

Ondas móveis

1 - Uma onda plana monocromática no espaço livre tem por equação fasorial para a componente campo eléctrico, o seguinte vector complexo:

$$\underline{\vec{E}} = \frac{\sqrt{2}}{2} e^{+jkx} \times \left(\vec{u}_y + 2 e^{+j\frac{\pi}{2}} \vec{u}_z \right), \text{ sendo } k \text{ o número de onda, expresso em } m^{-1}.$$

- Determinar a equação espaço-temporal da componente campo eléctrico \vec{E}
- Caracterizar a polarização da onda plana monocromática.
- Escrever a função espaço-temporal da componente campo magnético \vec{H} .
- Em que direcção e sentido, a onda se propaga? Porquê?

2 - Uma onda plana monocromática no espaço livre tem por equação fasorial para a componente campo eléctrico, o seguinte vector complexo:

$$\underline{\vec{E}} = \underline{\vec{E}}_0 e^{+jky}, \text{ com } \underline{\vec{E}}_0 = 3e^{-j\frac{\pi}{2}} \vec{u}_x + 3\vec{u}_z, \omega = 10 \text{ rad.s}^{-1} \text{ e } k = 5 \text{ m}^{-1}$$

- Em que direcção e sentido, a onda se propaga? Porquê?
- Determinar a equação espaço-temporal da componente campo eléctrico \vec{E} .
- Caracterizar a polarização da onda.
- Escrever a função espaço-temporal da componente campo magnético \vec{H} .

3 - A componente do campo eléctrico duma onda electromagnética no espaço livre é

$$\vec{E}(y,t) = \sqrt{3} E_0 \sin\left(15\pi t + \frac{6}{\pi} y\right) \vec{a}_z.$$

- Qual a direcção e sentido de propagação da onda? Porquê?
- Caracterizar completamente o vector campo magnético.
- Caracterizar completamente o vector de Poynting da onda.

4 - Uma onda electromagnética propaga-se no espaço livre. Sabendo que o Vector campo eléctrico tem a seguinte forma:

$$\mathbf{E}(z,t) = \sqrt{2} E_0 \cdot \text{Sen}(wt + \beta y) \hat{\mathbf{a}}_z.$$

- a) Qual a direcção e sentido de propagação da onda electromagnética?
- b) Caracterize completamente o vector campo magnético $\mathbf{H}(y,t)$.
- c) Caracterize completamente o vector de Poynting $\mathbf{S}(y,t)$.
- 5 - Verificar quais as funções que satisfazem a equação de onda:
- a) $f(z,t)=(z+v_p t)^3$
- b) $f(z,t)=A.e^{j\beta(z-v_p t)}$
- c) $f(z,t)=\ln(z-v_p t)$
- d) $f(z,t)=A.\text{sen}(z+v_p t)$
- e) $f(z,t)=\text{sen}(\beta z).\cos(\omega t)$
- 6 - Determinar a relação entre α e β de modo a que a função espaço-temporal $\vec{E}(t,z) = E_m \text{sen}(\alpha z).\cos(\omega t - \beta z)\vec{a}_y$ satisfaça a equação de onda num meio sem perdas ($\sigma=0$).
- 7 - Mostrar que uma onda linearmente polarizada pode se exprimir em função de duas ondas circularmente polarizadas, rodando em sentidos opostos, mas à mesma frequência angular .
- 8 - Caracterizar a polarização das seguintes OPM's:
- a) $\vec{E}_1(z,t) = \sqrt{2} \cos(\omega t + \beta z)\vec{a}_x + \sqrt{2} \cos(\omega t + \beta z)\vec{a}_y$;
- b) $\vec{E}_2(z,t) = \sqrt{2} \cos(\omega t + \beta z)\vec{a}_x - \sqrt{2} \text{sen}(\omega t + \beta z)\vec{a}_y$;
- c) $\vec{E}_3(z,t) = \sqrt{2} \cos(\omega t + \beta z)\vec{a}_x - 2\sqrt{2} \text{sen}\left(\omega t + \beta z - \frac{\pi}{4}\right)\vec{a}_y$.
- 9 - Sabendo que o vector campo eléctrico de uma onda plana que se propaga num meio não magnético é $\vec{E}(t,x) = \hat{z} 25e^{-30x} \cos(2\pi \times 10^9 t - 40x)$, obter a expressão do campo magnético \vec{H} correspondente.

10 - Considerar uma onda electromagnética plana cujo campo eléctrico é dado por

$$\vec{E} = 100 \cos(\omega t - 2\pi x) \vec{a}_z \text{ V/m}$$

propagando-se dum meio caracterizado por $\mu_r=4$, $\epsilon_r=1$ e $\sigma=0$ S/m, incide num meio caracterizado por $\mu_r=9$, $\epsilon_r=4$ e $\sigma=0$ S/m.

Obter as expressões completas no domínio dos tempos para os campos eléctricos e magnéticos, incidente, reflectido e transmitido no segundo meio. Assumir incidência perfeitamente normal.

11 - Uma onda electromagnética plana que se propaga no espaço livre incide de frente num bloco caracterizado por $\mu_r=4$, $\epsilon_r=9$ e $\sigma=0$ S/m.

Obter as expressões completas no domínio dos tempos para os campos eléctricos e magnéticos, incidente, reflectido e transmitido no segundo meio, sabendo que a componente campo magnético incidente é dada por

$$\vec{H} = \cos(\omega t - y\beta) \vec{a}_z \text{ A/m.}$$

Balanço energético em fibras ópticas

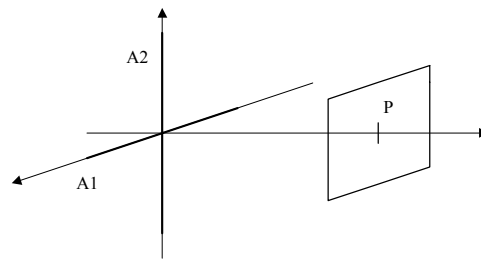
- 1 – Dispõe-se de uma fibra óptica com largura de banda 50 Gbpskm. Sabendo que a fibra opera na 3ª janela, implicando um factor de atenuação $\alpha=0.1 \text{ dBkm}^{-1}$.
- Determinar o comprimento máximo de uma ligação digital ponto-a-ponto, sem repetidores, sabendo por um lado, que, a atenuação total não deve exceder os 20 dB, e por outro, se deseja que a ligação opere a um débito mínimo de 263 Mbps.
 - Dispõe-se de emissores ópticos com uma potência de 10 mW, e detectores ópticos, com 4 μW de sensibilidade, e uma eficiência de inserção na fibra com valor $\frac{1}{2}$.
 - Determinar o número mínimo de repetidores, sabendo que se pretende instalar uma ligação ponto-a-ponto, numa extensão de 200 km.
- 2 – Dispõe-se de uma fibra óptica com largura de banda 22.4 Gbpskm. Sabendo que a fibra apresenta um factor de atenuação $\alpha=0.5 \text{ dBkm}^{-1}$.
- Determinar o comprimento máximo de uma ligação digital ponto-a-ponto, sem repetidores, sabendo se deseja um débito binário de 200 Mbps.
 - Para o comprimento determinado na alínea anterior, determinar o número mínimo de repetidores, sabendo que o emissor apresenta uma potência óptica nominal de 20 mW, e que o receptor apresenta uma sensibilidade de 0.8 mW de sensibilidade.
- 3 – Dispõe-se de uma fibra óptica com largura de banda 22.4 Gbpskm. Sabendo que a fibra apresenta um factor de atenuação $\alpha=0.5 \text{ dBkm}^{-1}$.
- Determinar o comprimento máximo de uma ligação digital ponto-a-ponto, para um débito binário de 200 Mbps, sabendo que a potência do emissor é suficiente para não ocasionar problemas por atenuação
 - Sabendo que o emissor apresenta agora uma potência de 0.2 W, e que o receptor tem uma sensibilidade de 8 mW, determinar o número mínimo de repetidores para o comprimento determinado na alínea anterior.

-
- 4 - Uma fibra óptica apresenta um factor de atenuação 0.5 dB/Km e Largura de banda 15Gbps×Km. Dispõe-se de um emissor óptico, em que no acoplamento entre o emissor e a fibra há uma perda de 3dB. Determine a distancia para a qual a potência óptica se reduz a um oitavo da potência óptica emitida pelo emissor; sabendo que a meia distância tem-se um Splice que introduz perdas de valor 3dB.
- 5 - Uma fibra óptica apresenta um factor de atenuação 0.1 dB/Km e Largura de banda 30Gbps×Km. Dispõe-se de um emissor óptico com 1mW de potência nominal, e que no acoplamento entre o emissor e a fibra há uma perda de 3dB. Determine a distancia para a qual a potência óptica se reduz a um quarto da potência óptica emitida pelo emissor; bem como o débito binário máximo, supondo que o receptor óptico se introduz no ponto determinado anteriormente.
- 6 - Uma fibra óptica apresenta um factor de atenuação 0.5 dB/Km e Largura de banda 15Gbps×Km. Dispõe-se de um emissor óptico, em que no acoplamento entre o emissor e a fibra há uma perda de 6dB. Determine a distancia para a qual a potência óptica se reduz a um dezasseis avos da potência óptica emitida pelo emissor; sabendo que a um terço e dois terços da distância tem-se um conector que introduz perdas de valor 1.5dB.

Radiação de ondas

- 1 – Uma antena de 5 m é alimentada por uma corrente de 10 A à frequência de 3 MHz, no vazio.
- Determinar a distância a partir da qual se podem eliminar os campos próximos.
 - Fazer a representação espacial e fasorial dos campos eléctrico e magnético num ponto colocado segundo o plano de máxima radiação, à distância de 10 km da antena, tomando como referência a fase da corrente.
 - Repetir a alínea b) para um ponto a igual distância da antena e uma elevação de 60° em relação ao plano de máxima radiação.
 - Supondo que a antena se desloca 50 m na direcção do ponto escolhido, repetir a alínea b).
 - Qual a atenuação, em dB, entre o módulo do campo a 10 km e a 100 km, segundo a direcção de máxima radiação?
- 2 –
- Calcular as expressões dos campos eléctrico e magnético num ponto distanciado de 16 m, segundo o plano de máxima radiação, para uma antena com um comprimento igual a $\frac{1}{15}$ do comprimento de onda, alimentada à frequência de 3 MHz por uma corrente de 2 A.
 - Supondo a antena orientada segundo o eixo dos zz , desenhar o diagrama espacial e fasorial dos campos eléctrico, magnético, potencial escalar e potencial vector.
- 3 –
- Qual deverá ser a potência radiada para gerar um campo de 3 mVm^{-1} de pico, segundo o plano de máxima radiação, à distancia de 50 Km de uma antena de 15 m a trabalhar à frequência de 1500 KHz?
 - Qual o valor eficaz da corrente de alimentação?
 - Desenhar o diagrama fasorial da corrente e dos campos eléctrico e magnético, para a distancia dada, tomando o campo eléctrico como referência.
 - Escrever a expressão temporal da corrente.

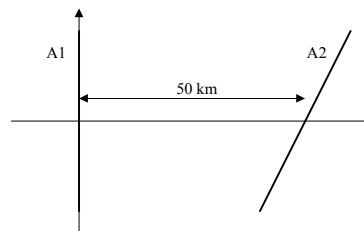
4 – Duas antenas com o mesmo comprimento são colocadas conforme a figura:



Desenhar a forma traçada pela extremidade do campo eléctrico de Hertz no plano que passa no ponto P e perpendicular ao eixo dos yy , segundo as condições:

- i) As antenas são alimentadas com correntes iguais em módulo e fase.
- ii) As antenas são alimentadas com correntes iguais em módulo, mas a fase da antena 2 está avançada de 90° em relação à da antena 1.
- iii) As antenas são alimentadas com corrente de igual fase, mas o módulo da corrente na antena 2 é duplo do módulo da corrente na antena 1.

5 – Considerar a antena 1, da figura, com 1 m de comprimento, alimentada com uma corrente sinusoidal de 2 A de pico à frequência de 3 MHz.



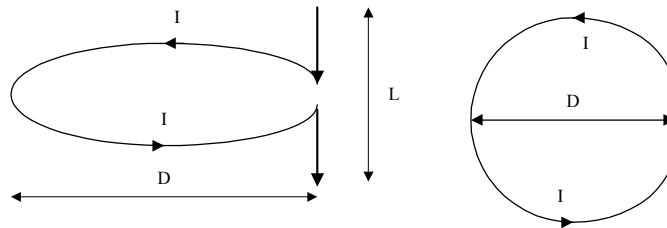
Se a força electromotriz captada por uma antena 2, idêntica à antena 1, for de 4 mV de pico, calcular:

- a) Qual a corrente que deve alimentar a antena 2 para gerar, à frequência de 3 MHz, uma força electromotriz de 2 mV de pico na antena 1?
- b) Qual a potência máxima que é possível obter na antena 1, para o caso da alínea anterior?

6 – Um anel circular, de 1 m de raio, é alimentado por uma corrente de 1 A de pico à frequência de 1 MHz.

Fazer a representação espacial e fasorial dos campos eléctrico e magnético para um ponto situado no plano de máxima radiação à distância de 10 km, do centro do anel.

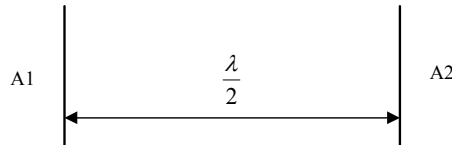
- 7 – Encontrar a relação entre o diâmetro D e o comprimento L da antena da figura, de modo ao campo de Hertz apresentar polarização circular, considerando que as dimensões referidas são muito menores que o comprimento de onda.



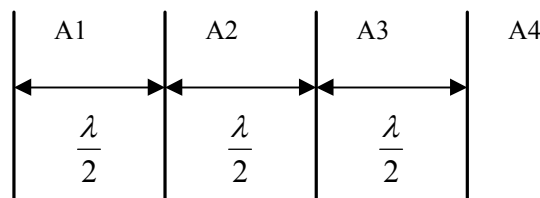
- 8 – Traçar os diagramas de radiação do dipolo elementar no plano diametral e num plano que contenha o dipolo. Representar o diagrama a três dimensões.
- 9 – Um emissor de 1 kw alimenta uma antena com 6 dB de ganho máximo.
Qual o valor do campo eléctrico à distancia de 100 km segundo a direcção de máxima radiação?
- 10 – Pretendendo fazer uma ligação atmosférica de 10 Km, com um emissor de pequena potência, usem-se duas antenas (uma emissora e outra receptora) de ganho máximo elevado (20 dB) à frequência de 3 GHz.
Supondo que as antenas estão orientadas segundo a direcção de máximo ganho; calcular:
- A potência a emitir de modo a que exista um campo de $300 \mu\text{Vm}^{-1}$ na recepção.
 - A máxima potência captada pela antena receptora no caso da alínea anterior.

Agrupamentos de antenas

- 1 – Esboçar o diagrama de radiação do agrupamento de duas antenas de meio comprimento de onda, colocadas conforme a figura, no plano diametral das antenas. Ambas as antenas estão alimentadas com uma corrente com o mesmo módulo, mas a fase da antena da direita está avançada em relação à da esquerda de $\frac{\pi}{4}$.



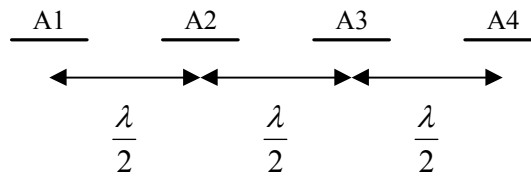
- 2 – Considerar o agrupamento de quatro antenas iguais dispostas em linha conforme a figura:



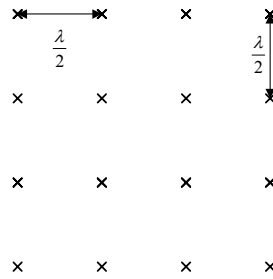
A distância entre duas antenas consecutivas é de metade do comprimento de onda.

Calcular:

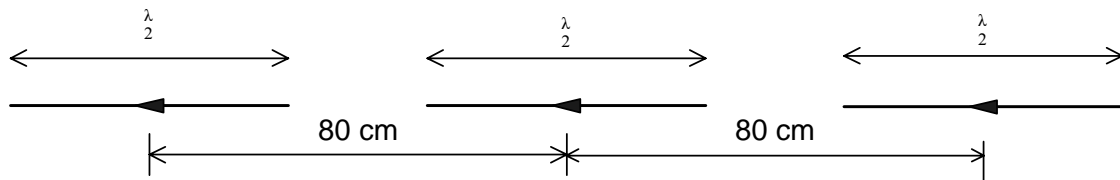
- O diagrama de radiação do agrupamento no plano diametral das antenas.
 - O processo de variar a direcção do máximo ganho.
 - A largura de feixe a -3 dB.
 - A variação da largura de feixe com o esfasamento entre correntes.
 - O diagrama de radiação no plano diametral das antenas, para um esfasamento consecutivo entre correntes de $\frac{\pi}{2}$ radianos.
- 3 – Calcular o diagrama de radiação de um agrupamento de quatro antenas, alinhadas de acordo com a figura, num plano que contem as antenas. A alimentação do agrupamento é feita por correntes esfasadas construtivamente em avanço de $\frac{\pi}{2}$ radianos, tomando como referência a antena da esquerda. Os centros das antenas estão separados de meio comprimento de onda.



- 4 – Esboçar o diagrama de radiação da cortina de 16 antenas, da figura, no plano diametral das antenas. As antenas estão afastadas de meio comprimento de onda, segundo os eixos xy , e alimentadas com correntes em fase.

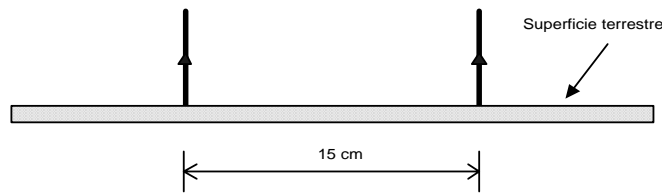


- 5 – Dispõe-se de um agrupamento de três antenas dipolo de meia onda, com os centros espaçados de 80 cm, conforme se pode observar na figura. As antenas são alimentadas com correntes cujos módulos são iguais, e fases de alimentação iguais a $-\frac{\pi}{2}$, $-\pi$, $-\frac{3\pi}{2}$ radianos, e à frequência de 7.5 GHz.



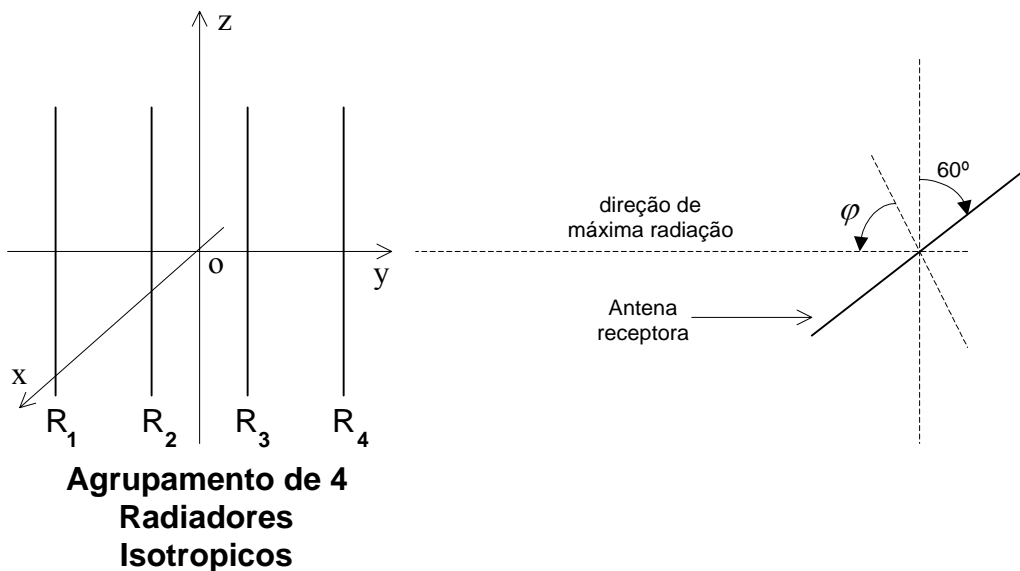
- a) Sabendo que a eficiência das antenas vale 90 %, e que só apenas uma delas é alimentada, e com uma potência de alimentação de 100 W, determinar a densidade de potência a 1000 m da antena emissora, na direção de metade da máxima radiação.
- a) Esboçar o diagrama de radiação completo do agrupamento emissor.
- 6 – Dispõe-se de um agrupamento de duas antenas monopolo de comprimento igual a um quarto de comprimento de onda, na posição vertical, afastadas de 15 cm, e assentes na superfície terrestre, conforme se pode observar na figura. As antenas são alimentadas

com correntes cujos módulos são iguais, e fases de alimentação iguais a $-\frac{3\pi}{4}$, $\frac{\pi}{4}$ radianos, à frequência de 0.25 GHz.



- a) Esboçar o factor de agrupamento do agrupamento emissor, devidamente cotado.
- b) Determinar o valor da potência emitida pelo agrupamento, no plano que contém as antenas, na direcção de máxima radiação de cada antena, supondo que as antenas são alimentadas a 15 Watt cada uma, em que as correntes apresentam os esfasamentos anteriores.
- c) Utilizando o resultado da alínea anterior, determinar a potência captada por uma antena receptora, do tipo dipolo de meia onda; assente no mesmo plano que contém o agrupamento emissor, e paralela à superfície terrestre.

7 – Dispõe-se de um agrupamento de quatro radiadores isotrópicos, assentes no plano ZOY, conforme ilustrado na figura seguinte.

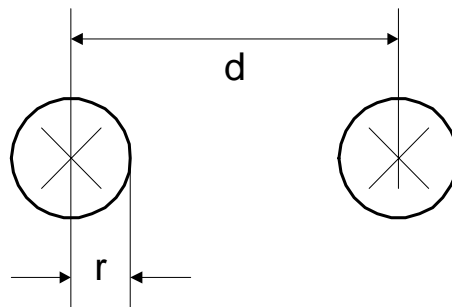


O agrupamento radia na polarização vertical; cada um é alimentado através de uma guia de onda com os seguintes valores de atenuação: duas com 3 dB e outras duas com 6 dB. Cada uma das guias de onda, são alimentadas à potência de 100 W, a uma frequência de 30 MHz.

-
- a) Sabendo que os radiadores apresentam um rendimento de 80%, determinar o valor da densidade de potência a 10 km do agrupamento, na direcção de máxima radiação.
- b) A 15 km do agrupamento emissor, dispõe-se de uma antena receptora, também assente no plano ZOY, que faz um ângulo de 60° com a direcção vertical, e cujo centro está perfeitamente alinhado com a direcção de máxima radiação do agrupamento emissor, conforme ilustrado na figura.
- c) Sabendo que a antena receptora apresenta uma eficiência de 85%, e que o seu ganho depende do ângulo φ com a direcção perpendicular ao seu eixo, valendo $G(\varphi) = 10 \times \text{Sen}^2(\varphi)$ dB, determinar a potência captada pela antena e entregue ao andar RF do receptor à qual ela está ligada.

Linhas de transmissão e diagrama de Smith

1 – Considerar a linha bifilar sem perdas da figura.



Para essa linha, a capacidade distribuída C' e a indutância distribuída L' são, respectivamente

$$L' = \frac{\mu}{\pi} \ln\left(\frac{d}{r}\right)$$

$$C' = \frac{\pi \varepsilon}{\ln\left(\frac{d}{r}\right)}$$

- Determinar a velocidade de propagação v_p nessa linha.
- Determinar o comprimento de onda nessa linha para as frequências de trabalho $f_1=50$ Hz, $f_2=50$ kHz, $f_3=50$ MHz e $f_4=50$ GHz.

2 – a) Demonstrar que a impedância de entrada de uma linha sem perdas é

$$Z_S = \frac{Z_R \cos(\beta l) + Z_0 \operatorname{sen}(\beta l)}{\frac{Z_R}{Z_0} \operatorname{sen}(\beta l) + \cos(\beta l)}$$

- Mostrar que se $Z_R=Z_0$ então $Z_S=Z_R$.

3 – Numa linha telefónica de 5 km de comprimento à frequência de trabalho de 1 kHz, sabe-se que a impedância de entrada em circuito aberto vale $Z_{oc}=535e^{j64^\circ}$ Ω e em curto circuito vale $Z_{sc}=467.5e^{-j10^\circ}$ Ω .

- Determinar o valor da impedância característica Z_0 e da constante de propagação γ .
- Determinar os valores dos parâmetros distribuídos R', L', G' e C' .
- Se a linha de transmissão for ligada a uma fonte de tensão contínua, quais serão os valores da tensão e da corrente no extremo de emissão da linha de transmissão, se

a impedância de carga valer 400Ω e a corrente aos terminais da carga no extremo de recepção da linha de transmissão valer 0.5 A .

- d) Determinar os valores da corrente e da tensão no extremo de emissão, quando o extremo de recepção da linha de transmissão está curto-circuito, à frequência de trabalho de 1 kHz , sabendo que a corrente de curto-circuito é de 1 A
- e) Determinar para a frequência de trabalho de 1 kHz os valores da tensão e da corrente no extremo de emissão da linha de transmissão, quando no seu extremo de recepção a corrente é 0.5 A , para uma impedância de carga igual a 400Ω .
- f) Determinar o valor eficaz da tensão incidente na carga, nas condições da alínea anterior.

4 – Uma linha bifilar sem perdas onde a distância entre os condutores vale 1 metro e o raio de cada um dos condutores vale 5 mm , encontra-se ligada no seu extremo de recepção a uma carga de valor 800Ω . Pretende-se determinar

- a) o valor do coeficiente de reflexão no extremo de recepção;
- b) o valor do coeficiente de auto-indução a ser introduzido a cada 1000 metros ao longo da linha de transmissão por forma a que esta se adapte à carga.

5 – Considerar uma linha de transmissão com 100 km de comprimento, caracterizada em termos eléctricos através do seguinte conjunto de parâmetros distribuídos:

$$R' = 2 \Omega \cdot \text{km}^{-1}, L' = 0.1 \text{ mH} \cdot \text{km}^{-1}, G' = 1 \mu\text{S} \cdot \text{km}^{-1} \text{ e } C' = 120 \text{ pF} \cdot \text{km}^{-1}.$$

- a) Quais os valores da impedância característica Z_0 e da constante de propagação γ .
- b) No regime DC, a linha de transmissão transfere uma potência igual a 1 MW , para uma carga de valor igual a 400Ω . Determinar a potência transferida da fonte para a linha de transmissão e fazer uma análise crítica dos resultados obtidos.
- c) Considerar a mesma linha com o mesmo conjunto de parâmetros distribuídos com um comprimento de 40 km , operando num regime sinusoidal à frequência de trabalho de 10 kHz . Em face destas especificações:
 - i) Qual a condição para que não exista onda reflectida na linha de transmissão?
 - ii) Qual o esfasamento entre tensões no início e no fim da linha.

-
- iii) Qual a relação entre os valores eficazes das tensões no extremo de emissão (na fonte) e no extremo de recepção (na carga)?
- iv) Qual o valor do comprimento de onda?
- 6 – Considerar uma linha de transmissão constituída por um cabo coaxial de comprimento igual a 400 m, cuja impedância característica vale 50Ω . A velocidade de propagação no cabo é $2 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$.
- No extremo de recepção da linha de transmissão está intercalada uma carga puramente resistiva de valor 16.7Ω .
- No extremo de emissão da linha de transmissão encontra-se uma fonte de sinal com resistência de saída 150Ω , que injecta um impulso perfeitamente rectangular com a duração de $1\mu\text{seg}$ e amplitude igual a 40 Volt.
- a) Esboçar a forma de onda de tensão no extremo de emissão da linha de transmissão.
- b) Esboçar a forma de onda de tensão no extremo de recepção da linha de transmissão.
- 7 – Pretende-se determinar o valor da impedância de uma carga que se encontra ligada no extremo de recepção de uma linha de transmissão apresentando um valor da impedância característica 75Ω , para um valor da razão entre o máximo e o mínimo valor da amplitude da onda estacionária de tensão vale 3.
- 8 – Uma linha de transmissão operando à frequência de trabalho de 27 MHz apresenta uma impedância característica 50Ω . A velocidade de propagação nessa linha de transmissão é $2 \times 10^8 \text{ms}^{-1}$.
- a) Determinar o valor do coeficiente de reflexão de tensão Γ no extremo de recepção da linha de transmissão.
- b) Determinar o valor do coeficiente de onda estacionária de tensão S ($VWSR$) no extremo de recepção da linha de transmissão.
- c) Determinar a impedância “vista” no extremo de emissão da linha de transmissão, sabendo que no seu extremo de recepção encontra-se intercalada uma carga com impedância 25Ω .
-

- 9 – Considerar uma linha de transmissão apresentando uma impedância característica 300Ω . Pretende-se intercalar uma carga de impedância 500Ω no seu extremo de recepção.
- Determinar o valor do coeficiente de reflexão de tensão Γ no extremo de recepção da linha de transmissão.
 - Determinar o valor do coeficiente de onda estacionária de tensão S ($VWSR$) no extremo de recepção da linha de transmissão.
 - A estratégia seguida na condição do problema é correcta? Em caso negativo projectar um adaptador de um quarto de comprimento de onda de modo a adaptar a carga anteriormente referida à linha de transmissão, no seu extremo de recepção.
- 10 – Uma linha de transmissão sem perdas a operar à frequência de trabalho de 37.5 MHz , apresenta os seguintes parâmetros distribuídos com os valores $L'=0.15 \text{ mH.m}^{-1}$ e $C'=375 \text{ nF.m}^{-1}$.
- Determinar os valores da impedância característica, da constante de propagação, da velocidade de propagação na linha e do comprimento de onda expresso em metros.
- 11 – Dispõe-se de uma linha de transmissão sem perdas, de comprimento 64 m , com parâmetros distribuídos de valores $L'=0.15 \text{ mH.m}^{-1}$ e $C'=375 \text{ nF.m}^{-1}$. A linha opera à frequência de 37.5 MHz .
- Sabendo que uma carga ligada no extremo de recepção da linha absorve uma potência activa de 12 W , com factor de potência 0.6 indutivo, e que aos terminais da carga existe uma tensão de valor 10 Volt . Determinar o valor do coeficiente de reflexão aos terminais da carga, o coeficiente de onda estacionária, e o valor da constante de propagação. Fazer uma análise crítica dos resultados obtidos.
 - Sabendo que aos terminais da carga, se observa um valor de tensão igual a $15.e^{j30^\circ}$ Volt.
 - Determinar os valores da tensão e da corrente no extremo de emissão da carga.
 - Adaptar a linha com um STUB, usando como processo de cálculo auxiliar, o diagrama de Smith, justificando convenientemente cada cálculo que fizer, sabendo que na terminação desta, está ligada uma carga de impedância $10+j5 \Omega$.

- 12 – Dispõe-se de uma linha de transmissão sem perdas, de comprimento 100 m, com parâmetros distribuídos de valores $R'=1 \text{ m}\Omega/\text{m}$, $L'=0.5 \text{ mH}/\text{m}$, $G'=0.4 \text{ }\mu\text{S}/\text{m}$, e $C'=0.2 \text{ mF}/\text{km}$. A linha opera à frequência de trabalho de 20 kHz.
- Determinar o valor da impedância característica, o módulo do valor do coeficiente de reflexão no extremo de recepção da linha, e o valor do coeficiente de onda estacionário, no mesmo ponto, para uma carga de valor $-j1250 \text{ }\Omega$.
 - Determinar a posição do primeiro ponto na linha, para o qual a impedância é puramente resistiva, para uma carga de valor $150 \text{ }\Omega$.
 - Para um valor da carga de $175-j15 \text{ }\Omega$, utilizando o diagrama de Smith como método de cálculo auxiliar, adaptar a linha com um STUB, caracterizando-o completamente em termos de unidades SI.
- 13 – Dada a linha monofásica de 1 km de comprimentos operando à frequência de 5 MHz, caracterizada por $R' = 0.1 \text{ }\Omega/\text{km}$, $L' = 1\text{mH}/\text{km}$, $C' = 0.01 \text{ }\mu\text{F}/\text{km}$ e $G' = 0.1\text{ }\mu\text{S}/\text{km}$.
- Determinar o valor do coeficiente de reflexão no ponto onde se situa a carga, sabendo que à frequência de 5 MHz, a linha alimenta uma carga à tensão 40 V, sendo a potência activa absorvida de 6.115 W, com factor de potência 0.196 indutivo.
 - Utilizando como auxiliar de cálculo, o diagrama de Smith, adaptar a linha com um STUB, sabendo que esta alimenta uma carga de impedância $20+j10 \text{ }\Omega$, à frequência de 5 MHz. Não deixar de justificar todos os cálculos intermédios.
- 14 – Uma linha de transmissão com impedância característica igual a $300 \text{ }\Omega$ operando à frequência de 100 MHz, correspondendo um comprimento de onda igual a 3 metros é ligada a uma carga intercalada no seu extremo de recepção, com valor igual a $77.6-j49.4 \text{ }\Omega$. Utilizando o diagrama de Smith:
- Calcular os valores do comprimento e da distância da carga onde deve ser inserido um STUB constituído por uma linha de transmissão em curto circuito de modo a adaptar a carga.
 - Repetir a alínea anterior, para um STUB constituído por uma linha de transmissão em circuito aberto.

15 – Uma linha de transmissão apresentando uma impedância característica de valor igual a 150Ω tem intercalada no seu extremo de recepção, uma carga com uma impedância de valor $150 + j100 \Omega$. Com base nos dados:

- a) Determinar os valores dos coeficientes de reflexão e de onda estacionária de tensão, no extremo de recepção da linha de transmissão.
- b) Utilizando o diagrama de Smith como processo auxiliar de cálculo, calcular a menor distância do extremo de recepção da linha de transmissão em direcção ao extremo de emissão, para a qual a impedância *vista* nesse ponto da linha de transmissão é puramente reactiva.
- c) Para o ponto determinado na alínea anterior, determinar o valor da impedância *vista* nesse mesmo ponto.
- d) Utilizando o diagrama de Smith como processo auxiliar de cálculo, adaptar a linha de transmissão com um STUB constituído por uma linha em curto-circuito.
- e) Utilizando o diagrama de Smith como processo auxiliar de cálculo, adaptar a linha de transmissão com um STUB constituído por uma linha em circuito aberto no extremo de recepção.
- f) Projectar um adaptador de quarto de comprimento de onda, por forma a adaptar a carga à linha de transmissão.

16 – Duas linhas de transmissão sem perdas e operando a uma frequência de trabalho de valor igual a 40 MHz apresenta o seguinte conjunto de parâmetros distribuídos:

$L'_1 = L'_2 = 0.1 \text{ mH km}^{-1}$ e $C'_1 = C'_2 = 2.5 \text{ nF km}^{-1}$. A primeira linha de transmissão tem 400 metros de comprimento e no seu extremo de recepção está intercalada uma carga de impedância igual a 200Ω . O extremo de recepção da segunda linha de transmissão encontra-se em circuito aberto e apresenta um comprimento de 506.1 metros.

As duas linhas de transmissão são colocadas em paralelo nos seus terminais de entrada (nos seus extremos de emissão), servido de carga a uma terceira linha de transmissão, estando assim os dois extremos de emissão das duas primeiras linhas de transmissão ligados em paralelo com o extremo de recepção da terceira linha de transmissão.

- a) Determinar os valores da impedância característica e do comprimento da terceira linha de transmissão que evita a existência de eventuais reflexões na ligação às outras duas linhas.
- b) Admitindo que a impedância característica da terceira linha de transmissão é de 100Ω e que a constante de fase vale $0.1257 \text{ rad.m}^{-1}$.

Projectar um STUB que adapte essa linha de transmissão à sua carga, constituída pelo paralelo das duas primeiras linhas de transmissão consideradas no início do problema (nessas condições portanto)

17 – Dada uma linha monofásica de 500 km de comprimento, com parâmetros distribuídos de valores $R'=0.1 \Omega.\text{km}^{-1}$, $L'=1 \text{ mH.km}^{-1}$, $G'=0.1 \mu\text{S.km}^{-1}$, e $C'=0.011 \mu\text{F.km}^{-1}$ à frequência de trabalho de 50 Hz.

Em função dos dados do problema, determinar

- a) A impedância *vista* no extremo de emissão da linha de transmissão, bem como o coeficiente de reflexão no mesmo ponto, sabendo que esta alimenta uma carga à tensão de 100 kV no seu extremo de recepção, com uma potência transmitida da linha de transmissão para a carga de 10 MW com um factor de potência 0.8 indutivo.
- b) Considerando que a linha de transmissão alimenta uma carga com um valor de impedância igual a $200+j100 \Omega$ à frequência de trabalho de 5 MHz (desprezando o efeito pelicular), determinar a distância da carga a que deve ser colocada e o comprimento de uma segunda linha de transmissão em curto-circuito, de modo a adapta-la. Utilizar o diagrama de Smith como processo auxiliar de cálculo.
- c) Repetir o problema da alínea anterior considerando que a segunda linha de transmissão encontra-se fechada no seu extremo de recepção sobre um condensador e uma bobine de valores da capacidade e da indutância de 100 pF e de 38 μH , respectivamente. Utilizar o diagrama de Smith como processo auxiliar de cálculo.

Balanço energético em ligações de rádio

- 1 – Considerar a uma ligação transhorizonte por dispersão, tendo em conta os seguintes parâmetros de sistema:
- 2 – Considerando os dois seguintes perfis orográficos, bem como as condições de operação, determinar as perdas devidas aos obstáculos, pelos métodos do obstáculo equivalente e pelo método de Epstein-Peterson.

Dados	Perfil 1	Perfil 2
Frequência (MHz)	213	450
d_1 (km)	60.2	5.4
d_2 (km)	6.2	10.6
d_3 (km)	17	84
h_1 (m)	181	228
H_2 (m)	167	227.45

- 1 - Considerar uma ligação a 6 GHz.

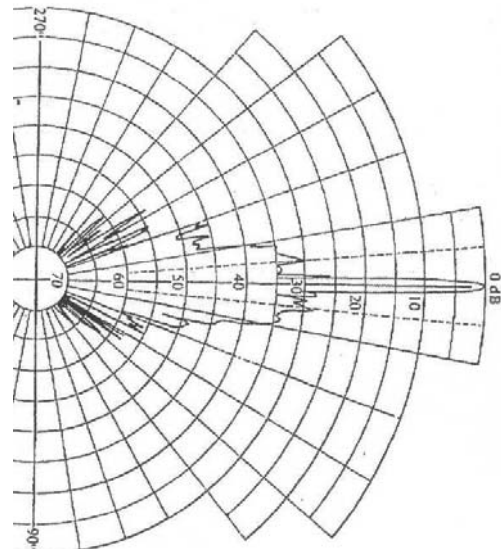
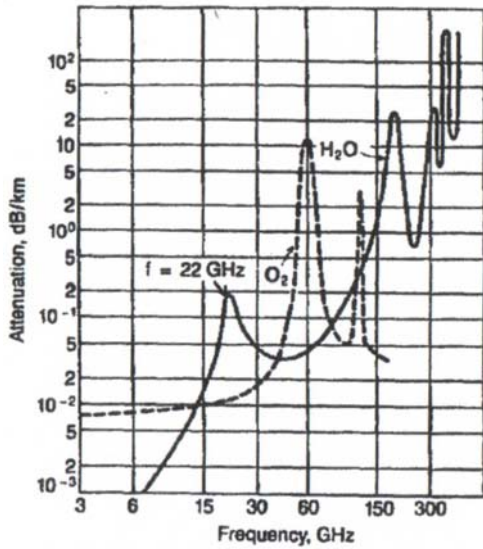
Considerando as seguintes condições:

- A guia de onda de saída tem 100 m de comprimento e uma atenuação de $2 \times /50\text{m}$ e liga o ultimo andar amplificador à antena emissora, orientada horizontalmente, apresentando uma eficiência de 95% e ganho de 20, com padrão de radiação normalizado no gráfico abaixo e desalinhada por efeito do vento de 10° , relativamente ao plano horizontal.

- O sistema receptor afastado horizontalmente 100 km do sistema emissor, com linha de vista e desobstrução total, é constituído por um receptor com uma sensibilidade de 100 pW que recebe o sinal de uma antena com ganho igual a 14 (omnidireccional) e eficiência igual a 98%, através de um sistema de guias de onda com comprimento de 200 m, com atenuação $1.2 \times /100\text{m}$.

- a) Determinar a perda em espaço livre;
- b) Determinar a atenuação no troço emissor;
- c) Determinar a atenuação no troço receptor.

- d) Determinar a potência radiada para o espaço (na direcção de máximo ganho) pela antena emissora, sabendo que o sinal à saída do último andar amplificador apresenta uma potência de 50W.
- e) Determinar a potência mínima (SI) que o amplificador emissor tem que fornecer à guia de onda de saída. Considerar o efeito da atenuação da atmosfera em termos de atenuação na propagação.



ma para a ruído por 1500 canais telefónicos, e que o ruído apresenta densidade espectral de potência de 0.5 pW/Hz, determinar a potência mínima de emissão para uma relação sinal-ruído de 15 dB a montante do primeiro andar amplificador no receptor. Assumir alinhamento perfeito entre antenas.

3 - Considere uma ligação a 6 GHz

- a) Determinar a potência mínima (SI) que o amplificador emissor tem que fornecer à guia de onda de saída nas seguintes condições:
 - A guia de onda de saída tem 100 m de comprimento e uma atenuação de $2 \times /50m$ e liga o ultimo andar amplificador à antena emissora, orientada horizontalmente, apresentando uma eficiência de 95% e ganho de 20, com padrão de radiação normalizado no gráfico abaixo e alinhada horizontalmente.

- O sistema receptor afastado horizontalmente 100 km do sistema emissor, com linha de vista e desobstrução total, é constituído por um receptor com uma sensibilidade de 100 pW que recebe o sinal de uma antena com ganho igual a 14 (omnidireccional) e eficiência igual a 98%, através de um sistema de guias de onda com comprimento de 200 m, com atenuação $1.2 \times / 100\text{m}$.

Considerar o apenas o efeito da atenuação da atmosfera em termos de atenuação na propagação.

- b) Determinar a altitude que deve ter a antena emissora (considerando uma atmosfera padrão), sabendo que foi criada uma obstrução com altura de 220 m sem cobertura vegetal, colocada no percurso emissor-receptor, a 25 km do emissor, de modo a obter-se linha de vista, sabendo que a antena receptora se encontra a uma altitude de 375 m acima do nível do mar.

- 4 - Pretende-se projectar uma ligação via rádio operando a 8 GHz, ligando uma estação de detecção e previsão de incêndios instalada no lugar A, ao sistema central de controlo e supervisão localizado no lugar B.

Características do sistema de comunicação central:

- potência à saída do andar amplificador: 52 dBm;
- guias de onda ligando o andar amplificador à antena: 3 dB;
- diâmetro do reflector parabolóide da antena: 75 cm;
- eficiência da antena: 55%.
- altitude da antena: .

Características do sistema de comunicação remoto, localizado no lugar A

- sensibilidade do receptor: 400 μW ;
- eficiência da guia de onda ligando a antena ao 1º andar amplificador: 0.0625;
- diâmetro do reflector parabolóide da antena: 2.5 m;
- altitude da antena: ;
- considerar as restantes características ideais.

- a) Determinar as perdas totais e a potência (mW) à entrada do emissor, sabendo que o afastamento horizontal das duas antenas é de 70 km.

-
- b) Ignorando a obstrução, calcular a potência mínima em unidades SI, à saída do último andar amplificador do subsistema de comunicações central, sabendo que o receptor da estação de recolha de dados está afastado horizontalmente de 20 km do emissor.