

Eletrônico



Estratégia
CONCURSOS

Aula

Calor e Termodinâmica IV - PETROBRAS (Técnica em Inspeção de Equipamentos e Instalações Júnior) - 2019

Professor: Victor Augusto Sousa e Silva

AULA 00 - Transferência de calor

Sumário

1. Apresentação	2
2. Edital e cronograma do curso	3
3. Transferência de calor	4
2.1. Condução.....	4
3.1.1. Condução unidimensional em regime permanente	4
3.1.2. Resistência térmica	9
2.2. Convecção.....	10
2.3. Radiação	12
4. Resolução de questões	16
5. Lista de questões apresentadas na aula	27
6. Gabarito.....	36



1. Apresentação

Olá! Daremos continuidade a este curso para o cargo de **TÉCNICO(A) EM INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES JÚNIOR** da **PETROBRAS**, abordando alguns tópicos relacionados a calor e termodinâmica. As provas serão aplicadas pela tradicional banca **CESGRANRIO** e por isso trarei muitas questões dessa banca.



Vamos então às apresentações: Eu me chamo Victor Augusto Sousa e Silva e me graduei em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) em 2014, tendo um ano de graduação sanduíche no INSA Toulouse, na França. Posteriormente, obtive mestrado na Universidade de Columbia (Nova Iorque, EUA) em 2015. Conquistei então minha primeira aprovação em concurso público no concurso da Polícia Científica de Pernambuco (CESPE/2016) para o cargo de Perito Criminal, sendo o primeiro lugar na área de química/engenharia química.

2. Edital e cronograma do curso

Meu papel neste curso é cobrir os seguintes conteúdos que se encontram para do cargo **TÉCNICO(A) EM INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES JÚNIOR**: Transferência de calor, mudanças de estado e calorimetria.

Aula	Conteúdo
Aula 00	Transferência de calor
Aula 01	Mudanças de estado
Aula 02	Calorimetria

Agora vamos direto para o conteúdo!



3. Transferência de calor

O calor é uma forma de energia que pode ser transferida de um sistema para outro como resultado da diferença de temperatura. Essa transferência sempre se dá do meio de maior temperatura para o de menor, cessando quando os dois atingem a mesma temperatura.

2.1. Condução

Este mecanismo consiste na transferência de energia das partículas mais energéticas para as partículas vizinhas menos energéticas. A condução ocorre em sólidos, líquidos e gases.

Nos líquidos e gases a energia é transferida por meio de colisões e por difusão das moléculas: as partículas mais energéticas são as mais agitadas e por isso acabam propagando essa agitação sobre as suas vizinhas. Já em sólidos, as moléculas estão contidas em uma rede e não tem a mesma mobilidade quando nos estados líquido ou gasoso. Assim, nos sólidos, a energia é transferida por meio de vibrações na rede de moléculas e pelo fluxo de elétrons livres.

Por exemplo, considere uma garrafa de bebida gelada em um ambiente quente. Ao longo do tempo, calor é transferido através do vidro da garrafa por meio de **condução**, até que a bebida tenha temperatura igualda com a do ambiente.

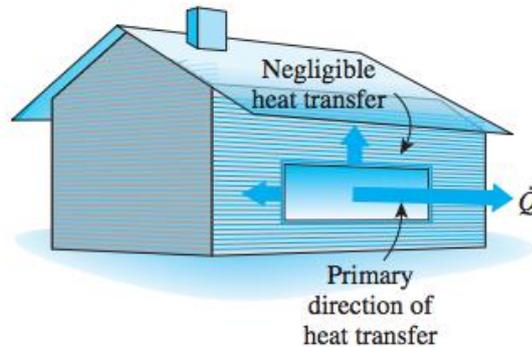
A taxa a qual o calor é conduzido através de um meio depende da **geometria** do mesmo, da **espessura**, do **tipo de material** e da **diferença de temperatura** a que este meio está submetido.

3.1.1. Condução unidimensional em regime permanente

A transferência de calor é dita unidimensional se a temperatura varia ao longo de uma única direção, desprezando a transferência de calor nas outras direções. Certamente trata-se de uma aproximação, mas é bastante

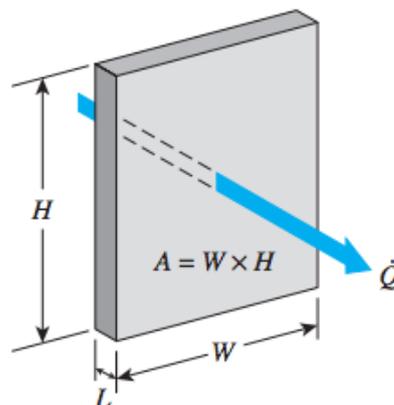


consistente em alguns casos. Por exemplo, considere a transferência de calor através do vidro de uma janela:



Fonte: Çengel, Y, Ghajar, A. *Heat and Mass transfer: Fundamentals & Applications*. 5th ed.

Neste caso, a condução de calor ocorre predominantemente na direção normal a superfície do vidro, enquanto nas outras direções ela é desprezível. Experimentalmente, se comprovou que a transferência de calor por condução é diretamente proporcional à diferença de temperatura (ΔT) ao longo do meio e à área (A) normal à direção da transferência, mas inversamente proporcional à distância/comprimento (L) na direção da condução:



Fonte: Çengel, Y, Ghajar, A. *Heat and Mass transfer: Fundamentals & Applications*. 5th ed.

Essa relação é expressa matematicamente pela **lei da condução de calor de Fourier** para o caso unidimensional:

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Onde k é a condutividade térmica do meio (material) e $\frac{dT}{dx}$ é o gradiente de temperatura. Se a transferência de calor ocorre em regime permanente, a taxa de condução de calor (\dot{Q}_{cond}) é constante, então podemos integrar a lei de Fourier para obter:

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Q1. (IESES 2016 – Engenheiro: Operação e Manutenção/Sergipe Gás SA)

Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:

O fenômeno da condução térmica é aquele em que o calor é levado das regiões de mais alta temperatura para aquelas de mais baixa temperatura através de uma substância. Aquela propriedade que caracteriza esta habilidade, quantificando a razão com que este calor é transmitido é a condutividade térmica de um material, normalmente representado por "k", que tem como unidade:

- (A) W/m.K (B) W/m.K² (C) W.m²/K (D) W².m/K

Resolução:

Vamos nos valer da análise dimensional para responder essa questão. A taxa de transferência de calor tem unidade de energia/tempo (Watt, no SI). Portanto, a equação $\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$ em forma dimensional fica:

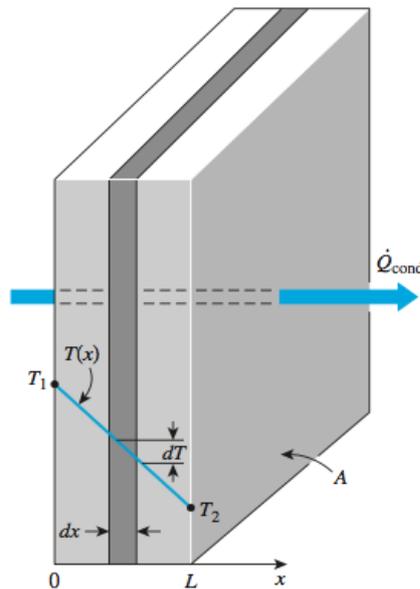
$$W [=] k (m^2) \frac{(K)}{(m)}$$

$$k [=] \frac{W}{m \cdot K}$$

GABARITO: A



Se essa condução ocorre em uma parede plana de espessura "L" e temperaturas nas extremidades igual a T_1 e T_2 :



Fonte: Çengel, Y, Ghajar, A. *Heat and Mass transfer: Fundamentals & Applications*. 5th ed.

Teremos então:

$$\dot{Q}_{cond, parede} = -kA \frac{(T_2 - T_1)}{L}$$
$$\dot{Q}_{cond, parede} = kA \frac{(T_1 - T_2)}{L}$$

Veja que o perfil de temperatura na parede é linear, o que indica que a transferência de calor atingiu seu estado estacionário, isto é, as propriedades do processo permanecem constantes ao longo do tempo. Portanto, a taxa de calor (\dot{Q}_{cond}) que flui através da parede é constante e pode ser calculada pela equação da condução que deduzimos.

Q2. (CESGRANRIO 2012 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

Uma camada quadrada e uniforme, de vidro, com $d = 6,0$ cm de espessura e $L = 50$ cm de lado, está colocada sobre uma placa metálica que se encontra a 80 °C. Dado que a condutividade térmica desse vidro é $k = 1,1$ W/(m . K) e que a atmosfera sobre a camada se encontra a 20 °C, a potência térmica transmitida, em W, é

- (A) 2,75
- (B) 3,30
- (C) 80
- (D) 275
- (E) 330

Resolução:

O problema exige o conhecimento da equação da condução, primeiro vamos calcular a diferença de temperatura ao longo do vidro. Em uma extremidade temos a temperatura da placa metálica (80°C), na outra a temperatura atmosférica (20°C):

$$T_1 - T_2 = (80^{\circ}\text{C} - (20^{\circ}\text{C})) = 60^{\circ}\text{C}$$

Uma diferença de temperatura (ΔT) em graus Celsius é o mesmo que a diferença na escala Kelvin. Logo: $\Delta T = 60$ K

Enquanto a área onde ocorre a transferência é a área de um quadrado:

$$A = (0,50 \text{ m}) \cdot (0,50 \text{ m}) = 0,25 \text{ m}^2$$

Agora basta substituir os valores na equação da condução:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{\Delta T}{L} = \left(1,1 \frac{\text{W}}{\text{m}^{\circ}\text{C}}\right) (0,25 \text{ m}^2) \left(\frac{60 \text{ K}}{0,06 \text{ m}}\right)$$

$$\dot{Q}_{cond} = (1,1) \times (25) \times (10) \text{ W} = 275 \text{ kW}$$

GABARITO: D



3.1.2. Resistência térmica

Podemos reorganizar a equação da condução de calor através de uma parede para introduzirmos uma nova propriedade:

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{(T_1 - T_2)}{R_{cond}}$$

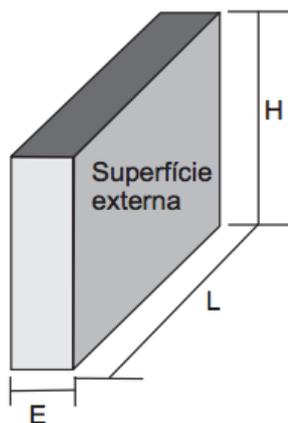
Onde:

$$R_{cond} = \frac{L}{kA}$$

Esta é a **resistência térmica** da parede contra a condução de calor, com unidades em °C/W ou K/W. Perceba que quanto maior for o valor de "R" menor será a taxa de calor (comparando com um mesmo gradiente de temperatura).

Q3. (CESGRANRIO 2012 – Analista de Pesquisa Energética/EPE)

As temperaturas das superfícies interna e externa da parede ilustrada na figura abaixo são 15 °C e 2 °C, respectivamente. Essa parede possui 2 m de altura (H), 4 m de largura (L), 0,4 m de espessura (E) e condutividade térmica de 1 W/m. °C.



Nesse caso, a resistência térmica da parede contra a condução de calor, em °C/W, vale

- (A) 0,05
- (B) 0,12
- (C) 1,60

(D) 20,80

(E) 260,00

Resolução:

A questão nos exige o conhecimento do conceito de resistência térmica.

$$R = \frac{L}{kA}$$

$$R = \frac{0,4 \text{ m}}{(8 \text{ m}^2) \left(1 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}\right)}$$

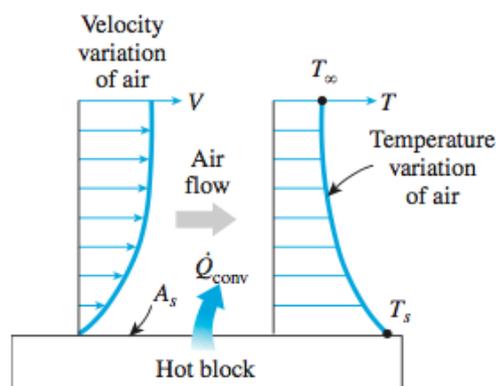
$$R = 0,05 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

GABARITO: A

2.2. Convecção

- A convecção consiste na transferência de energia entre a superfície de um sólido e um gás ou líquido em movimento rente a esta superfície. Quanto mais rápido o fluido se mover, maior ser a transferência de calor por convecção.

A energia é transferida devido ao efeito combinado de **condução** e **movimento de um fluido**. Veja o exemplo de um bloco quente sendo resfriado:



Fonte: Çengel, Y, Ghajar, A. Heat and Mass transfer: Fundamentals & Applications. 5th ed.



Primeiramente, o calor é transferido por pura condução da superfície até a camada de ar imediatamente acima do bloco. Então, o fluxo de ar é responsável por carregar o ar aquecido próximo a superfície e substituí-lo por ar mais frio. Este tipo de convecção, quando o fluido é forçado a fluir sobre a superfície por meios externos (tais como: ventilador ou vento) é chamada de **convecção forçada**.

Por outro lado, a convecção é dita **convecção natural (ou livre)** quando o movimento do fluido se dá unicamente por diferenças de densidade entre as camadas. Sabemos, por exemplo, que quanto mais quente o ar menor será sua densidade, portanto o ar aquecido e mais leve tende a subir e o ar mais frio que estava mais afastado da superfície tende a cair devido a sua maior densidade. Assim, a transferência de calor ocorre por convecção mesmo sem impor uma velocidade ao fluido.

Mesmo com essa complexidade, a taxa de calor transferido por convecção foi matematicamente descrita por Isaac Newton. Ela é proporcional a diferença de temperatura:

$$\dot{Q}_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty)$$

Essa equação é conhecida como a **lei de Newton do resfriamento**. Onde h é o coeficiente de transferência de calor por convecção, em $W/m^2 \text{ } ^\circ C$, A_s é a área da superfície através da qual a transferência de calor ocorre, T_s é a temperatura da superfície e T_∞ é a temperatura do fluido suficientemente distante da influência da temperatura da superfície.

Vale ressaltar que o coeficiente h é uma propriedade que depende não apenas de propriedades do fluido, mas também da geometria da superfície e da velocidade do escoamento.



Podemos também estabelecer a **resistência de convecção** de uma superfície por:

$$R_{conv} = \frac{1}{h A_s}$$

E assim:

$$\dot{Q}_{conv} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{conv}}$$

2.3. Radiação

A radiação consiste na energia emitida pela matéria por meio de **ondas eletromagnéticas**. Essa emissão ocorre devido a mudanças nas configurações eletrônicas de átomos ou moléculas. Diferentemente da condução e da convecção, a transferência de calor por radiação não precisa de um meio para ocorrer. É o caso da luz solar que atinge a Terra, mesmo atravessando o vácuo do espaço.

Qualquer corpo a uma temperatura acima do zero absoluto emite radiação térmica. No estudo de transferência de calor, estamos interessados apenas na radiação emitida pelos corpos devido à temperatura (radiação térmica), assim, as outras formas de radiação eletromagnética como raios X, micro-ondas e outras não são objetos de estudo aqui.

A taxa máxima de radiação que pode ser emitida pela superfície de um corpo é dada pela **lei de Stefan-Boltzman**:

$$\dot{Q}_{emiss,max} = \sigma A_s T_s^4$$

Onde σ é a constante de Stefan-Boltzman:

$$\sigma = 5,670 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

Entretanto, essa taxa máxima de emissão somente é atingida pelo idealizado corpo negro. De forma que todas as superfícies reais emitem energia



a uma taxa menor do que um corpo negro emitiria a uma mesma temperatura. Por isso, usamos a emissividade “ ε ” para corrigir ao valor real:

$$\dot{Q}_{emiss} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4$$

O valor da emissividade está compreendido entre $0 \leq \varepsilon \leq 1$. De forma que um corpo negro possui $\varepsilon = 1$.

Assim como uma superfície emite radiação ela também pode absorver radiação ao mesmo tempo. A diferença entre as taxas de radiação emitida e a de radiação absorvida fornece a transferência de calor líquida por radiação. Se um corpo emite mais energia do que absorve, ele **perde** energia por radiação. Caso contrário, este corpo irá **ganhar** energia por radiação.

Q4. (CESGRANRIO 2012 – Analista de Pesquisa Energética/EPE)

Pode-se escrever a potência irradiada por unidade de área para um sistema a uma temperatura T como sendo $I = \varepsilon \sigma T^4$.

Duas placas paralelas, de área $A = 1/5,7 = 0,175 \text{ m}^2$, estão separadas por uma distância pequena onde existe vácuo. Uma das placas se encontra a uma temperatura $T_1 = 200\text{K}$, e a outra a $T_2 = 300\text{K}$.

Qual é, em W , o fluxo líquido de calor da placa quente para a placa fria por radiação?

Dados:

$\varepsilon = 1$ para as duas placas

Constante de Wien $\sigma = 5,7 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$

- (A) 300 (B) 200 (C) 157 (D) 100 (E) 65

Resolução:

Ambas as placas emitem radiação, portanto o fluxo de calor ocorrerá da placa mais quente para a placa mais fria:

$$I = I_Q - I_F = \varepsilon \sigma (T_Q^4 - T_F^4)$$



$$I = 1 \cdot \left(5,7 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \right) [(300 K)^4 - (200 K)^4]$$

$$I = \left(5,7 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \right) [81 \cdot 10^8 K^4 - 16 \cdot 10^8 K^4]$$

$$I = \left(5,7 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \right) (65 \cdot 10^8 K^4)$$

$$I = 370,5 \frac{W}{m^2}$$

Observe que a equação fornecida no enunciado fornece a potência irradiada por unidade de área, ou seja, para cada metro quadrado de placa teremos 370,5 W de potência transmitida. Como sabemos a área exata da placa podemos obter a taxa de calor emitido, em W:

$$\dot{Q}_{emiss} = I \cdot A_s = \left(370,5 \frac{W}{m^2} \right) (0,175 m^2) = 65 W$$

Esse cálculo também poderia ser feito usando uma regra de três simples:

$$370,5 W \rightarrow 1 m^2$$

$$? \rightarrow 0,175 m^2$$

GABARITO: E

Q5. (CESGRANRIO 2011 – Engenheiro Júnior/Transpetro)

O calor pode ser transferido por condução, convecção ou irradiação. Na irradiação, a transferência de calor acontece

- (A) através de um corpo, devido ao movimento das moléculas
- (B) através de ondas eletromagnéticas
- (C) através de colisões entre átomos e moléculas
- (D) devido ao contato com um líquido ou gás em movimento
- (E) em razão da diferença de densidade do fluido



Resolução:

A radiação ou irradiação é a transferência de calor por meio de ondas eletromagnéticas.

GABARITO: B



4. Resolução de questões



HORA DE
PRATICAR!

Q6. (CESGRANRIO 2012 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

A deposição de filmes finos ocorre em câmaras de vácuo e, em geral, se dá em substratos aquecidos. Filamentos metálicos posicionados dentro da câmara de deposição e situados a alguns centímetros dos substratos são utilizados para esse aquecimento. Sabendo-se que esse filamento metálico é aquecido através da passagem de corrente elétrica até ficar incandescente, conclui-se que o aquecimento do substrato se dá por

- (A) condução
- (B) convecção
- (C) irradiação
- (D) relaxação
- (E) ventilação

Resolução:

Veja que a questão enfatiza que os filamentos metálicos estão situados a alguns centímetros do substrato, logo, já que não há contato físico, não há como haver condução. Como o processo ocorre em uma câmara de vácuo, também não é possível que haja convecção, pois exige um meio material para a transferência de calor.

Concluimos então que a transferência se dará por irradiação. A passagem de corrente elétrica intensifica a emissão de ondas eletromagnéticas pelo metal o que provoca o aquecimento.

As duas últimas opções não são definições dos mecanismos de troca de calor.

GABARITO: C



Q7. (CESGRANRIO 2006 – Analista de Pesquisa Energética/EPE)

O vidro de uma janela tem 5 mm de espessura e uma área de 2 m². Suas faces interna e externa são mantidas a temperatura de 20 °C e -10 °C, respectivamente. Considerando que a condutividade térmica do vidro vale 1 W/m.°C, o fluxo de calor (kW) por condução através dele é:

- (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 6 (E) 12

Resolução:

O problema exige o conhecimento da equação da condução, primeiro vamos calcular a diferença de temperatura ao longo do vidro:

$$T_1 - T_2 = (20^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C})) = 30^\circ\text{C}$$

Agora basta substituir os valores na equação da condução:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{\Delta T}{L} = \left(1 \frac{W}{m \cdot ^\circ\text{C}}\right) (2 \text{ m}^2) \left(\frac{30^\circ\text{C}}{0,005 \text{ m}}\right)$$

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{60}{0,005} \text{ W} = 12 \text{ kW}$$

GABARITO: E

Q8. (CESGRANRIO 2014.1 – Técnico de Operação Júnior / Petrobras)

O fundo de um recipiente é feito de uma placa metálica circular com raio de 8,0 cm e espessura de 6,2 mm. Ao se colocar água no recipiente, observa-se uma diferença de temperatura de 3,0 °C entre as superfícies interna e externa da placa, e essa diferença de temperatura é mantida constante. Qual é a quantidade de calor, em J, que é conduzida através do fundo do recipiente em 2 s?

Dados:

Condutividade térmica da placa metálica = 60 W/(m.K)

$\pi = 3,1$



- (A) 0,32
- (B) 56,0
- (C) 288,0
- (D) 576,0
- (E) 1.152,0

Resolução:

Novamente um problema de condução através de uma parede, problema **MUITO** frequente para este cargo da Petrobras. Esteja bem familiarizado com a equação:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{\Delta T}{L}$$

Onde:

$$A = \pi r^2 = (3,1) \cdot (64 \text{ cm}^2) = 198 \text{ cm}^2 \cong 0,02 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = 3 \text{ K}$$

$$L = 6,2 \text{ mm} = 0,0062 \text{ m}$$

Agora podemos calcular a taxa de transferência de calor em (J/s ou W)

$$\dot{Q}_{cond} = \left(60 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \right) (0,02 \text{ m}^2) \frac{(3 \text{ K})}{(0,0062 \text{ m})}$$

$$\dot{Q}_{cond} = 580 \text{ W}$$

Ou seja, essa taxa nos diz que 580 Joules de energia atravessam a parede a cada segundo. O problema exige que calculemos qual a quantidade de calor conduzida em 2 segundos, logo:

$$\dot{Q}_{cond} = \frac{Q}{\Delta t} = 580 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

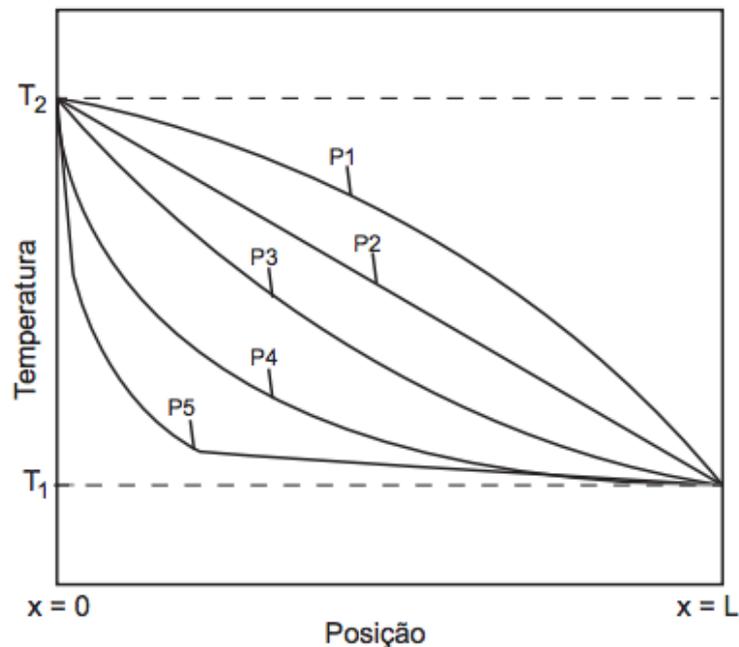
$$Q = \left(580 \frac{\text{J}}{\text{s}} \right) (2 \text{ s}) = 1160 \text{ J}$$

Que é um valor muito próximo da alternativa E.

GABARITO: E



Q9. (CESGRANRIO 2014.2 – Técnico de Operação Júnior / Petrobras)



Uma barra uniforme de comprimento L , disposta horizontalmente, conduz calor de uma temperatura mais alta T_2 para uma temperatura mais baixa T_1 , sendo T_2 a temperatura da extremidade esquerda da barra, em $x = 0$, e T_1 a temperatura da extremidade direita, em $x = L$. As superfícies laterais da barra estão isoladas, de forma que sua temperatura varia apenas em função de x . Na Figura acima, o perfil que representa o regime estacionário de temperatura, após um tempo suficientemente longo é o indicado por:

- (A) P1 (B) P2 (C) P3 (D) P4 (E) P5

Resolução:

No regime estacionário a taxa de calor que é conduzida pelo material deve ser constante. Afinal esse é a definição de estado estacionário, quando não há mais mudança nos parâmetros com o tempo. Isso implica que devemos observar um perfil linear de temperatura. Confira pela equação de Fourier:

$$\dot{Q}_{cond} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Se \dot{Q}_{cond} , k e A são constantes, então:

$$\frac{dT}{dx} = \text{constante}$$

A derivada constante significa que essa função é uma reta. Logo, esperamos que o perfil P2 seja observado no estado estacionário.

GABARITO: B

Q10. (CESGRANRIO 2012 – Engenheiro de Processamento Júnior/Transpetro)

No pátio aberto de uma refinaria, são dispostos tanques fechados, construídos em aço carbono, destinados à estocagem de combustíveis líquidos. Os fundos dos tanques ficam em contato direto com o solo revestido de cimento.

Para a situação apresentada, ocorre transferência de calor por

- (A) condução, somente.
- (B) convecção, somente.
- (C) condução e radiação, somente.
- (D) convecção e radiação, somente.
- (E) condução, convecção e radiação.

Resolução:

Temos **condução** entre o tanque e o solo, **convecção** entre o tanque e o ar que o circunda e, finalmente, **radiação**, pois o tanque emite radiação e absorve radiação proveniente do meio externo (sendo a diferença entre absorção e emissão igual a taxa líquida de transferência de calor por radiação).

GABARITO: E



Q11. (IBFC 2013 – Perito Criminal/PC-RJ)

Ensina-nos o Perito Criminal Ranvier Feitosa Aragão do Instituto de Criminalística do Ceará: O fogo que se propaga e não deixa assinaladores da ocorrência deste processo, assim, é o próprio corpo que transfere o calor que levará o Perito até a fonte de calor inicial, e “objetos metálicos contínuos, tais como vigas e canos são excelentes condutores de calor”. Identifique a alternativa que apresenta a correta correlação entre as citações e os fenômenos de transferência de calor.

- (A) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por corrente térmica.
- (B) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por radiação.
- (C) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por convecção.
- (D) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por condução.
- (E) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por arraste.

Resolução:

A citação trata da transferência de calor por sólidos metálicos, trata-se, portanto, do processo definido como **condução**.

GABARITO: D



Q12. (CESGRANRIO 2011 – Engenheiro de Processamento Júnior/Transpetro)

A energia sob a forma de calor pode ser transferida pelos mecanismos de condução, de convecção e de radiação.

Sobre essas formas de transferência de energia, analise as afirmativas a seguir.

I - A condução é um mecanismo de transferência de calor que ocorre em escala macroscópica, devido ao movimento global de um fluido.

II - A convecção é o mecanismo de transferência de calor existente entre uma superfície sólida e um fluido que precisa estar em movimento.

III - A radiação térmica é o mecanismo de transferência de calor que está relacionado à radiação eletromagnética e que é propagada como resultado de uma diferença de temperatura.

IV - A troca de calor radiante entre duas superfícies é proporcional à diferença de temperatura elevada à quarta potência, ou seja, $calor_{12} \sim (T_1 - T_2)^4$.

V - Chamando de T a taxa de transferência de calor por convecção, de A a área de troca térmica e de D o módulo da diferença de temperatura entre uma superfície sólida e um fluido, o coeficiente de transferência de calor fica definido como a razão: $T/A D$.

Está correto **APENAS** o que se afirma em

- (A) II e IV (B) III e V (C) I, II e IV (D) I, III e V (E) I, IV e V

Resolução:

(I) INCORRETA: Pois a condução é um mecanismo de transferência de calor que ocorre em escala **microscópica**, devido a colisões e vibrações moleculares.

(II) INCORRETA: A convecção de fato é o mecanismo de transferência de calor existente entre uma superfície sólida e um fluido, mas, como vimos, ela pode ocorrer mesmo sem o fluxo de um fluido, na chamada convecção natural.



(III) CORRETA: Perfeito, havendo diferença de temperatura entre dois corpos haverá troca de calor por radiação.

(IV) INCORRETA: A taxa de calor é diretamente proporcional a diferença das temperaturas, elevadas a quarta potência individualmente:

$$\dot{Q}_{liquido} = \varepsilon \sigma A_s (T_1^4 - T_2^4)$$

(V) CORRETA: Na convecção temos: $\dot{Q}_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty)$. Substituindo pela nomenclatura sugerida no problema:

$$T = h A D$$

$$h = \frac{T}{A D}$$

GABARITO: B

Q13. (CESGRANRIO 2017 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

De acordo com a Lei do resfriamento de Newton para a convecção, a taxa de transferência de calor é expressa por

$$Q = h A (T_s - T_\infty)$$

onde o coeficiente convectivo, h , é expresso, no SI, em:

(A) J/m² °C

(B) J/m² °C

(C) W/m² K

(D) W/m K

(E) W/m² °C

Resolução:

Definimos a Lei do resfriamento de Newton por:

$$\dot{Q}_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty)$$



Onde \dot{Q}_{conv} é a taxa de calor trocado por convecção, logo é expresso no SI em **J/s**, ou **W**.

Área no SI é dada em **m²**, enquanto temperatura e diferença de temperatura deve ser expressas em Kelvin (**K**).

Equacionando estas unidades, obtemos:

$$W [=] h (m^2)(K)$$

$$h [=] \frac{W}{m^2 K}$$

GABARITO: C

Q14. (CESGRANRIO 2017 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

A transferência de calor ocorre de três maneiras; no entanto, apenas uma delas ocorre por ondas eletromagnéticas.

O processo de transferência de calor que independe de um meio material é denominado

- (A) condução
- (B) ebulição
- (C) convecção
- (D) fusão
- (E) radiação

Resolução:

A radiação consiste na energia emitida pela matéria por meio de ondas eletromagnéticas. Diferentemente da condução e da convecção, a transferência de calor por radiação não precisa de um meio para ocorrer.

GABARITO: E



Q15. (CESGRANRIO 2018 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

Um sistema, isolado termicamente da vizinhança, é formado por dois recipientes acoplados termicamente por meio de uma barra de cobre cilíndrica. Um dos recipientes contém água fervente a 100 °C, e o outro, nitrogênio líquido a -196 °C.

A quantidade de calor, em kJ, que atravessa a barra de cobre em 10,0 minutos é, aproximadamente,

- (A) 35,5
- (B) 22,7
- (C) 17,8
- (D) 11,5
- (E) 7,37

Dados

Comprimento da barra: 80,0 cm

Área da seção transversal da barra: 4,00 cm²

Condutividade térmica do cobre: 400 W.m⁻¹.K⁻¹

Resolução:

Usamos a equação da condução de calor, atentando as unidades fornecidas. Converterei os dados em centímetro para metro:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{\Delta T}{L} = \left(400 \frac{W}{m \cdot K}\right) (4,00 \cdot 10^{-4} m^2) \frac{(296 K)}{0,80 m}$$

$$\dot{Q}_{cond} = 59,2 W$$

Mas essa é a taxa de calor em watts (joules/segundo), para calcular a quantidade de calor que flui após 10 minutos, fazemos:

$$\dot{Q} = \frac{Q}{t}$$

$$Q = 59,2 \frac{J}{s} \cdot (600 s) = 35 500 J$$

$$Q = 35,5 kJ$$

GABARITO: A



Q16. (CESGRANRIO 2018 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

Uma estufa é uma estrutura com paredes e telhado feitos de material transparente, como vidro. Em seu interior, plantas que requerem condições climáticas reguladas são cultivadas.

O calor proveniente do sol atravessa o vidro e aquece o interior da estufa, que se mantém aquecido durante a noite porque a

- (A) condutividade térmica do vidro é menor do que a do ar.
- (B) condutividade térmica do vidro é menor na ausência de luz.
- (C) convecção no interior da estufa gera o calor necessário.
- (D) radiação ultravioleta é refletida pelos vidros da estufa.
- (E) radiação infravermelha é refletida pelos vidros da estufa.

Resolução:

Os materiais transparentes da estufa permitem a passagem de praticamente toda a **radiação solar (ultravioleta)**. Esta radiação aquece o solo da estufa e as plantas. O papel da estufa é justamente “prender” esse calor, pois a **radiação infravermelha** (emitida pelos corpos no interior da estufa) é impedida de se propagar para o ambiente externo pelas paredes da estufa, por isso ela se mantém aquecida mesmo durante a noite.

GABARITO: E



Espero que essa aula tenha sido proveitosa. Aguardo você na próxima!

Abraço,

Prof. Victor Augusto



5. Lista de questões apresentadas na aula



Q1. (IESES 2016 – Engenheiro: Operação e Manutenção/Sergipe Gás SA)

Após a leitura do enunciado apresentado a seguir, identifique a afirmação correta:

O fenômeno da condução térmica é aquele em que o calor é levado das regiões de mais alta temperatura para aquelas de mais baixa temperatura através de uma substância. Aquela propriedade que caracteriza esta habilidade, quantificando a razão com que este calor é transmitido é a condutividade térmica de um material, normalmente representado por "k", que tem como unidade:

- (A) W/m.K (B) W/m.K² (C) W.m²/K (D) W².m/K

Q2. (CESGRANRIO 2012 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

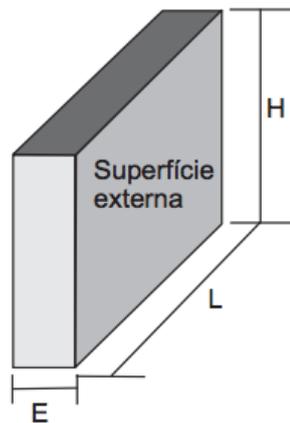
Uma camada quadrada e uniforme, de vidro, com $d = 6,0$ cm de espessura e $L = 50$ cm de lado, está colocada sobre uma placa metálica que se encontra a 80 °C. Dado que a condutividade térmica desse vidro é $k = 1,1$ W/(m . K) e que a atmosfera sobre a camada se encontra a 20 °C, a potência térmica transmitida, em W, é

- (A) 2,75
(B) 3,30
(C) 80
(D) 275
(E) 330



Q3. (CESGRANRIO 2012 – Analista de Pesquisa Energética/EPE)

As temperaturas das superfícies interna e externa da parede ilustrada na figura abaixo são 15 °C e 2 °C, respectivamente. Essa parede possui 2 m de altura (H), 4 m de largura (L), 0,4 m de espessura (E) e condutividade térmica de 1 W/m. °C.



Nesse caso, a resistência térmica da parede contra a condução de calor, em °C/W, vale

- (A) 0,05
- (B) 0,12
- (C) 1,60
- (D) 20,80
- (E) 260,00

Q4. (CESGRANRIO 2012 – Analista de Pesquisa Energética/EPE)

Pode-se escrever a potência irradiada por unidade de área para um sistema a uma temperatura T como sendo $I = \varepsilon \sigma T^4$.

Duas placas paralelas, de área $A = 1/5,7 = 0,175 \text{ m}^2$, estão separadas por uma distância pequena onde existe vácuo. Uma das placas se encontra a uma temperatura $T_1 = 200\text{K}$, e a outra a $T_2 = 300\text{K}$.

Qual é, em W, o fluxo líquido de calor da placa quente para a placa fria por radiação?

Dados:

$\varepsilon = 1$ para as duas placas

Constante de Wien $\sigma = 5,7 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$

- (A) 300 (B) 200 (C) 157 (D) 100 (E) 65

Q5. (CESGRANRIO 2011 – Engenheiro Júnior/Transpetro)

O calor pode ser transferido por condução, convecção ou irradiação. Na irradiação, a transferência de calor acontece

- (A) através de um corpo, devido ao movimento das moléculas
- (B) através de ondas eletromagnéticas
- (C) através de colisões entre átomos e moléculas
- (D) devido ao contato com um líquido ou gás em movimento
- (E) em razão da diferença de densidade do fluido

Q6. (CESGRANRIO 2012 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

A deposição de filmes finos ocorre em câmaras de vácuo e, em geral, se dá em substratos aquecidos. Filamentos metálicos posicionados dentro da câmara de deposição e situados a alguns centímetros dos substratos são utilizados para esse aquecimento. Sabendo-se que esse filamento metálico é aquecido através da passagem de corrente elétrica até ficar incandescente, conclui-se que o aquecimento do substrato se dá por

- (A) condução
- (B) convecção
- (C) irradiação
- (D) relaxação



(E) ventilação

Q7. (CESGRANRIO 2006 – Analista de Pesquisa Energética/EPE)

O vidro de uma janela tem 5 mm de espessura e uma área de 2 m². Suas faces interna e externa são mantidas a temperatura de 20 °C e -10 °C, respectivamente. Considerando que a condutividade térmica do vidro vale 1 W/m.°C, o fluxo de calor (kW) por condução através dele é:

- (A) 2 (B) 3 (C) 4 (D) 6 (E) 12

Q8. (CESGRANRIO 2014.1 – Técnico de Operação Júnior / Petrobras)

O fundo de um recipiente é feito de uma placa metálica circular com raio de 8,0 cm e espessura de 6,2 mm. Ao se colocar água no recipiente, observa-se uma diferença de temperatura de 3,0 °C entre as superfícies interna e externa da placa, e essa diferença de temperatura é mantida constante. Qual é a quantidade de calor, em J, que é conduzida através do fundo do recipiente em 2 s?

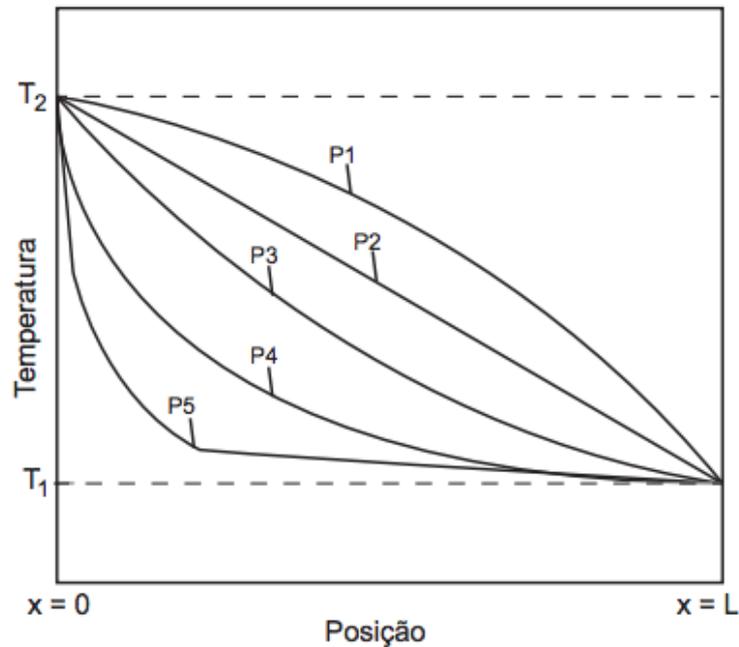
- (A) 0,32
(B) 56,0
(C) 288,0
(D) 576,0
(E) 1.152,0

Dados:

Condutividade térmica da placa metálica = 60 W/(m.K)
 $\pi = 3,1$

Q9. (CESGRANRIO 2014.2 – Técnico de Operação Júnior / Petrobras)





Uma barra uniforme de comprimento L , disposta horizontalmente, conduz calor de uma temperatura mais alta T_2 para uma temperatura mais baixa T_1 , sendo T_2 a temperatura da extremidade esquerda da barra, em $x = 0$, e T_1 a temperatura da extremidade direita, em $x = L$. As superfícies laterais da barra estão isoladas, de forma que sua temperatura varia apenas em função de x . Na Figura acima, o perfil que representa o regime estacionário de temperatura, após um tempo suficientemente longo é o indicado por:

- (A) P1 (B) P2 (C) P3 (D) P4 (E) P5

Q10. (CESGRANRIO 2012 – Engenheiro de Processamento Júnior/Transpetro)

No pátio aberto de uma refinaria, são dispostos tanques fechados, construídos em aço carbono, destinados à estocagem de combustíveis líquidos. Os fundos dos tanques ficam em contato direto com o solo revestido de cimento.

Para a situação apresentada, ocorre transferência de calor por

- (A) condução, somente.

- (B) convecção, somente.
- (C) condução e radiação, somente.
- (D) convecção e radiação, somente.
- (E) condução, convecção e radiação.

Q11. (IBFC 2013 – Perito Criminal/PC-RJ)

Ensina-nos o Perito Criminal Ranvier Feitosa Aragão do Instituto de Criminalística do Ceará: O fogo que se propaga e não deixa assinaladores da ocorrência deste processo, assim, é o próprio corpo que transfere o calor que levará o Perito até a fonte de calor inicial, e “objetos metálicos contínuos, tais como vigas e canos são excelentes condutores de calor”. Identifique a alternativa que apresenta a correta correlação entre as citações e os fenômenos de transferência de calor.

- (A) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por corrente térmica.
- (B) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por radiação.
- (C) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por convecção.
- (D) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por condução.
- (E) A citação do Perito refere-se ao processo de transferência de calor por arraste.



Q12. (CESGRANRIO 2011 – Engenheiro de Processamento Júnior/Transpetro)

A energia sob a forma de calor pode ser transferida pelos mecanismos de condução, de convecção e de radiação.

Sobre essas formas de transferência de energia, analise as afirmativas a seguir.

I - A condução é um mecanismo de transferência de calor que ocorre em escala macroscópica, devido ao movimento global de um fluido.

II - A convecção é o mecanismo de transferência de calor existente entre uma superfície sólida e um fluido que precisa estar em movimento.

III - A radiação térmica é o mecanismo de transferência de calor que está relacionado à radiação eletromagnética e que é propagada como resultado de uma diferença de temperatura.

IV - A troca de calor radiante entre duas superfícies é proporcional à diferença de temperatura elevada à quarta potência, ou seja, $q_{12} \sim (T_1 - T_2)^4$.

V - Chamando de T a taxa de transferência de calor por convecção, de A a área de troca térmica e de D o módulo da diferença de temperatura entre uma superfície sólida e um fluido, o coeficiente de transferência de calor fica definido como a razão: $T/A D$.

Está correto **APENAS** o que se afirma em

- (A) II e IV (B) III e V (C) I, II e IV (D) I, III e V (E) I, IV e V



Q13. (CESGRANRIO 2017 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

De acordo com a Lei do resfriamento de Newton para a convecção, a taxa de transferência de calor é expressa por

$$Q = h A (T_s - T_\infty)$$

onde o coeficiente convectivo, h , é expresso, no SI, em:

- (A) $\text{J/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- (B) $\text{J/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
- (C) $\text{W/m}^2 \text{ K}$
- (D) W/m K
- (E) $\text{W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$

Q14. (CESGRANRIO 2017 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

A transferência de calor ocorre de três maneiras; no entanto, apenas uma delas ocorre por ondas eletromagnéticas.

O processo de transferência de calor que independe de um meio material é denominado

- (A) condução
- (B) ebulição
- (C) convecção
- (D) fusão
- (E) radiação



Q15. (CESGRANRIO 2018 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

Um sistema, isolado termicamente da vizinhança, é formado por dois recipientes acoplados termicamente por meio de uma barra de cobre cilíndrica. Um dos recipientes contém água fervente a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, e o outro, nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A quantidade de calor, em kJ, que atravessa a barra de cobre em 10,0 minutos é, aproximadamente,

- (A) 35,5
- (B) 22,7
- (C) 17,8
- (D) 11,5
- (E) 7,37

Dados

Comprimento da barra: 80,0 cm

Área da seção transversal da barra: $4,00\text{ cm}^2$

Condutividade térmica do cobre: $400\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Q16. (CESGRANRIO 2018 – Técnico de Inspeção de Equipamentos / Petrobras)

Uma estufa é uma estrutura com paredes e telhado feitos de material transparente, como vidro. Em seu interior, plantas que requerem condições climáticas reguladas são cultivadas.

O calor proveniente do sol atravessa o vidro e aquece o interior da estufa, que se mantém aquecido durante a noite porque a

- (A) condutividade térmica do vidro é menor do que a do ar.
- (B) condutividade térmica do vidro é menor na ausência de luz.
- (C) convecção no interior da estufa gera o calor necessário.
- (D) radiação ultravioleta é refletida pelos vidros da estufa.
- (E) radiação infravermelha é refletida pelos vidros da estufa.



6. Gabarito



GABARITO

01	A
02	D
03	A
04	E
05	B
06	C
07	E
08	E
09	B
10	E
11	D
12	B
13	C
14	E
15	A
16	E



ESSA LEI TODO MUNDO CONHECE: PIRATARIA É CRIME.

Mas é sempre bom revisar o porquê e como você pode ser prejudicado com essa prática.



1 Professor investe seu tempo para elaborar os cursos e o site os coloca à venda.



2 Pirata divulga ilicitamente (grupos de rateio), utilizando-se do anonimato, nomes falsos ou laranjas (geralmente o pirata se anuncia como formador de "grupos solidários" de rateio que não visam lucro).



3 Pirata cria alunos fake praticando falsidade ideológica, comprando cursos do site em nome de pessoas aleatórias (usando nome, CPF, endereço e telefone de terceiros sem autorização).



4 Pirata compra, muitas vezes, clonando cartões de crédito (por vezes o sistema anti-fraude não consegue identificar o golpe a tempo).



5 Pirata fere os Termos de Uso, adultera as aulas e retira a identificação dos arquivos PDF (justamente porque a atividade é ilegal e ele não quer que seus fakes sejam identificados).



6 Pirata revende as aulas protegidas por direitos autorais, praticando concorrência desleal e em flagrante desrespeito à Lei de Direitos Autorais (Lei 9.610/98).



7 Concurseiro(a) desinformado participa de rateio, achando que nada disso está acontecendo e esperando se tornar servidor público para exigir o cumprimento das leis.



8 O professor que elaborou o curso não ganha nada, o site não recebe nada, e a pessoa que praticou todos os ilícitos anteriores (pirata) fica com o lucro.



Deixando de lado esse mar de sujeira, aproveitamos para agradecer a todos que adquirem os cursos honestamente e permitem que o site continue existindo.