...ção, mas a sua leitura pode ser de ... tenha familiaridade com conceitos básicos de eletromagne-
tismo. Desenhos por quadrados curvilíneos são discutidos nas páginas 50-52. Uma discussão mais avançada de métodos de solução da equação de Laplace é fornecida no Capítulo 7.

3. Dekker, A. J. Ver Referências do Capítulo 5.
4. Hayt, W. H., Jr., and J. E. Kemmerly. *Engineering Circuit Analysis*. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1993.
5. Collin, R. E. and R. E. Plonsey. *Principles and Applications of Electromagnetic Fields*. New York: McGraw-Hill, 1961. Fornece um excelente tratamento de métodos de solução das equações de Laplace e de Poisson.
6. Smythe, W. R. *Static and Dynamic Electricity*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1968. Um tratamento avançado da teoria de potencial é dado no Capítulo 4.

PROBLEMAS

6.1 Considere um cabo coaxial com raio interno a, raio externo b, comprimento unitário e preenchido com um material de constante dielétrica ϵ_r. Compare este dispositivo a um capacitor de placas paralelas, onde cada placa tem largura w e separação entre as placas igual a d, além de ser preenchido com o mesmo dielétrico e possuir comprimento unitário. Expresse a razão b/a considerando a razão d/w, de tal modo que as duas estruturas armazenem a mesma energia para uma dada tensão aplicada.

6.2 Seja $S = 100\ \text{mm}^2$, $d = 3$ mm e $\epsilon_r = 12$ para um capacitor de placas paralelas. (*a*) Calcule a capacitância. (*b*) Após conectar uma bateria de 6V no capacitor, calcule E, D, Q e a energia eletrostática total armazenada. (*c*) Com a fonte ainda conectada, o dielétrico é cuidadosamente retirado da região entre as placas. Sem dielétrico, recalcule E, D, Q e a energia armazenada no capacitor. (*d*) A carga e a energia encontradas na parte (*c*) são menores que os respectivos valores encontrados na parte (*b*), como você já deve ter descoberto; então, o que foi feito da carga e da energia perdidas?

6.3 Os capacitores tendem a ser mais caros à medida que suas capacitâncias e tensões máximas, $V_{\max}$, aumentam. A tensão $V_{\max}$ é limitada pela intensidade do campo na qual o dielétrico se rompe*, E_{BD}**. Determine qual desses dielétricos proporcionará o maior produto $CV_{\max}$, considerando que as placas possuem áreas iguais: (*a*) ar: $\epsilon_r = 1$, $E_{BD} = 3$ MV/m; (*b*) titanato

---

...T.: Isso significa dizer que o dielétrico, mesmo que localmente, sofre o processo de ionização, ou seja, perde ...cterísticas isolantes e começa a conduzir.

...T.: O subscrito "BD" corresponde ao termo *dieletric break*, ou seja, a ruptura dielétrica.

separadas a uma distância de $10d$. Determine por qual fator cada uma das seguintes grandezas muda: (*a*) V_0; (*b*) C; (*c*) E; (*d*) D; (*e*) Q; (*f*) ρ_S; (*g*) W_E.

6.5 Um capacitor de placas paralelas está preenchido com um dielétrico não uniforme caracterizado por $\epsilon_r = 2 + 2 \times 10^6 x^2$, onde x é a distância em relação a um placa em metros. Se $S = 0{,}02\ \text{m}^2$ e $d = 1$ mm, calcule C.

6.6 Repita o Problema 6.4, considerando que a bateria é desconectada antes que a separação entre as placas seja aumentada.

6.7 Seja $\epsilon_{r1} = 2{,}5$ para $0 < y < 1$ mm, $\epsilon_{r2} = 4$ para $1 < y < 3$ mm e ϵ_{r3} para $3 < y < 5$ mm (região 3). Superfícies condutoras estão presentes em $y = 0$ e $y = 5$ mm. Calcule a capacitância por metro quadrado de área da superfície se: (*a*) a região 3 for constituído de ar; (*b*) $\epsilon_{r3} = \epsilon_{r1}$; (*c*) $\epsilon_{r3} = \epsilon_{r2}$; (*d*) a região 3 for constituído de prata.

6.8 Um capacitor de placas paralelas é feito utilizando-se duas placas circulares de raio a, com a placa inferior no plano xy, centrada na origem. A placa superior está posicionada em $z = d$, com seu centro no eixo z. A placa superior está em um potencial V_0 e a placa inferior está aterrada. Um dielétrico que tem permissividade que *varia radialmente* preenche a região entre as placas. A permissividade é dada por $\epsilon(\rho) = \epsilon_0(1 + \rho^2/a^2)$. Calcule: (*a*) **E**; (*b*) **D**; (*c*) Q; (*d*) C.

6.9 Dois cilindros condutores coaxiais de raios 2 cm e 4 cm possuem um comprimento de 1 m. A região entre os cilindros contém uma camada de dielétrico de $\rho = c$ até $\rho = d$ com $\epsilon_r = 4$. Calcule a capacitância se (*a*) $c = 2$ cm, $d = 3$ cm; (*b*) $d = 4$ cm e o volume do dielétrico for o mesmo que na parte (*a*).

6.10 Um cabo coaxial tem condutores de dimensões $a = 1{,}0$ mm e $b = 2{,}7$ mm. O condutor interno é sustentado por espaçadores dielétricos ($\epsilon_r = 5$) na forma de arruelas. As dimensões dessas arruelas são as seguintes: furo de raio 1mm, raio externo de 2,7 mm e uma espessura de 3,0 mm. Os espaçadores estão localizados a cada 2 cm na parte de baixo do cabo. (*a*) Por qual fator os espaçadores aumentam a capacitância por unidade de comprimento? (*b*) Se 100 V for mantido no cabo, determine **E** em todos os pontos.

6.11 Duas cascas condutoras esféricas possuem raios $a = 3$ cm e $b = 6$ cm. O interior é um dielétrico perfeito para o qual $\epsilon_r = 8$. (*a*) Calcule C. (*b*) Remove-se uma porção do dielétrico de forma que $\epsilon_r = 1{,}0$, $0 < \phi < \pi/2$ e $\epsilon_r = 8$, $\pi/2 < \phi < 2\pi$. Calcule C novamente.

6.12 (*a*) Determine a capacitância de uma esfera condutora isolada de raio a no espaço livre (considere a existência de um condutor externo em $r \to \infty$). (*b*) A esfera é coberta com uma camada dielétrica de espessura d e constante dielétrica ϵ_r. Se $\epsilon_r = 3$, determine d considerando a, tal que a capacitância seja o dobro daquela da parte (*a*).

6.24 Um campo potencial, no espaço livre, é dado em coordenadas esféricas como

$$V(r) = \begin{cases} [\rho_0/(6\epsilon_0)]\,[3a^2 - r^2] & (r \leq a) \\ (a^3\rho_0)/(3\epsilon_0 r) & (r \geq a) \end{cases}$$

onde ρ_0 e a são constantes. (*a*) Use a equação de Poisson para encontrar a densidade volumétrica de carga em toda a parte. (*b*) Determine a carga total presente.

6.25 Seja $V = 2xy^2z^3$ e $\epsilon = \epsilon_0$. Dado o ponto $P(1, 2, -1)$, calcule: (*a*) V em P; (*b*) $\mathbf{E}$ em P; (*c*) ρ_v em P; (*d*) a equação da superfície equipotencial que passa por P; (*e*) a equação da linha de força que passa por P. (*f*) V satisfaz a equação de Laplace?

6.26 Dado o campo potencial, esfericamente simétrico, no espaço livre, $V = V_0 e^{-r/a}$, calcule: (*a*) ρ_v em $r = a$; (*b*) o campo elétrico em $r = a$; (*c*) a carga total.

6.27 Seja $V(x, y) = 4e^{2x} + f(x) - 3y^2$ na região do espaço livre onde $\rho_v = 0$. É sabido que ambos E_x e V são zero na origem. Encontre $f(x)$ e $V(x, y)$.

6.28 Mostre que, em um meio homogêneo de condutividade σ, o campo potencial V satisfaz a equação de Laplace, se qualquer densidade volumétrica de carga presente não variar com o tempo.

6.29 Dado o campo potencial $V = (A\rho^4 + B\rho^{-4})$ sen 4ϕ: (*a*) Mostre que $\nabla^2 V = 0$. (*b*) Selecione A e B de forma que $V = 100$ V e $|\mathbf{E}| = 500$ V/m em $P(\rho = 1, \phi = 22{,}5°, z = 2)$.

6.30 Um capacitor de placas paralelas tem placas posicionadas em $z = 0$ e $z = d$. A região entre as placas é preenchida com um material que contém carga volumétrica de densidade uniforme ρ_0 C/m^3 e tem permissividade ϵ. Ambas as placas são mantidas no potencial de terra. (*a*) Determine o campo potencial entre as placas. (*b*) Determine a intensidade de campo elétrico $\mathbf{E}$ entre as placas. (*c*) Repita as partes (*a*) e (*b*) se o potencial da placa em $z = d$ for aumentado para V_0, com a placa em $z = 0$ aterrada.

6.31 Seja $V = (\cos 2\phi)/\rho$ no espaço livre. (*a*) Calcule a densidade volumétrica de carga no ponto $A(0{,}5, 60°, 1)$. (*b*) Encontre a densidade superficial de carga na superfície de um condutor que passa pelo ponto $B(2, 30°, 1)$.

6.32 Uma carga volumétrica uniforme tem densidade constante $\rho_v = \rho_0$ C/m^3 e preenche a região $r < a$, na qual a permissividade ϵ é considerada. Uma casca condutora esférica está posicionada em $r = a$ e é mantida no potencial de terra. Calcule: (*a*) o potencial em todos os pontos; (*b*) a intensidade de campo elétrico $\mathbf{E}$ em todos os pontos.

As funções $V_1(\rho, \phi, z)$ e $V_2(\rho, \phi, z)$ satisfazem a equação de Laplace na … $< 2\pi$, $-L < z < L$. Cada uma vale zero nas