

# Comunicação Satélite-Terra

26 DE NOVEMBRO DE 2019

## VOCE JÁ SE PERGUNTOU...

*...Por que a recepção do GPS fica ruim em um dia nublado? Por que tempestades atrapalham o sinal da televisão por satélite? Estes problemas são devido à atenuação de ondas eletromagnéticas em meios materiais, e este é um aspecto importante do funcionamento da tecnologia de comunicação via satélite. Ficou curioso pra saber o que são essas ondas e como as utilizamos na nossa rotina? Então continue lendo!*

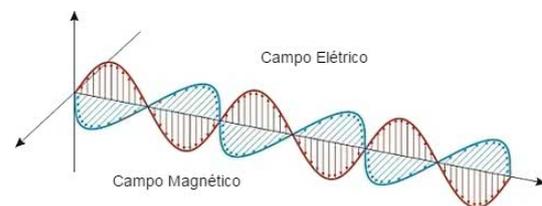
### SATÉLITES?...

Hoje, grande parte das tecnologias presentes em nosso cotidiano utilizam a comunicação com satélites, o sinal de TV, de internet e o GPS são alguns exemplos. Esses satélites orbitam em torno da Terra numa camada superior da atmosfera, chamada exosfera, e as comunicações com os dispositivos na superfície terrestre são feitas por meio de ondas eletromagnéticas.



### ...ONDAS ELETROMAGNÉTICAS?

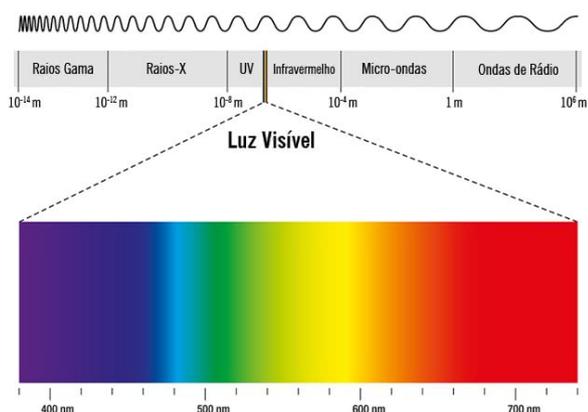
Ondas eletromagnéticas são, como o próprio nome diz, ondas – perturbações que transportam energia ao longo do espaço – de caráter elétrico e magnético, ou seja, que são geradas e sentidas por fios de eletricidade e ímãs, por exemplo. O melhor exemplo de onda eletromagnética é a própria luz! Essas ondas se propagam com a velocidade da luz no vácuo e, a partir dessa velocidade, conseguimos relacionar o comprimento de onda e a frequência dela. No caso, quanto maior o comprimento de onda, menor a sua frequência.



Chamamos de espectro eletromagnético o conjunto dos possíveis comprimentos de onda que a luz pode assumir, a começar pela parte do visível que classificamos como as cores que conhecemos.

Dividimos o espectro baseado em faixas de comprimento de onda da oscilação. Ondas de grande

comprimento de onda são usadas como ondas de rádio; em seguida estão as chamadas micro-ondas - que usamos para esquentar os alimentos pela agitação das moléculas de água; diminuindo ainda mais o comprimento de onda, temos a faixa do infravermelho - que são fundamentais para os óculos de visão noturna e câmeras térmicas; a próxima faixa trata-se da luz visível (do vermelho ao violeta); com comprimento menor que o violeta temos a luz ultravioleta, principal causa de danos a saúde da pele; após o ultravioleta está a faixa dos raios-x utilizados para exames de imagens médicas e por último temos a faixa dos raios Gama, extremamente energéticos e perigosos - ocorrem em reações nucleares, como a explosão de uma bomba atômica.



As ondas eletromagnéticas são diferentes das ondas mecânicas por não necessitarem de um meio material para propagar-se, podendo existir em pleno vácuo, como no espaço sideral. Este fato as torna um mecanismo ideal para o envio de sinais na exosfera, onde a atmosfera é extremamente rarefeita.

### ...ATENUAÇÃO?

Entretanto, mesmo sendo ondas que não necessitam de nenhum material para viajarem de um lugar para outro, ainda podem interagir com um meio material.

Para a comunicação de satélites estamos interessados nas camadas inferiores da exosfera, onde temos a presença de diversos gases e de vapor de água que compõe nossa atmosfera. Isso faz com que as ondas, ao se propagarem nesse meio, sofram atenuações, e se não nos preocuparmos com isso, todo o sinal que tentarmos enviar dos nossos dispositivos para os satélites, ou dos satélites para os dispositivos, poderá ser completamente perdido.

As atenuações originam-se por dois mecanismos distintos: a presença de cargas livres e a oscilação de cargas ligadas. No primeiro, a atenuação é devido o meio não ser um condutor perfeito, isso quer dizer que pra um corrente elétrica passar por ele (igual a que passa pelos fios da sua casa), ela vai se espalhando enquanto se move, perdendo energia para as cargas soltas no meio do caminho. Todavia, devido a conservação de energia nessa interação carga-onda, o sinal transmitido é enfraquecido em decorrência da diminuição de energia que a onda carrega. No segundo, podemos pensar nos átomos como cargas ligadas, em outras palavras, dipolos elétricos - um par de cargas de mesmo valor separados por uma pequena distância, onde o núcleo dos átomos consistiria da carga positiva e a nuvem de elétrons as cargas negativas - esses dipolos apresentam uma frequência de oscilação natural. Quando a onda incidente oscilar com a mesma frequência natural do material, teremos uma ressonância. O fenômeno de ressonância pode ser melhor entendido se pensarmos em uma pessoa empurrando um balanço, quanto mais em sincronia o balanço estiver sendo empurrado, maior será a amplificação da oscilação. Portanto, ao termos ressonância, a oscilação dos dipolos é intensificada, energia é passada da onda para os dipolos e diminuímos a intensidade da onda eletromagnética, atenuando-a.

A intensidade com que o sinal é atenuado depende principalmente do meio, mas também do comprimento de onda da onda viajante. Para um mesmo meio, quanto menor o comprimento de onda mais facilmente o sinal passa pelo meio material. Para a comunicação satélite-Terra funcionar é preciso, então, escolher uma faixa de comprimentos de onda adequada considerando essas propriedades.

Sendo assim, chamamos de comprimento de penetração o comprimento no qual uma porção razoável da onda foi capaz de se propagar em um determinado meio antes de ser completamente atenuada. Portanto, ao estabelecermos as comunicações com os satélites é necessário que o comprimento de penetração seja maior que a distância do satélite até a Terra.

E qual a relação disso com a piora dos sinais de satélite em um dia nublado? As nuvens são compostas basicamente por água nos estados líquido e gasoso. Se lembrarmos dos aparelhos de micro-ondas, as ondas nessa faixa do espectro são absorvidas pelas moléculas de água, agitando elas e assim, aque-

cendo nosso alimento. Efetivamente, o mesmo ocorrerá na atmosfera, para sinais que são propagados por micro-ondas teremos uma grande absorção em dias nublados, levando a piora do sinal.

## BIBLIOGRAFIA

Fonte da figura das camadas atmosféricas: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/atmosfera-terrestre.htm#>.

Fonte das figuras do espectro e da onda eletromagnética: <https://www.todamateria.com.br/ondas-eletromagneticas/>.

A teoria e conceitos mais avançados foram feitos

com base nos livros:

Griffiths, David J. Introduction to electrodynamics. 4<sup>a</sup> ed. Pearson, 2013

Reitz, John R. Foundations of electromagnetic theory, 4<sup>a</sup> ed. Addison-Wesley, c1993.

Conteúdo interessante sobre satélites em formato de vídeo: A revolução dos satélites - Nerdologia [https://www.youtube.com/watch?v=xtbnU10i\\_ag](https://www.youtube.com/watch?v=xtbnU10i_ag)

## APOIO

Instituto de Física, Coordenação de Graduação.