



Homeworks 23 e 24 referentes às aulas do Capítulo II de “Técnicas de Radar – ELC1149”, aulas disponibilizadas em <http://www.fccdecastro.com.br/download.html>.

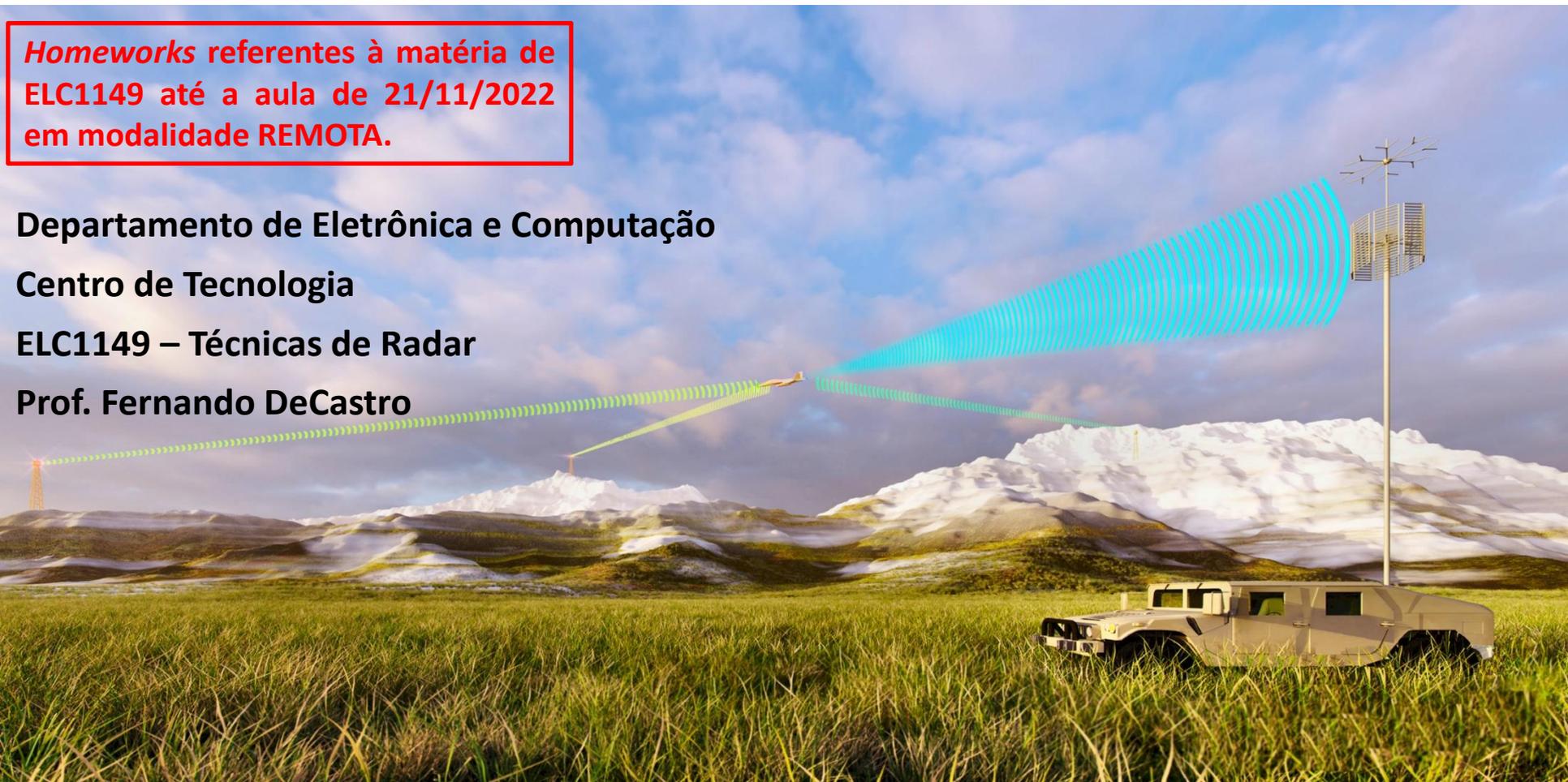
Homeworks referentes à matéria de ELC1149 até a aula de 21/11/2022 em modalidade REMOTA.

Departamento de Eletrônica e Computação

Centro de Tecnologia

ELC1149 – Técnicas de Radar

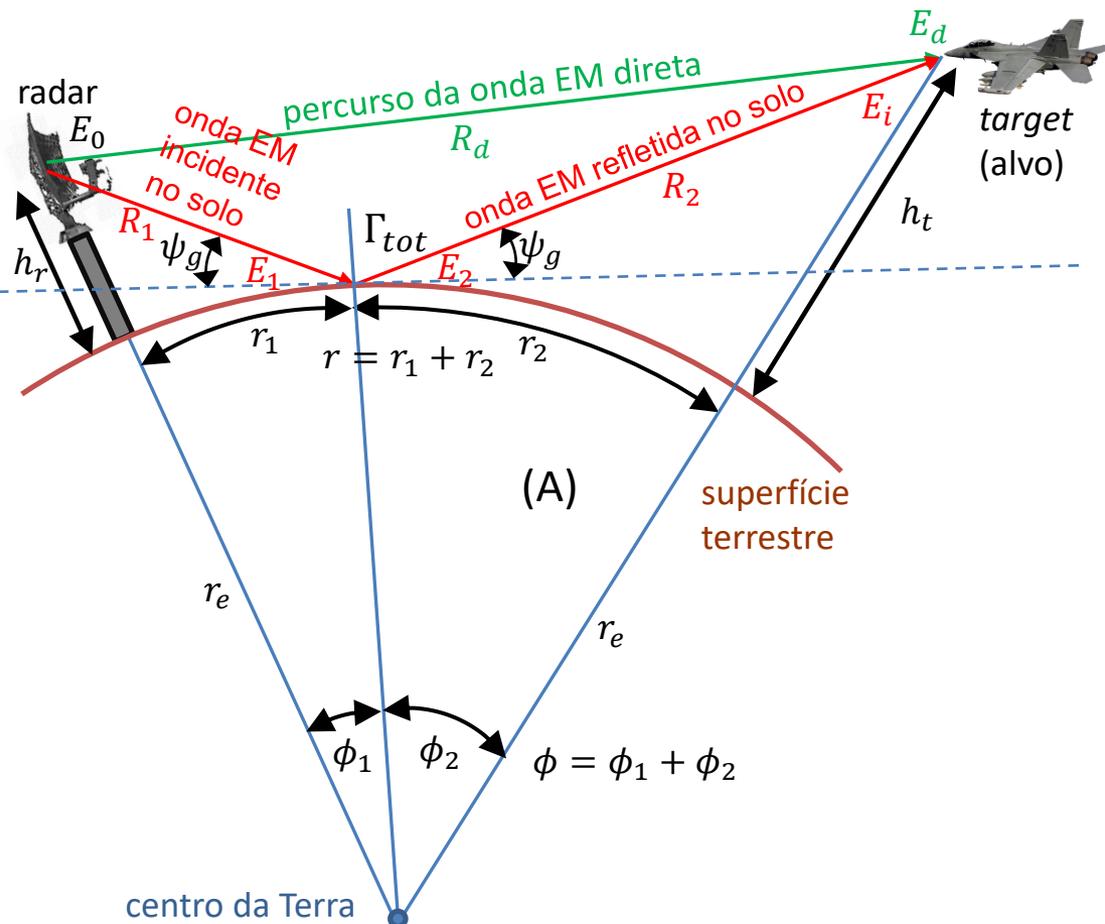
Prof. Fernando DeCastro



Homework 23

Um radar *pulse-Doppler* opera na banda X na frequência $f = 8$ [GHz] com largura de banda $B = 100$ [MHz]. A onda EM irradiada pela antena do radar se propaga até o alvo através de um percurso direto e através de um percurso indireto gerado pela reflexão da onda EM na superfície terrestre, conforme mostrado em (A) abaixo. A potência de pico do TX do radar é $P_{tx} = 50$ [KW] e sua antena de ganho $G = 40$ [dBi] situa-se a uma altura $h_r = 30$ [m]. O alvo, cujo *radar cross section* é $RCS = 10$ [m²], situa-se a uma altitude $h_t = 900$ [m] e a um range $R_d = 29$ [Km]. A superfície terrestre apresenta uma condutividade $\sigma = 13.66$ [S/m] e uma permissividade relativa $\epsilon_r = 65$ no ponto de reflexão da onda EM de frequência f . O valor rms da altura das irregularidades da superfície terrestre em que a onda EM incide e se reflete é $h_{rms} = \lambda$, sendo λ o comprimento de onda na frequência f de operação do radar. O *noise figure* do *front-end* de RF analógico do RX do radar é $NF = 1.4$ [dB].

Pede-se: (a) Verifique se a antena do radar tem linha de visada com o alvo. (b) Determine a diferença de tamanho ΔR entre os percursos direto e indireto e o ângulo de incidência ψ_g . (c) Determine o fator de rugosidade S_r da superfície terrestre no ponto de reflexão da onda EM. (d) Determine o fator de divergência D da onda EM devido à curvatura da Terra. (e) Determine o coeficiente de reflexão Γ da onda EM em superfície sem rugosidade. (f) Determine o coeficiente total Γ_{tot} de reflexão no solo para polarização V e H. (g) Determine a diferença de fase $\Delta\Phi$ entre as ondas EM direta e indireta nas vizinhanças do alvo. (h) Determine o fator de propagação F_p para polarização V e H. (i) Determine a SNR resultante na saída do *front-end* de RF do RX para polarização V e H



Homework 24

Um radar *pulse-Doppler* opera na banda X na frequência $f = 8$ [GHz] com largura de banda $B = 50$ [MHz]. A onda EM irradiada pela antena do radar se propaga até o alvo através de um percurso direto e através de um percurso indireto gerado pela reflexão da onda EM na superfície terrestre, conforme mostrado em (A) abaixo. A potência de pico do TX do radar é $P_{tx} = 75$ [KW] e sua antena de ganho $G = 46$ [dBi] situa-se a uma altura $h_r = 30$ [m]. O alvo, cujo *radar cross section* é $RCS = 10$ [m²], situa-se a uma altitude $h_t = 900$ [m] e a um range inicial $R_d = 55$ [Km], navegando em uma trajetória retilínea de aproximação do radar com velocidade v [Km/h] e mantendo constante a altitude h_t . A superfície terrestre apresenta uma condutividade $\sigma = 13.66$ [S/m] e uma permissividade relativa $\epsilon_r = 65$ no ponto de reflexão da onda EM de frequência f . O valor rms da altura das irregularidades da superfície terrestre em que a onda EM incide e se reflete é $h_{rms} = \lambda$, sendo λ o comprimento de onda na frequência f de operação do radar. O *noise figure* do *front-end* de RF analógico do RX do radar é $NF = 1.2$ [dB].

Pede-se: Para a trajetória retilínea definida por $3[\text{Km}] < R_d < 55 [\text{Km}]$ em que o alvo se aproxima do radar **(a)** Verifique se há linha de visada entre antena do radar e alvo. **(b)** Plote os gráficos $\psi_g [^\circ] \times R_d [\text{Km}]$ e $\Delta R [\text{m}] \times R_d [\text{Km}]$. **(c)** Plote o gráfico $S_r \times R_d [\text{Km}]$. **(d)** Plote o gráfico $D \times R_d [\text{Km}]$. **(e)** Plote os gráficos $|\Gamma_v| \times R_d [\text{Km}]$ e $|\Gamma_h| \times R_d [\text{Km}]$ **(f)** Plote os gráficos $|\Gamma_{vTot}| \times R_d [\text{Km}]$ e $|\Gamma_{hTot}| \times R_d [\text{Km}]$.

(g) Plote o gráfico $\Delta\Phi [^\circ] \times R_d [\text{Km}]$. **(h)** Plote os gráficos $F_{p_v} \times R_d [\text{Km}]$ e $F_{p_h} \times R_d [\text{Km}]$. **(i)** Plote os gráficos $\text{SNR}_{o_v} \times R_d [\text{Km}]$ e $\text{SNR}_{o_h} \times R_d [\text{Km}]$.

(j) Sabe-se que o demodulador digital do RX do radar exige uma SNR_o mínima $\text{SNR}_{\min} = 5$ [dB] na saída do *front end* de RF analógico do RX (ver slide 2 Cap I.1) p/ que não ocorra erros de demodulação e o alvo possa ser detectado com incerteza desprezível. Com base nos resultados p/ as polarizações V e H em (i), determine p/ ambas polarizações o *range* máximo que este radar é capaz de detectar sem incerteza o alvo ao longo da trajetória de aproximação. Analise o

