamento, bastante leve e pequeno (3 kg e 12X19X7 cm), conseguiria alcances de empastelamento de várias centenas de km, desde que estivesse à vista do receptor GPS vítima, sendo capaz de impedir um míssil *Tomahawk* de acertar no alvo. Este equipamento estava à venda, para quem o quisesse comprar, por pouco mais de 50 000 Euros[23]. Tanto quanto foi possível perceber pelas notícias que foram veiculadas pela comunicação social, as forças armadas do Iraque dispunham destes equipamentos e foi a eles que o governo americano se estava a referir quando apresentou um protesto diplomático à Rússia, acusando firmas desse país de terem vendido aos iraquianos equipamentos capazes de desviar os mísseis aliados.

Figura 6 - Empastelador portátil de GPS de fabrico russo.

No entanto, é necessário dizer que, da mesma forma que têm sido desenvolvidos equipamentos para impedir a utilização do GPS num teatro de operações, também os americanos têm vindo a desenvolver formas de lidar com essa ameaça. Para já são conhecidas duas técnicas que permitem aumentar muito significativamente a resistência ao empastelamento: utilização de antenas especiais que rejeitam os sinais dos empasteladores e emprego de filtros especiais nos receptores GPS, tanto militares como civis.

As antenas usadas para mitigar o empastelamento têm a capacidade de reduzir o ganho

na direcção do empastelamento, sendo bastante eficazes perante empasteladores fixos. Estas antenas são adequadas para aviões e navios, mas não para projécteis, onde é mais aconselhável usar filtros.

No tocante a estes, existem vários tipos de filtros para rejeitar sinais indesejados de empastelamento (filtros de frequência, filtros temporais e filtros espaciais), mas os mais usados nos projécteis são os filtros temporais. Estes filtros manipulam as características do sinal no domínio do tempo, conseguindo rejeitar sinais de banda estreita e, mesmo, sinais ágeis em frequência (provenientes de empasteladores que têm a capacidade de fazer saltos na frequência)[24]. Esta técnica permite rejeitar parcialmente sinais de empastelamento na mesma frequência do GPS, dado converter os sinais para o domínio do tempo e trabalhar nesse domínio.

Apesar do grande esforço que tem vindo a ser feito no sentido de desenvolver antenas, filtros e circuitos anti-empastelamento, a melhor solução para manter a operacionalidade no ambiente saturado e hostil de um teatro de operações consiste num sistema integrado que combine um receptor GPS e um sistema de navegação inercial. A combinação desses dois sistemas de navegação é efectuada de tal forma que quando o GPS estiver a fornecer informação de confiança, a plataforma utiliza a solução de navegação determinada pelo receptor GPS, quando este estiver a ser empastelado, a navegação ficará a cargo do sistema de navegação inercial.

No caso do GPS, o erro da posição é independente da duração da missão, isto é, mesmo que a missão seja bastante longa os erros cometidos pelo GPS mantêm-se dentro da mesma ordem de grandeza. Já no sistema de navegação inercial, os erros tendem a aumentar, tanto com o movimento do utilizador como com a duração da missão. No entanto, o sistema inercial tem sobre o GPS a vantagem de ser completamente imune a qualquer forma de empastelamento, pois trata-se de um sistema de navegação autónomo. A integração dos dois resulta num sistema de navegação eficaz em qualquer situação e capaz de garantir um rigor bastante superior ao conseguido com cada um deles separada e individualmente. Desta forma, podemos dizer que estes dois sistemas se complementam quase na perfeição: aquilo em que o GPS é mais vulnerável (empastelamento), não afecta minimamente o sistema de navegação inercial, enquanto que o maior problema deste (degradação do rigor posicional com o tempo) não afecta, de modo algum, o GPS.

Atentas a esta realidade, as Forças Armadas norte-americanas têm vindo a equipar os seus mísseis e projécteis com sistemas integrados (GPS mais sistema inercial de navegação). Por exemplo, os mísseis *Tomahawk* possuem todos, além do guiamento por GPS, um sistema inercial complementar. Outros mísseis que ainda não dispõem dessa capacidade estão a ser convertidos.

Face ao que já foi dito, é perfeitamente natural que num teatro de operações sejam empregues empasteladores de GPS para dificultar o guiamento preciso de munições e armas. No entanto, se é de admitir alguma eficácia perante as bombas inteligentes, já o mesmo não se passará quando tentarem empastelar um míssil. A grande largura de

banda do código militar garante aos receptores instalados em projécteis uma boa imunidade ao empastelamento, a qual ainda poderá aumentar com a adição de filtros ou circuitos anti-empastelamento[25]. Se, além de tudo isto, o receptor GPS do projéctil ou míssil estiver integrado com um sistema inercial de navegação, então as probabilidades de haver problemas serão ainda mais reduzidas. Desta forma, será muito difícil que um empastelador como o da firma Russa *Aviaconversiya* consiga ser eficaz contra um míssil *Tomahawk*. E mesmo que o empastelamento seja eficaz, o que poderá acontecer é o guiamento reverter para o sistema inercial, levando o míssil a acertar a uma dezena ou vintena de metros de distância da posição prevista.

Já no tocante às bombas inteligentes, ainda são poucas as que possuem um sistema inercial de navegação, pelo que é de admitir que elas possam ser afectadas por empasteladores. Nesse caso, o resultado do empastelamento poderá ser a munição acertar numa posição diferente da prevista e, eventualmente, contribuir para o aumento dos danos colaterais.

De qualquer maneira, não tenhamos dúvidas de que este jogo do gato e do rato, em que um contendor procura optimizar a precisão do guiamento das suas armas e o outro contendor tenta confundir as bombas inteligentes e os mísseis inimigos, vai ser uma constante nos conflitos do futuro.

5. Conclusão

> *"Todas as nações planeiam, de uma forma ou de outra, usar os sinais do GPS"*[26]
> Coronel Michael Wiedemer
> (ex-Director do Programa GPS)

Tenho sérias dúvidas de que, desde o aparecimento das armas nucleares, alguma tecnologia tenha tido um impacto tão grande nas operações militares como o GPS. O GPS é em grande medida responsável por aquilo que os analistas designaram como a *revolução nos assuntos militares* ocorrida nos últimos anos. O GPS está na génese de profundas alterações na maneira de combater, dando lugar àquilo que Alvin Toffler chamou as guerras da terceira vaga ou as guerras pós-modernas[27]. Nestas, adopta-se o princípio de tentar paralisar o oponente através de impactos certeiros nas suas infra-estruturas essenciais, em vez de proceder a bombardeamentos maciços, como os que ficaram tristemente célebres na Segunda Guerra Mundial e na Guerra do Vietname.

Além disso, numa sociedade cada vez mais mediatizada, esta forma de conduzir a guerra tem ainda a vantagem de reduzir o número de imagens chocantes de civis atingidos, evitando ferir a opinião pública. Não obstante, situações como as acima descritas de Djakovica e da embaixada Chinesa continuarão a acontecer, pois antes do disparo de um míssil ou de uma bomba está a escolha e a selecção de alvos, processo extremamente

sensível e susceptível ao erro, sobretudo quando sob a enorme pressão do combate.

As armas guiadas por GPS (ou por outra forma de guiamento) dirigem-se a pontos de coordenadas precisas, sem terem, obviamente, capacidade para avaliar o que é que estão a destruir: a "missão" do GPS é levá-las a acertar num ponto preciso. E mesmo nos casos em que a selecção e a identificação do alvo tenham sido bem efectuadas é preciso não esquecer que - apesar de tecnologicamente muito avançadas - as bombas e os mísseis continuam a ser constituídos por grandes quantidades de explosivos. E apesar da sua precisão cirúrgica, com erros que podem não ultrapassar o metro, as explosões por si provocadas devastam áreas que não se circunscrevem a valores dessa ordem de grandeza, pelo que por mais precisas que sejam as munições continuará sempre a haver danos colaterais (sobretudo se os alvos militares estiverem colocados junto a áreas residenciais ou comerciais...).

Referências

BILLIÈRE, Gen. Sir Peter de la, "Storm Command: A Personal Account of the Gulf War", Harper Collins, 1992.

BRUN, Major André, "A malta das trincheiras", Guimarães & Cª Editores, 1923.

Casabona, Mario M., "Countering GPS Jamming", Journal of Electronic Defense (www.jedonline.com), August 1999.

Casabona, Mario M., Rosen, Murray W., "Discussion of GPS Anti-jam Technology", www.ericorp.com, 18/11/1999.

COZZENS, Tracy, "Make every shot count - JDAM tail kit takes out terrorist", Revista "GPS World", August 2006, p. 34-35.

Gershanoff, H., "Russian GPS Jammer Introduced", Journal of Electronic Defense (www.jedonline.com), August 1999.

GIBBONS, Glen, "Why war, precisely?", Revista "Inside GNSS", July/August 2006, p. 12.

HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001.

HERSKOVITZ, Don, "GPS Insurance - Antijamming the system", Journal of Electronic Defense, December 2000, p.p. 41-45.

HOFFMAN, Tech. Sgt T., "Vice Chief Cites Importance of Space", Air Force Space Command Public Affairs, 1 September 1999.

John A. Volpe National Transportation Systems Center, "Vulnerability assessment of the transport infrastructure relying on the Global Positioning System - Final report", 29 August 2001.

MADDOX, B., "The 80 days of war", The Times (Londres), 15 July 1999.

MONTEIRO, Nuno Sardinha, "A precisão das novas armas", Revista da Armada, N.º 364, Maio 2003, p. 12 a 14.

MONTEIRO, Nuno Sardinha, "Mísseis e bombas inteligentes", Revista de Marinha, N.º 914, Junho/Julho 2003, p. 10 a 12.

MORGAN, Tom, "GPS and the revolution in military affairs", Jane's Defence Weekly, Vol.

37, Issue n.º 10, 6 March 2002.
NAVSTAR - GPS JOINT PROGRAM OFFICE, "NAVSTAR GPS User Equipment - Introduction", February 1991.
PARKINSON, Bradford, "A history of satellite navigation", Navigation: Journal of the Institute of Navigation, Spring 1995, Vol. 42, N.º 1.
Ritter, Scott, "Endgame: Solving the Iraqui problem - once and for all", Simon & Schuster, 1999.
SANTOS, José Rodrigues dos, "A verdade da guerra", Gradiva, 3ª edição, Novembro de 2002.
TOFFLER, Alvin e Heidi, "Guerra e antiguerra", Livros do Brasil, SA, 1994.
WELLS, Lawrence L., "The Projectile Challenge For GPS Guidance", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001.
WHITFORD, Marty, "Friend or Foe?", Revista "GPS World", February 2005, p. 14-19.
"Interview: Ian McLachlan, Australian Minister for Defence", Jane's Defence Weekly, 7 August 1996, p. 40.
"Smart weapons", The Quarterly Newsletter of The Institute of Navigation, Volume 10, Number 1, Spring 2000, p. 7.

---

* Master of Science in Navigation Technology, Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy, Universidade de Nottingham, Reino Unido. Doctor of Philosophy, Institute of Engineering Surveying and Space Geodesy, Universidade de Nottingham, Reino Unido. Actualmente colocado na Escola Naval.

---

1 PARKINSON, Bradford, "A history of satellite navigation", Navigation: Journal of the Institute of Navigation, Spring 1995, Vol. 42, N.º 1, p.138.
2 BRUN, André, "A malta das trincheiras", Guimarães & Cª Editores, 1923, p. 39.
3 MORGAN, Tom, "GPS and the revolution in military affairs", Jane's Defence Weekly, Vol. 37, Issue n.º 10, 6 March 2002, p.23.
4 WHITFORD, Marty, "Friend or Foe?", Revista "GPS World", February 2005, p. 14.
5 "Interview: Ian McLachlan, Australian Minister for Defence", Jane's Defence Weekly, 7 August 1996, p. 40.
6 SANTOS, José Rodrigues dos, "A verdade da guerra", Gradiva, 3ª edição, Novembro de 2002, p. 225.
7 HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001, p. 2414.
8 HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001, p. 2409.
9 MADDOX, B., "The 80 days of war", The Times (Londres), 15 July 1999.
10 HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001, p. 2411.
11 HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001, p. 2411 e 2412.

12 HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001, p. 2411.
13 SANTOS, José Rodrigues dos, "A verdade da guerra", Gradiva, 3ª edição, Novembro de 2002, p. 226.
14 HOFFMAN, Tech. Sgt T., "Vice Chief Cites Importance of Space", Air Force Space Command Public Affairs, 1 September 1999.
15 SANTOS, José Rodrigues dos, "A verdade da guerra", Gradiva, 3ª edição, Novembro de 2002, p. 225.
16 "Smart weapons", The Quarterly Newsletter of The Institute of Navigation, Volume 10, Number 1, Spring 2000, p. 7.
17 MORGAN, Tom, "GPS and the revolution in military affairs", Janes Defence Weekly, Vol. 37, Issue n.º 10, 6 March 2002, p. 25.
18 WELLS, Lawrence L., "The Projectile Challenge For GPS Guidance", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001.
19 BILLIÈRE, Gen. Sir Peter de la, "Storm Command: A Personal Account of the Gulf War", Harper Collins, 1992, p. 348.
20 HERSKOVITZ, Don, "GPS Insurance - Antijamming the system", Journal of Electronic Defense, December 2000, p. 44.
21 Ritter, Scott, "Endgame: Solving the Iraqui problem - once and for all", Simon & Schuster, 1999, p.141.
22 John A. Volpe National Transportation Systems Center, "Vulnerability assessment of the transport infrastructure relying on the Global Positioning System - Final report", 29 August 2001.
23 Gershanoff, H., "Russian GPS Jammer Introduced", Journal of Electronic Defense (www.jedonline.com), August 1999.
24 Casabona, Mario M., Rosen, Murray W., "Discussion of GPS Anti-jam Technology", www.ericorp.com, 18/11/1999.
25 Casabona, Mario M., "Countering GPS Jamming", Journal of Electronic Defense (www.jedonline.com), August 1999.
26 HASIK, James, RIP, Michael, "GPS at war: A ten-year retrospective", Proceedings of ION GPS 2001 Technical Meeting, Salt Lake City, 11-14 September 2001, p. 2413.
27 TOFFLER, Alvin e Heidi, "Guerra e antiguerra", Livros do Brasil, SA, 1994, p. 80.