

O impacto da Meteorologia Espacial na implementação de novas tecnologias

Dário Passos

CENTRA - Centro Multidisciplinar de Astrofísica

Dep. Física, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais 1, 1049-001 Lisboa

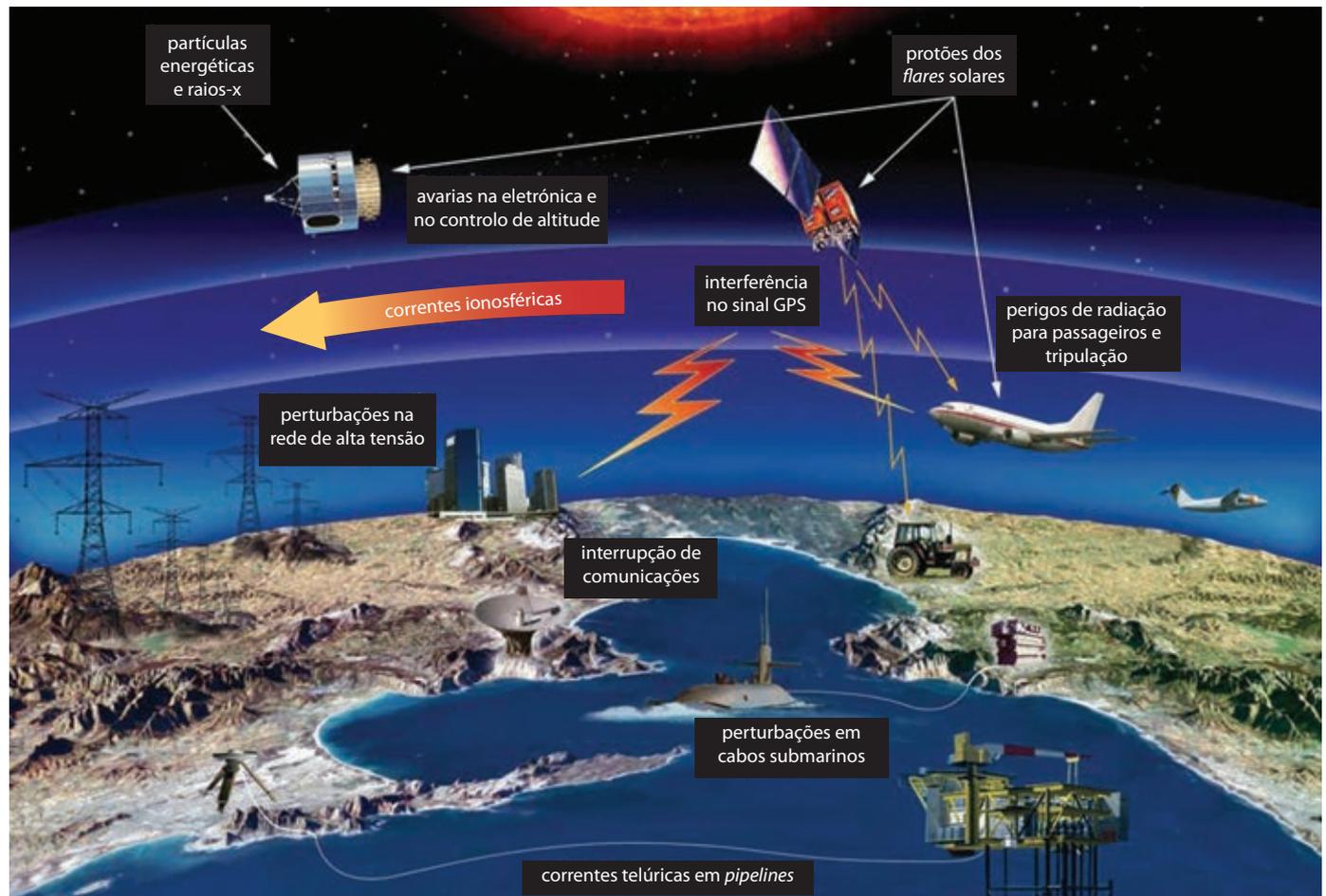
Dep. Física, Universidade do Algarve - Campus de Gambelas, 8005-139 Faro

dariopassos@ist.utl.pt

<https://centra.tecnico.ulisboa.pt/~dario/>

O “Futuro” aproxima-se a passos largos e, embora este traga consigo desenvolvimentos excitantes, está repleto de fragilidades que passam muitas vezes despercebidas a grande parte da população. O passo ao qual a tecnologia evolui é estonteante, mas talvez mais importante do que o passo de desenvolvimento é a crescente capacidade de adoção dessas tecnologias. Enquanto que há 50 anos atrás havia um intervalo considerável entre a apresentação de uma nova tecnologia e a sua adoção em massa, hoje em

dia esse intervalo é substancialmente menor. Para termos uma noção desta aceleração, podemos comparar duas tecnologias que revolucionaram o mundo: o telefone e a internet. O telefone foi desenvolvido em meados de 1850, mas só passou a estar disponível em 50 % dos lares norte-americanos cerca de 100 anos depois. Em contraste, a internet, que apareceu por volta de 1990, precisou apenas de uma década para atingir



os mesmos níveis de adoção. E a tendência é que este intervalo seja ainda menor no futuro. Isto implica menos tempo para estudar o impacto destas tecnologias na sociedade, assim como as suas possíveis fragilidades.

Hoje em dia, o grande tema de atualidade na grande maioria dos *websites* e blogs de tecnologia e informática é a inteligência artificial (AI, de *Artificial Intelligence*). Não só se fala da AI diretamente, mas sim de tudo aquilo que esta tecnologia revolucionária vai possibilitar: desde carros que conduzam sozinhos, até uma omnipresença da internet através de redes IoT (*Internet of Things*). Segundo a opinião de vários visionários e analistas, estas duas tecnologias em particular terão um impacto profundo na nossa sociedade a curto e médio prazo.

Dois pontos fundamentais sobre os quais estas tecnologias assentam são a geolocalização e a troca de enormes quantidades de informação com sistemas de administração centrais que gerem os processos. Para isso, é necessário assegurar a estabilidade e qualidade dos canais de comunicação, assim como o acesso a um posicionamento exato através de sistemas de posicionamento global (GNSS, de *Global Navigation Satellite System*) que inclui contribuições de vários subsistemas: GPS (EUA), GLONASS (Rússia), Galileo (UE) e Beidou (China).

Nas últimas décadas, a comunidade científica tomou consciência de um novo tipo de ameaça a que esses ativos tecnológicos estão sujeitos, uma ameaça que vem do espaço. As chamadas tempestades geomagnéticas – uma das possíveis manifestações da Meteorologia Espacial ou *Space Weather* (SW) – têm a capacidade de provocar avarias em satélites e interromper as comunicações globais, sobrecarregar a rede de distribuição de energia elétrica (alta e média tensão) causando graves apagões sobre vastas regiões, induzir correntes elétricas perigosas em oleodutos e outras condutas metálicas, acelerando a sua deterioração, submeter passageiros e tripulantes de linhas aéreas a elevadas doses de radiação e até mesmo pôr em perigo a vida de astronautas e futuros turistas espaciais.

Estas tempestades têm como origem fenómenos relacionados com o campo magnético do Sol. Fulgurações e ejeções de massa coronal na superfície do Sol liberam para o espaço enormes quantidades de radiação eletromagnética e partículas carregadas de elevada energia que, quando dirigidas na direção da Terra, podem causar todos os problemas acima mencionados.

Os perigos associados ao SW traduzem-se em danos que podem facilmente ascender aos milhões de euros [1] e, por isso, a sua quantificação é importante na avaliação de riscos para a saúde das populações e de riscos financeiros. Num futuro próximo, onde as tecnologias referidas inicialmente estarão já adotadas em massa, é de esperar que estes montantes sejam ainda superiores.

A dimensão deste problema é amplamente reconhecida a nível internacional, o que levou as Nações Unidas, através do programa COPUOS (*Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*), a estabelecer um comité dedicado ao *Space Weather*. Os EUA já há vários anos que dedicam diversos recursos a este tema e, no entanto, a importância do mesmo voltou a ser salientada recentemente num relatório do National Research Council [2], o que levou à constituição de um painel governamental estado-unidense especialmente criado para criar e coordenar um plano nacional de mitigação de problemas causados por eventos extremos de SW [3]. A UE, através da Agência Espacial Europeia (ESA), no Conselho Ministerial da ESA de 2008, estabeleceu a área do SW como sendo uma área de investigação fundamental que permitirá a Europa enfrentar novos desafios globais. Com este fim, a ESA criou o programa *Space Situational Awareness* (SSA), que em 2012 foi revisto e prorrogado até 2019 com o intuito de estimular áreas de investigação associadas. Adicionalmente, uma vez que a UE definiu a “exploração espacial” como um meio para motivar e impulsionar o desenvolvimento tecnológico na Europa, tudo o que puder afetar as condições no espaço, tecnologia espacial e atividades humanas em futuras missões espaciais (turismo espacial inclusive) torna-se um tema de investigação importante. Isto cria também um espaço interessante para empresas que trabalhem na área do aeroespacial e poderá eventualmente levar à criação de oportunidades de negócio neste ramo através da especialização inteligente e do aumento de recursos dedicados a este tema.

Normalmente, a temática do SW é apresentada como tema de investigação relevante apenas para países que estão situados a latitudes elevadas (como por exemplo Canadá, Finlândia, Reino Unido) ou em países que possuem programas espaciais avançados (ex. EUA ou Japão). Devido à configuração do campo magnético terrestre, as regiões do globo que se encontram mais perto dos polos são as mais suscetíveis a fenómenos de SW. No entanto, isso não quer dizer que países situados a latitudes médias/baixas não sejam afetados por esses fenómenos, especialmente no que toca a serviços dependentes da cobertura de GPS e telecomunicações. Embora este problema já tenha sido identificado há alguns anos, com especial relevância para a indústria aeronáutica, a verdade é que investigação fundamental sobre os possíveis efeitos do SW a latitudes como as da Península Ibérica são praticamente inexistentes.

Em termos de SW, o fenómeno mais facilmente identificável

e mais inócuo são sem dúvida as auroras. Este tipo de avistamento tem uma maior visibilidade a latitudes da ordem dos 50° nos EUA e dos 65° no norte da Península Escandinava, uma vez que os polos magnéticos não são coincidentes com os polos geográficos da Terra. O aparecimento de auroras em latitudes mais baixas não é frequente e costuma estar associado a tempestades solares intensas, mesmo durante períodos de atividade solar relativamente baixa [4]. Estas auroras são normalmente avermelhadas e difusas, como resultado da interação entre eletrões de baixa energia (inferior a 100 eV) e os átomos de oxigénio da nossa atmosfera, dando origem à emissão de fótons com comprimentos de onda da ordem dos 630 nm (emissão OI). As altitudes típicas a que ocorrem situam-se entre os 250 km e os 400 km [5].

Em Portugal continental, existem diversos registos de observações de auroras no passado. As Refs. [6,7] documentam várias observações efetuadas na área de Lisboa nos finais do século XVIII. Vários exemplos de observações já durante o século XIX e XX podem também ser encontrados na compilação da Ref. [8]. Para além do avistamento de auroras, existem outros exemplos mais recentes dos possíveis impactos de SW a latitudes médias. Um dos exemplos a destacar é o da avaria de 15 transformadores elétricos na rede de alta/média tensão da África do Sul em 2003, causada por uma tempestade solar [9]. Existem também inúmeros relatos de perdas de sinal GPS e interferências nas comunicações rádio em vastas regiões de países a baixas latitudes. Portugal não é exceção principalmente devido à sua posição precária no limite periférico do EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*). Este sistema europeu foi criado para melhorar a precisão dos sinais de navegação por satélite e Portugal está no limite de cobertura do mesmo, tornando assim o nosso país mais vulnerável a possíveis problemas de cobertura. Isto poderá ter impacto na avaliação do risco associado a algumas destas tecnologias e condicionar a sua introdução em Portugal. Mais investigação precisa-se!

Bibliografia

1. *Severe Space Weather Events: Understanding Societal and Economic Impacts - A Workshop Report*, Committee on the Societal and Economic Impacts of Severe Space Weather Events: A Workshop, National Research Council (2008).
2. *Solar and Space Physics: A Science for a Technological Society*, Committee on a Decadal Strategy for Solar and Space Physics (Helio-physics); Space Studies Board; Aeronautics and Space Engineering Board; Division of Earth and Physical Sciences; National Research Council (2012).
3. <http://go.wh.gov/cujqDU>
4. S. M. Silverman, "Sporadic auroras", *Journal of Geophysical Research (Space Physics)* 108, 8011 (2003).
5. S. M. Silverman, "Early auroral observations", *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics* 60, 997-1006 (1998).
6. J. M. Vaquero, M. C. Gallego, e J. A. Garcia, "Auroras observed in the Iberian Peninsula (1700-1855) from Rico Sinobas catalogue", *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 65, 677-682 (2003).
7. J. M. Vaquero, e R. M. Trigo, "Auroras observed in Portugal in late 18th century obtained from printed and manuscript meteorological observations", *Solar Physics* 231, 157-166 (2005).
8. A. P. S. Correia, J. R. Ribeiro, Casa das Ciências (2011) <http://www.casadasciencias.org/cc/redindex.php?idart=303&gid=35840710>
9. J. A. Marusek, "Solar Storm Threat Analysis", *Impact* (2007) <http://www.breadandbutter-science.com/SSTA.pdf>



Dário Passos licenciou-se em Eng. Física Tecnológica na Universidade do Algarve e fez o doutoramento em Física no Instituto Superior Técnico em Lisboa. Fez pós-doutoramentos em Astrofísica na Universidade de Évora, Universidade de Montreal no Canadá e no Instituto Superior Técnico, onde trabalha na área da Física Solar no CENTRA. Desenvolve modelos de convecção e campo magnético do Sol com aplicações ao *Space Weather*, evolução estelar e previsão da atividade solar.