

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE)

Concurso Público - NÍVEL SUPERIOR

CARGO: Tecnologista da Carreira de Desenvolvimento Tecnológico

Classe: Tecnologista Pleno 1 Padrão I

(TS14)

CADERNO DE PROVAS

PROVA DISCURSIVA

TEMA:

Discorra sobre a análise térmica aplicada a satélites artificiais usando um software especializado como o SINDA / Thermal Desktop ou similares. O texto deve abordar o procedimento para se realizar um projeto térmico, a representação de diferentes casos e condições orbitais, e seu uso como ferramenta de apoio a testes de balanço térmico.

PROVA OBJETIVA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

Questão 1: Assinale apenas a alternativa totalmente correta. A condutividade térmica de painéis estruturais de colmeia:

- a) () No plano (XY) é maior que no sentido transversal (Z), e k_x , k_y e k_z aumentam com o aumento da espessura do painel;
- b) () No plano (XY) é maior que no sentido transversal (Z), e k_x e k_y são independentes da espessura do painel, enquanto k_z aumenta com o aumento da espessura do painel;
- c) () No plano (XY) é menor que no sentido transversal (Z), e k_x e k_y aumentam com o aumento da espessura do painel, enquanto k_z diminui com o aumento da espessura;
- d) () No plano (XY) é menor que no sentido transversal (Z), e k_x e k_y diminuem com o aumento da espessura do painel, enquanto k_z aumenta com o aumento da espessura;
- e) () Nenhuma das alternativas anteriores é totalmente correta.

Questão 2: Assinale apenas a alternativa totalmente correta. Um isolante do tipo "MLI" para painéis externos de satélites possui:

- a) () Uma camada interna de espessura de cerca de 5 mm de fibra de vidro posicionada entre filmes de um polímero com micro camadas de ouro depositadas em suas faces externas;
- b) () Várias camadas de filme polimérico com uma micro camada de metal depositado, sendo que a camada externa possui seu lado metalizado voltado para espaço;
- c) () Várias camadas de filme polimérico com uma micro camada de metal depositado, sendo que

a camada externa possui seu lado metalizado voltado para dentro;

- d) () Várias camadas de filme polimérico não metalizado, e uma camada externa que possui um lado metalizado voltado para espaço;
- e) () Várias camadas de filme polimérico não metalizado, e uma camada externa que possui um lado metalizado voltado para dentro.

Questão 3: Assinale apenas a afirmativa totalmente correta. "OSR" é um revestimento de controle térmico composto por:

- a) () Uma camada de material transparente em espectro visível com uma micro camada de alumínio ou prata depositada do lado interno; possui a emissividade elevada e a absorvidade reduzida;
- b) () Uma camada contendo um filme de material refletivo tanto em espectro visível como em espectro infravermelho; o filme depositado é normalmente de ouro ou prata; possui a emissividade e absorvidade baixas;
- c) () Uma camada de material opaco em espectro visível com uma micro camada de alumínio ou prata depositada do lado externo; possui a emissividade e absorvidade baixas;
- d) () Uma camada de material transparente em espectro infravermelho com uma micro camada de alumínio ou prata depositada do lado interno; possui a emissividade elevada e absorvidade reduzida;
- e) () Nenhuma das respostas acima está correta.

Questão 4: Calcule a temperatura de junção (T_j) de um componente eletrônico, montado numa placa PCB fixada numa moldura com a temperatura fixa de 30°C . Pela especificação do componente, sabe-se que sua dissipação é de 1W e que $R_{jc} = 10^\circ\text{C/W}$; o componente possui 5 terminais de seção transversal quadrada de $0,5\text{ mm}$ de lado, comprimento $L = 5\text{ mm}$, feitos de um material com condutividade $k = 400\text{ W/(m K)}$. O substrato da placa é de FR4, com condutividade $k_p = 0,35\text{ W/(m K)}$, e espessura de 3 mm . Possui 20% de trilhas em uma camada condutiva única. A resistência de espalhamento do PCB é estimada em 4°C/W .

- a) () $T_j \approx +94^\circ\text{C}$
- b) () $T_j \approx +80^\circ\text{C}$
- c) () $T_j \approx +54^\circ\text{C}$
- d) () $T_j \approx +44^\circ\text{C}$
- e) () $T_j \approx +40^\circ\text{C}$

Questão 5: Assinale a afirmação correta sobre a órbita hélio-síncrona ("sun-synchronous") e fluxos térmicos associados a esta órbita:

- a) () Para esta órbita, o período de eclipse, caso exista, não varia significativamente ao longo do ano;
- b) () Esta órbita é sempre iluminada durante todo período da órbita, porém o fluxo solar varia durante o ano dentro de limites de aproximadamente $\pm 3,5\%$;
- c) () Independente dos parâmetros da órbita, sempre há eclipse;
- d) () O fluxo de albedo não depende de parâmetros de órbita, exceto sua altitude;
- e) () O fluxo infravermelho da Terra apresenta diferença significativa entre o lado iluminado da órbita e o eclipse.

Questão 6: Assinale a afirmação correta. A resistência térmica de contato entre dois materiais com superfícies planas:

- a) () Depende da rugosidade e dureza do material mais mole e ela aumenta no vácuo;
- b) () Depende da pressão de contato e diminui no vácuo;
- c) () Depende da pressão de contato e da rugosidade de ambos materiais e não depende de condições externas seja o vácuo ou ambiente normal;
- d) () Não depende da dureza, só depende de rugosidade dos materiais e da pressão de contato;
- e) () Depende mais da dureza e rugosidade do material mais duro entre os dois em contato.

Questão 7: Tubos de calor canônicos de alumínio são usados em painéis estruturais para fins de controle térmico. Assinale a afirmação totalmente correta:

- a) () Os tubos devem ser embutidos em painéis estruturais de colmeia; a colagem de tubos nas superfícies externas dos painéis não colabora com efeito algum;
- b) () A principal finalidade de tubos de calor embutidos é resfriar os painéis estruturais onde há equipamentos que dissipam calor, reduzindo a temperatura média desses painéis;
- c) () Se um painel com tubos de calor embutidos for posicionado durante testes na posição vertical referente aos tubos de calor, estes tubos não vão funcionar, independente da posição de fonte de calor.
- d) () Uma leve inclinação de painéis com tubos de calor embutidos dentro do limite de $\pm 10^\circ\text{C}$ não vai afetar funcionamento de tubos de calor nem limites operacionais deles;
- e) () Nenhuma afirmação acima é totalmente correta.

Questão 8: A finalidade e características principais de procedimentos de testes de ciclagem térmica em câmara de vácuo de um satélite completamente configurado para voo são:

- a) () Verificar se o satélite resiste a estresses provocados por submetê-lo às temperaturas extremas previstas pelo modelo térmico-matemático, considerando margens de qualificação; testes funcionais de equipamentos e instrumentos são realizados antes e depois do teste;
- b) () Simular cargas e condições externas previstas em voo e observar as temperaturas dos equipamentos sob condições similares a quando o satélite está em funcionamento, considerando ainda margens de aceitação;
- c) () Simular cargas e condições externas previstas em voo e observar se o subsistema de controle térmico consegue manter as temperaturas dos equipamentos dentro de limites especificados;
- d) () Aplicar cargas de radiação externa às superfícies externas do satélite em funcionamento de modo que a maioria dos equipamentos atinja as temperaturas previstas em voo em condições extremas, considerando margens de aceitação;
- e) () Aplicar cargas de radiação externa às superfícies externas do satélite em funcionamento de modo que a maioria dos

equipamentos atinja as temperaturas previstas em voo em condições extremas, considerando margens de qualificação.

Questão 9: A temperatura máxima de um painel solar de um satélite em órbita:

- a) () Depende da absorvidade e emissividade da célula, e não depende da eficiência elétrica da célula e de propriedades ópticas da face oposta do painel;
- b) () Depende de absorvidade da célula e de propriedades ópticas da face oposta do painel; não depende da eficiência elétrica da célula e sua emissividade;
- c) () Depende da emissividade da célula; não depende da eficiência elétrica da célula e de propriedades ópticas da face oposta do painel nem da absorvidade;
- d) () Depende da emissividade da célula e da eficiência elétrica de célula, e não depende da absorvidade da célula e propriedades ópticas da face oposta do painel.
- e) () Depende de absorvidade e emissividade da célula, propriedades ópticas da face oposta do painel e eficiência elétrica da célula.

Questão 10: Durante testes de termo-vácuo de um satélite (modelo de voo), os fluxos externos absorvidos nos radiadores podem ser simulados da(s) seguinte(s) maneira(s):

- a) () Somente por lâmpadas de espectro semelhante ao espectro solar;
- b) () Somente por dispositivos IRA ("Infrared Radiation Array");
- c) () Somente por "skin-heaters" de kapton, colados nas superfícies externas dos radiadores;
- d) () Tanto por lâmpadas como por dispositivos IRA;
- e) () Tanto por lâmpadas, como por dispositivos IRA ou "skin-heaters".

Questão 11: No software de análise térmica SINDA/Thermal Desktop (a partir da versão 4.7) o controle ativo com aquecedores pode ser implementado:

- a) () Somente do tipo "on-off";
- b) () Somente do tipo proporcional;
- c) () Tipo "on-off" ou proporcional;
- d) () Tipo "on-off" ou tipo PID;
- e) () Tipo "on-off" ou tipo PD.

Questão 12: A temperatura da camada externa do "MLI", T_{MLI} , em regime permanente pode ser obtida

através da equação de balanço. Sendo: ϵ - emissividade; α - absorvidade; ϵ_{eff} - emissividade efetiva; q_s - fluxo solar; q_a - fluxo de Albedo; q_e - fluxo da Terra; T_p - temperatura de painel onde o "MLI" é instalado. T_{MLI} é dada por:

- a) () $T_{MLI} = T_p + \sqrt[4]{\frac{\epsilon q_e + \alpha q_s + \alpha q_a}{\epsilon_{eff} \sigma}}$
- b) () $T_{MLI} = \sqrt[4]{T_p^4 + \frac{\epsilon q_e + \alpha q_s + \alpha q_a}{\epsilon_{eff} \sigma}}$
- c) () $T_{MLI} = \sqrt[4]{\frac{\epsilon q_e + \alpha q_s + \alpha q_a + \epsilon_{eff} \sigma T_p^4}{(\epsilon + \epsilon_{eff}) \sigma}}$
- d) () $T_{MLI} = \sqrt[4]{T_p^4 + \frac{\epsilon q_e + \alpha q_s + \alpha q_a}{(\epsilon_{eff} + \epsilon) \sigma}}$
- e) () $T_{MLI} = \sqrt[4]{T_p^4 + \frac{\epsilon_{eff} q_e + \alpha q_s + \epsilon q_a}{\epsilon_{eff} \sigma}}$

Questão 13: Considerando o projeto térmico de placas de circuito impresso, PCBs, assinale a opção de abordagem que fornece a avaliação mais conservadora para a condutividade efetiva da placa:

- a) () Modelo serial;
- b) () Modelo paralelo;
- c) () Modelo de média aritmética;
- d) () Modelo da média geométrica;
- e) () Modelo da média harmônica.

Questão 14: Assinale somente a alternativa completamente correta: No software de análise térmica SINDA/Thermal Desktop (a partir da versão 4.7), a condutividade térmica anisotrópica de elementos sólidos tipo "brick" pode ser efetuada:

- a) () Aplicando propriedade isotrópica no elemento e modificando multiplicadores para cada eixo na aba "condutividade-capacidade"; não existem outros recursos para definir condutividade anisotrópica;
- b) () Aplicando propriedade anisotrópica no elemento e usando elementos artificiais "orienters" para definir eixos; não existem outros recursos para definir condutividade anisotrópica;
- c) () Aplicando propriedade anisotrópica sem usar "orienters" para definir eixos, pois eixos locais são definidos na hora de construir o elemento; não existem outros recursos para definir condutividade anisotrópica;
- d) () Por uso de multiplicadores na aplicação de propriedade isotrópica ou por uso de propriedade anisotrópica no elemento sem usar os "orienters";

- e) () O elemento "brick" é somente isotrópico; os painéis ou outros elementos com condutividade anisotrópica devem ser formados por junção de vários elementos com condutividades diferentes.

Questão 15: Em cálculos numéricos de transferência de calor por radiação em compartimentos fechados compostos por vários equipamentos, utilizando um software especializado de análise térmica, a abordagem mais efetiva para acelerar os cálculos sem perda significativa de precisão é:

- a) () Trocar do método de Monte Carlo (MC) para método de Gebhart;
b) () Diminuir o número de raios emitidos de cada superfícies em método de MC;
c) () Usar algoritmo "oct-tree";
d) () Calcular os fatores de forma separada, usando o método de radiosidades;
e) () Calcular os fatores de forma separada, usando o método de Gebhart.

Questão 16: No software de análise térmica SINDA/TermalDesktop (a partir da versão 4.7), a simulação do "MLI":

- a) () É efetuada pela aplicação de um nó tipo aritmético; as propriedades efetivas do MLI podem ser definidas somente pela emissividade efetiva;
b) () É efetuada pela aplicação de um nó difuso baseado na propriedade de material do MLI; as propriedades efetivas do MLI podem ser definidas somente pela condutividade efetiva;
c) () É efetuada pela aplicação de um nó tipo aritmético para cada camada interna do MLI; as propriedades efetivas do MLI podem ser definidas tanto pela emissividade efetiva como pela condutividade efetiva, porém a combinação é não possível;
d) () É efetuada pela aplicação de um nó tipo aritmético ou nó difuso baseado no material; as propriedades efetivas do MLI podem ser definidas tanto pela emissividade efetiva como pela condutividade efetiva, porém a combinação é não possível;
e) () É efetuada pela aplicação um nó tipo aritmético ou nó difuso baseado no material; as propriedades de MLI podem ser definidas tanto pela emissividade efetiva como pela condutividade efetiva, e a combinação é também possível.

Questão 17: Assinale a alternativa com a equação que define teoricamente a emissividade efetiva do isolamento tipo "MLI". Assuma que n é o número de camadas internas e ϵ a emissividade de cada face interna:

- a) () $\epsilon_{eff} = \left(\frac{1}{n+1} \right) \left(\frac{1}{\frac{2}{\epsilon} - 1} \right)$ porém na realidade o valor da emissividade efetiva pode ser maior em até 50%;
- b) () $\epsilon_{eff} = \left(\frac{1}{n+1} \right) \left(\frac{1}{\frac{2}{\epsilon} - 1} \right)$ porém na realidade o valor da emissividade efetiva pode ser maior em mais de 50%;
- c) () $\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon}{n+1} \right)$ porém na realidade o valor da emissividade efetiva pode ser maior em até 50%;
- d) () $\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon}{n+1} \right)$ porém na realidade o valor da emissividade efetiva pode ser maior em mais de 50%;
- e) () $\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon}{n+1} \right)$ porém na realidade o valor da emissividade efetiva pode ser maior em mais de 100%.

Questão 18: Na simulação numérica de painéis estruturais internos de satélite, os parâmetros da malha numérica aplicada ao painel podem ou não afetar o cálculo correto de temperatura de equipamentos dissipantes instalados neste painel. Assinale a afirmação correta:

- a) () A divisão nodal no sentido transversal (z) não afeta a temperatura calculada de equipamentos;
b) () O uso de malha mais grosseira no plano do painel provoca a tendência de se obterem temperaturas de equipamentos mais baixas do que na realidade;
c) () O uso de malha mais grosseira no plano do painel provoca a tendência de se obterem temperaturas de equipamentos mais altas do que na realidade;
d) () Na simulação de gradientes de temperatura no plano de painel (xy), o uso da malha mais refinada não afeta o cálculo da temperatura de equipamentos;
e) () A simulação de gradientes da temperatura com malha mais refinada, tanto no plano

como no sentido transversal do painel, não afeta a temperatura de equipamentos, pois o principal mecanismo de troca de calor em compartimentos internos do satélite é por radiação.

Questão 19: Pela previsão dada por um modelo térmico, um equipamento sofrerá variações de temperatura em voo dentro de limites de -5°C a $+35^{\circ}\text{C}$. Avalie a designação de margens sem preocupar com as magnitudes das mesmas:

- a) () A faixa de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$ será a faixa da temperatura esperada; a faixa de -15°C a $+45^{\circ}\text{C}$ será a faixa de aceitação; a faixa de -20°C a $+50^{\circ}\text{C}$ será a faixa de qualificação;
- b) () A faixa de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$ será a faixa da temperatura de aceitação; a faixa de -15°C a $+45^{\circ}\text{C}$ será a faixa de temperatura esperada; a faixa de -20°C a $+50^{\circ}\text{C}$ será a faixa de qualificação;
- c) () A faixa de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$ será a faixa de qualificação; a faixa de -15°C a $+45^{\circ}\text{C}$ será a faixa de aceitação; a faixa de -20°C a $+50^{\circ}\text{C}$ será da temperatura esperada;
- d) () A faixa de -5°C a $+35^{\circ}\text{C}$ será a faixa da temperatura esperada; a faixa de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$ será a faixa de qualificação; a faixa de -15°C a $+45^{\circ}\text{C}$ será a faixa de aceitação;
- e) () A faixa de -5°C a $+35^{\circ}\text{C}$ será a faixa da temperatura esperada; a faixa de -10°C a $+40^{\circ}\text{C}$ será a faixa de aceitação; a faixa de -15°C a $+45^{\circ}\text{C}$ será a faixa de qualificação.

Questão 20: Em uma órbita circular tipo "LEO" ("Low-Earth Orbit"), o satélite é submetido a fluxos externos. Assinale a alternativa correta a respeito do fluxo de albedo nesse tipo de órbita:

- a) () O fluxo de albedo médio orbital não depende de altitude;
- b) () O fluxo de albedo depende da inclinação da órbita e varia durante órbita;
- c) () O fluxo de albedo não depende da inclinação da órbita, mas varia durante órbita;
- d) () O fluxo de albedo não depende da constante solar;
- e) () O fluxo de albedo médio orbital depende da temperatura média da Terra.

Questão 21: Na transferência de calor por radiação, o fator da forma:

- a) () Aumenta com o aumento da emissividade de uma das superfícies envolvidas na transferência de calor;

- b) () Depende da emissividade na forma não linear;
- c) () Depende da absorvidade na forma linear;
- d) () Depende tanto da absorvidade como da emissividade na forma complexa;
- e) () Nenhuma das afirmações acima é correta.

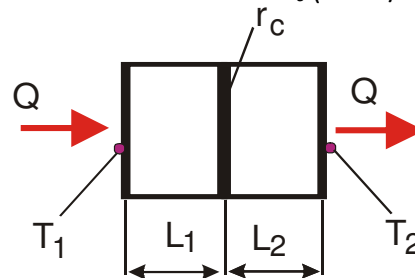
Questão 22: Uma superfície opaca tem suas propriedades ópticas degradadas ao longo do tempo. Se a emissividade degradada de 0,7 a 0,9 e absorvidade de 0,2 a 0,4, é correto dizer que nas condições de "BOL":

- a) () A refletividade no espectro infravermelho é 0,8;
- b) () A refletividade no espectro infravermelho é 0,6;
- c) () A refletividade no espectro solar é 0,3;
- d) () A refletividade no espectro solar é 0,8;
- e) () A refletividade no espectro infravermelho é 0,1 e no espectro solar é 0,6.

Questão 23: Quando há a degradação de propriedades ópticas de tinta branca com o tempo de missão, o parâmetro mais afetado pelo ambiente espacial é:

- a) () Emissividade;
- b) () Transparência em espectro solar;
- c) () Transparência em espectro infravermelho;
- d) () Refletividade em espectro solar;
- e) () Absortividade em espectro infravermelho.

Questão 24: Um conjunto é composto de duas placas em contato de dois materiais de condutividade k_1 e k_2 , e de espessuras L_1 e L_2 , conforme mostrado na figura. A área transversal é A . As temperaturas nas superfícies externas são conhecidas por leitura dos termopares T_1 e T_2 . Sabendo que a taxa de calor atravessando o sistema é Q (W), qual seria a equação para obter a resistência de contato r_c ($^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$)?



- a) () $r_c = \frac{A(T_1 - T_2)}{Q} + \left(\frac{L_1}{k_1} - \frac{L_2}{k_2} \right)$
- b) () $r_c = \frac{A(T_1 - T_2)}{Q} - \left(\frac{L_1}{k_1} + \frac{L_2}{k_2} \right)$

$$c) () r_c = \frac{A(T_1 - T_2)}{Q} - \frac{k_1 L_1 + k_2 L_2}{k_1 k_2}$$

$$d) () r_c = \frac{A(T_1 - T_2)}{Q} + \frac{k_2 L_1 + k_1 L_2}{k_1 k_2}$$

$$e) () r_c = \frac{A(T_1 - T_2)}{Q} + \frac{k_1 L_1 - k_2 L_2}{k_1 k_2}$$

Questão 25: Uma pequena placa está perdida no espaço. Ela está sob ação de fluxos: solar (q_s), albedo (q_a) e da Terra (q_e), todos atuando de um lado só, e dados em (W/m^2). Considerando-se que suas propriedades óticas α e ε são iguais para ambos os lados e que são conhecidas e também a área da placa, A , qual equação a seguir define a temperatura de equilíbrio desta placa?

$$a) () T_{eq} = \sqrt[4]{\frac{(\alpha q_s + \alpha q_a + \varepsilon q_e)}{\varepsilon \sigma}}$$

$$b) () T_{eq} = \sqrt[4]{\frac{(\varepsilon q_s + \varepsilon q_a + \alpha q_e) A}{2 \varepsilon \sigma}}$$

$$c) () T_{eq} = \sqrt[4]{\frac{\alpha q_s + \varepsilon q_a + \varepsilon q_e}{\varepsilon \sigma A}}$$

$$d) () T_{eq} = \sqrt[4]{\frac{\alpha q_s + \alpha q_a + \varepsilon q_e}{2 \varepsilon \sigma}}$$

$$e) () T_{eq} = \sqrt[4]{\frac{\alpha q_s + \alpha q_a + \varepsilon q_e}{2 \alpha \sigma}}$$

Questão 26: A equação linearizada de troca de calor por radiação está definida como $Q = h_r A (T_1 - T_2)$. Qual expressão a seguir define o coeficiente efetivo de transferência de calor por radiação?

$$a) () h_r = \varepsilon \sigma (T_1 + T_2) (T_1^2 - T_2^2)$$

$$b) () h_r = \varepsilon \sigma (T_1^3 + T_2^3 + T_1 T_2 (T_1 - T_2))$$

$$c) () h_r = \varepsilon \sigma (T_1 - T_2) (T_1^2 + T_2^2)$$

$$d) () h_r = 3 \varepsilon \sigma T_1^2 T_2$$

e) () Nenhuma das equações em cima

Questão 27: Qual metal da lista a seguir é mais indicado para usar como “interfiller” entre o equipamento e o painel de satélite para melhorar o contato térmico?

a) () Cobre;

b) () Alumínio;

c) () Estanho;

d) () Índio;

e) () Molibdênio.

Questão 28: Nos testes TVT de equipamentos de nível de qualificação, a temperatura máxima de componentes eletrônicos durante o teste:

a) () Deve ser sempre menor que o limite “derated”, e mais uma margem de 30 °C;

b) () Deve ser sempre menor que o limite “derated”, e mais uma margem de 10 °C;

c) () Deve ser sempre menor ou igual ao limite “derated”;

d) () Temporariamente pode ser maior que o limite “derated”, entretanto deve ser menor do que o limite operacional;

e) () Temporariamente pode ser maior do que o limite operacional, mas não em mais do que 10 °C.

Questão 29: Assinale a partir de qual equação pode-se obter a distribuição de temperatura ao longo de uma placa PCB com componentes dissipando calor, considerando-se uma aproximação 2D. Assuma t : espessura da placa; k : condutividade efetiva; q : fluxo de dissipação dos componentes; A : área da placa; h : coeficiente de transferência de calor com a moldura, T_f : temperatura de moldura.

$$a) () kt \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + kt \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - q + h(T - T_f) = 0$$

$$b) () kt \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + kt \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + q - h(T - T_f) = 0$$

$$c) () k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - \frac{qt}{A} + \frac{k}{A}(T - T_f) = 0$$

$$d) () k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{qt}{A} - \frac{k}{A}(T - T_f) = 0$$

$$e) () ht \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + ht \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{q}{t} - \frac{h}{t}(T - T_f) = 0$$

Questão 30: Um equipamento eletrônico, no formato de caixa, possui emissividade ε_1 e absorptividade α_1 e a área de troca de calor por radiação é A_1 . O equipamento se encontra montado num painel interno de um satélite, dentro de um compartimento fechado com área total exposta para radiação igual a A_2 , emissividade ε_2 e absorptividade α_2 . A temperatura de todos os painéis é fixa e igual a T_2 . A área de interface entre equipamento e painel é A_c e a resistência de contato específica é r_c . Sabe-se que o equipamento dissipa a potência Q . Qual a equação de balanço correta que deve ser usada para calcular a temperatura do equipamento T_1 ?

$$a) () Q = \frac{A_c}{r_c} (T_1 - T_2) + \frac{A_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \right)}$$

$$b) () \quad Q = \frac{A_1 \varepsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\alpha_2} - 1 \right) \right)} + \frac{A_c}{r_c} (T_1 - T_2)$$

$$c) () \quad Q = \frac{A_c}{r_c} (T_1 - T_2) - \frac{A_1 \varepsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\alpha_2} - 1 \right) \right)}$$

$$d) () \quad Q = \frac{A_c}{r_c} (T_1 - T_2) - \frac{A_1 \varepsilon_1 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right) \right)}$$

$$e) () \quad Q = \frac{A_c}{r_c} (T_1 - T_2) + \frac{A_1 \varepsilon_1 \varepsilon_2 \sigma (T_1^4 - T_2^4)}{\left(\frac{A_1}{A_2} \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \right)}$$

Questão 31: Um equipamento interno do satélite, é montado em um compartimento fechado, onde a temperatura dos painéis é T_p . O equipamento dissipa uma taxa de calor Q e se encontra montado em um dos painéis com uma resistência de contato R_c . A área total de superfícies do equipamento envolvidas em troca de calor por radiação é A . Considerando que a equação de transferência de calor por radiação pode ser linearizada usando o coeficiente efetivo h_r , a temperatura do equipamento pode ser obtida através de qual equação:

$$a) () \quad T_{eq} = \frac{QR_c + T_p(1 - h_r AR_c)}{(1 - h_r AR_c)}$$

$$b) () \quad T_{eq} = \frac{QR_c + T_p(1 + h_r AR_c)}{(1 + h_r AR_c)}$$

$$c) () \quad T_{eq} = \frac{Q + h_r A(T_p - QR_c)}{h_r AR_c}$$

$$d) () \quad T_{eq} = \frac{Q + h_r A(T_p + QR_c)}{h_r AR_c}$$

$$e) () \quad T_{eq} = \frac{Q - h_r A(T_p + QR_c)}{h_r AR_c}$$

Questão 32: O teste de choque térmico é aplicado:

- a) () Em nível de satélite sobre o modelo termo-estrutural, em faixa de temperatura de qualificação, com taxa de mudança de temperatura igual ou maior que 20°C/min;
- b) () Em nível de satélite sobre modelo de voo, em faixa de temperatura de aceitação, com taxa de mudança de temperatura igual ou maior que 5°C/min;
- c) () Em nível de satélite sobre modelo de voo, em faixa de temperatura de qualificação, com taxa de mudança de temperatura igual ou maior que 20°C/min;

- d) () Em nível de satélite sobre modelo termo-estrutural, em faixa de temperatura de aceitação, com taxa de mudança de temperatura igual ou maior de 5°C/min;
- e) () Não se aplica em nível de satélite.

Questão 33: Assinalar somente a afirmação correta: O aterramento do "MLI" de painéis externos de satélite:

- a) () É obrigatório para mantas pequenas e opcional para mantas grandes; envolve o aterramento somente das camadas externas; não afeta a condutividade efetiva do MLI;
- b) () É obrigatório para mantas grandes e opcional para mantas pequenas; envolve o aterramento de todas as camadas; afeta a condutividade efetiva do MLI;
- c) () É obrigatório para mantas grandes e opcional para mantas pequenas; envolve o aterramento somente das camadas externas; afeta a condutividade efetiva do MLI;
- d) () É obrigatório para mantas pequenas, e opcional para mantas grandes; envolve o aterramento de todas as camadas; não afeta a condutividade efetiva do MLI;
- e) () É obrigatório para mantas grandes, e opcional para mantas pequenas; envolve aterramento somente das camadas externas; não afeta a condutividade efetiva do MLI.

Questão 34: Assinale somente a afirmação correta: venezianas térmicas, na condição de dissipação interna constante:

- a) () Abrem-se no eclipse e fecham-se na iluminação; existem somente duas posições - aberta e fechada; lâminas são pintadas com tinta preta;
- b) () Abrem-se no eclipse e fecham-se na iluminação; existem posições intermediárias de lâminas além das posições aberta e fechada; as lâminas são polidas;
- c) () Abrem-se na iluminação e fecham-se no eclipse; existem somente duas posições - aberta e fechada; as lâminas são pintadas de preto;
- d) () Abrem-se na iluminação e fecham-se no eclipse; existem posições intermediárias de lâminas além das posições aberta e fechada; as lâminas são pintadas com tinta preta;
- e) () Abrem-se na iluminação e fecham-se no eclipse; existem posições intermediárias de lâminas além das posições aberta e fechada; as lâminas são polidas.

Questão 35: Considere um conjunto de 5 placas de circuito impresso (PCBs) de mesma área. Aplicando-se o modelo de condutividade efetiva de média aritmética, escolha a placa que fornece as condições mais favoráveis do ponto de vista térmico para os componentes eletrônicos montados nela. Dados:

PCB	Parâmetros
1	espessura do substrato de FR4 de 2 mm, 1 camada condutiva de 2 oz, percentagem de trilhas 15 %
2	espessura do substrato de FR4 de 2 mm, 1 camada condutiva de 1 oz, percentagem de trilhas 20 %
3	espessura do substrato de FR4 de 2 mm, 1 camada condutiva de 2 oz, percentagem de trilhas 30%

4	espessura do substrato de FR4 de 4 mm, 1 camada condutiva de 4 oz, percentagem de trilhas 5%
5	espessura do substrato de FR4 de 4 mm, 1 camada condutiva de 3 oz, percentagem de trilhas 25 %

- a) () PCB 1;
- b) () PCB 2;
- c) () PCB 3;
- d) () PCB 4;
- e) () PCB 5.