

Figura esquemática da oscilação do Sol entre os dois trópicos. Nesta figura HN e HS significam Hemisfério Norte e Sul, respectivamente. Esta “oscilação” do Sol só ocorre devido à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano de sua órbita. Se o eixo de rotação fosse perpendicular ao plano da órbita nada disso aconteceria e não haveria as estações do ano.

**Pergunta 1a) (0,5 ponto)** Em nosso calendário o ano tem 365 dias, então, quantas horas “faltam” em cada ano? *Atenção: A resposta precisa ser em horas. Registre abaixo as suas contas.*

**Resposta 1a):** .....

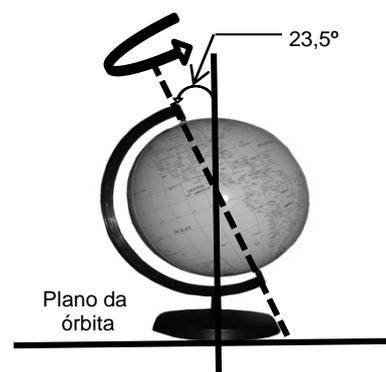
**1a) – Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Pergunta 1b) (0,5 ponto)** Quando as “faltas” totalizam um dia, após 4 anos, adicionamos um dia em fevereiro e chamamos este ano de “bissexto”. Este ano tem 366 dias, isto é, 2016 é bissexto, assim como foi 2008 e 2012. Pergunta-se: Será 2056 bissexto? *Atenção: Registre abaixo as suas contas, sem elas a resposta não tem valor.*

**Resposta 1b):** .....

**1b) – Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 2) (1 ponto)** Dadas as explicações da questão 1 e sabendo-se que devido ao movimento de translação da Terra ao redor do Sol e à inclinação do seu eixo de rotação de 23,5 graus em relação à perpendicular ao plano de sua órbita (veja figura ao lado) temos as estações do ano, Solstícios de Verão e Inverno no Hemisfério Norte (HN) e no Hemisfério Sul (HS) além dos Equinócios de Outono e Primavera, complete as frases abaixo.



**Pergunta 2)(0,25 cada acerto)** Complete as frases abaixo.

No HN ocorre o Solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Câncer.

No HS ocorre o Solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Capricórnio.

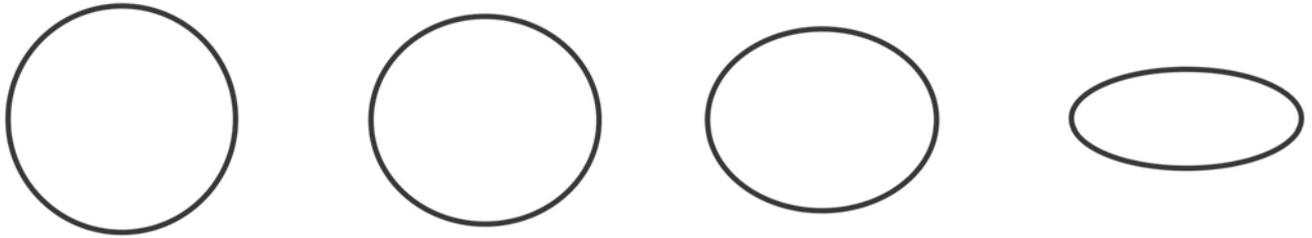
No HN ocorre o Solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Capricórnio.

No HS ocorre o Solstício de ..... quando o Sol está a pino no Trópico de Câncer.

**2) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 3) (1 ponto)** Você sabe que a Terra gira ao redor do Sol numa **órbita elíptica**. Chamamos esse movimento de translação. Para dar uma volta completa ao redor do Sol, a Terra leva, aproximadamente, **365,26 dias**. Este tempo chamamos de **Ano Sideral**. Ele é medido em relação às estrelas supostas fixas no infinito e é maior do que o **ano Trópico** que é de aproximadamente **365,25 dias**.

**Pergunta 3a) (0,5 ponto)** Faça um **X** na figura abaixo que melhor representa a órbita da Terra ao redor do Sol. Não há efeito de perspectiva, isto é, você está olhando tudo de “cima”.



**3a) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Pergunta 3b) (0,5 ponto)** Assinale com um **X** o fenômeno responsável pela diferença entre a duração dos anos Trópico e Sideral.

- ( ) A precessão do eixo de Rotação da Terra.
- ( ) A inclinação de  $23,5^\circ$  entre o eixo de rotação da Terra e a perpendicular à eclíptica.
- ( ) Os satélites naturais de Júpiter.
- ( ) Os milhares de satélites artificiais atualmente em órbita da Terra.

**3b) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Questão 4) (1 ponto)** A sonda espacial “Novos Horizontes”, da NASA, depois de quase dez anos de viagem interplanetária, foi a primeira espaçonave a sobrevoar Plutão (foto ao lado, acima), em 14 de julho de 2015, e a fotografar suas luas Caronte (foto ao lado, abaixo), Nix, Hydra, Cérbero e Estige. As fotos ao lado estão em escalas diferentes.

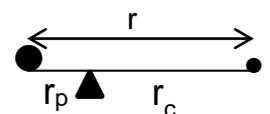
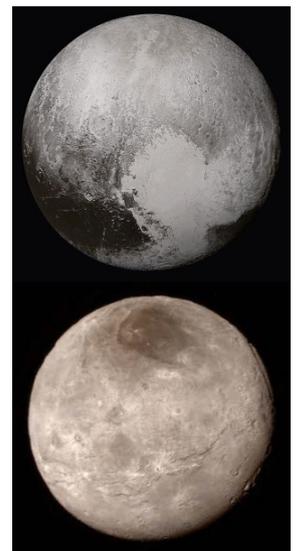
Você sabe que quando está numa gangorra e do outro lado está alguém mais pesado que você, ele precisa ficar mais perto do centro da gangorra e você mais longe do centro dela, se desejarem, por exemplo, deixar a gangorra parada com ambos equilibrados na horizontal. Existe uma equação que relaciona suas massas ( $m_a$  e  $m_b$ ) e respectivas distâncias ( $r_a$  e  $r_b$ ) ao centro da gangorra para que ela fique em equilíbrio:

$$m_a r_a = m_b r_b.$$

**Pergunta 4a) (0,5 ponto)** Imagine Plutão e Caronte tão comprimidos que pudessem ficar sobre uma gangorra. A massa de Plutão,  $M_P$ , é, aproximadamente, 8 vezes a massa de Caronte,  $M_C$ , e que estão separados, em média, por, aproximadamente, 20.000 km. Determine a que distância do centro de Plutão ficaria o “pino” da gangorra para manter ambos equilibrados. Veja figura abaixo.

**Observação:** O “pino” desta gangorra representa o **centro de massa ou baricentro** do sistema Plutão-Caronte. É o ponto em torno do qual ambos giram. Note que como  $M_P > M_C$ , o centro de massa (baricentro) está muito mais perto do centro de Plutão do que de Caronte.

**Resolução 4a):**



**Resposta 4a)** .....

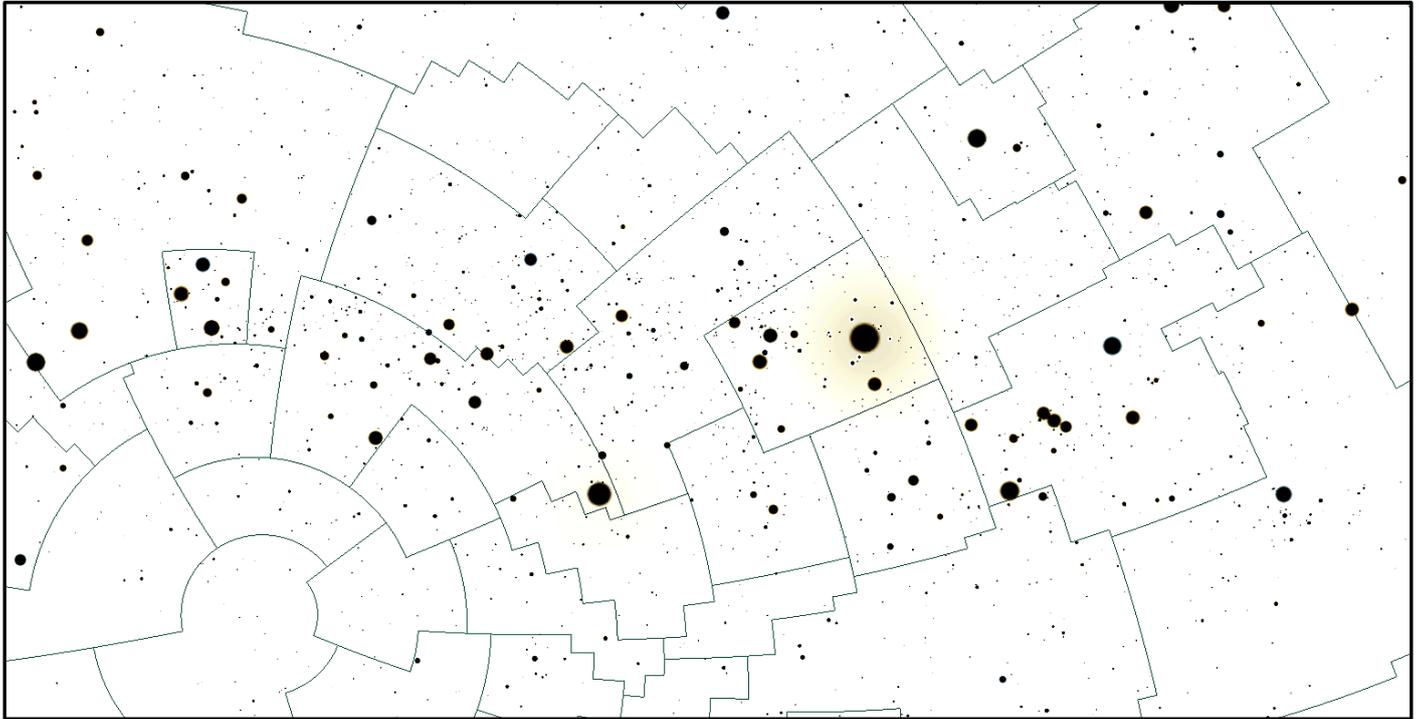
**4a) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Pergunta 4b) (0,5 ponto)** Sendo 1.187 km o raio de Plutão, calcule a que distância está o baricentro do sistema Plutão-Charon acima da superfície de Plutão.

Resposta 4b) .....

4b) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 5) (1 ponto)(0,1 cada acerto, acertando todas ganha 1 ponto)** A figura abaixo mostra uma parte do céu, tal como é visto no início da noite no final de março. As “bolinhas” pretas são estrelas e quanto maior a “bolinha”, mais brilhante é a estrela. As linhas delimitam áreas no céu, que chamamos de constelações. Tudo que está na direção daquela área pertence àquela constelação.



**Pergunta 5a)** Faça um **X** ocupando toda a área da constelação do Cruzeiro do Sul.

**Pergunta 5b)** Faça um **Y** onde está o Polo Celeste Sul (ponto em torno do qual “gira” o céu).

**Pergunta 5c)** Escreva **1** sobre Sirius, a estrela mais brilhante, na constelação do Cão Maior.

**Pergunta 5d)** Escreva **2** sobre Canopus a segunda estrela mais brilhante do céu.

**Pergunta 5e)** Escreva **3** sobre Mintaka, a estrela menos brilhante das “Três Marias”.

**Pergunta 5f)** Escreva **4** sobre Aldebaran, gigante vermelha, a mais brilhante do Touro. Dica: Faça uma reta sobre Sirius e as Três Marias que achará Aldebaran.

**Pergunta 5g)** Escreva **5** sobre Rigel, a mais brilhante do Órion. Dica: Faça uma reta perpendicular à reta da dica anterior, passando por Alnitak, que encontrará Rigel.

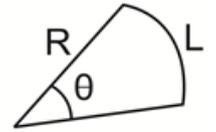
**Pergunta 5h)** Escreva **6** sobre Rigil Kentaurus, a alfa do Centauro, a mais próxima do Sol, um sistema triplo. Dica: É a estrela mais brilhante à esquerda do Cruzeiro do Sul.

**Obrigatório:** Desenhe uma seta “→” para indicar exatamente qual é a estrela 1, 2, .... 5, 6.

Sem o desenho da seta perde-se 0,05 ponto por seta ausente.

5) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 6) (1 ponto)** Na Astronomia frequentemente precisamos medir a separação angular de dois astros ou o tamanho angular de um astro. Suponha que na figura abaixo, L seja o diâmetro do Sol, isto é, cerca de  $1,4 \times 10^6 \text{ km}$  e R sua distância média à Terra, que é cerca de  $150 \times 10^6 \text{ km}$ . Com isso, o diâmetro angular compreendido pelo Sol, visto da Terra, é, em radianos, de:  $\theta = \frac{L}{R} = \frac{1,4 \times 10^6 \text{ km}}{150 \times 10^6 \text{ km}} = \frac{1,4}{150} = 9,33 \times 10^{-3} \text{ radiano}$ .



Num círculo temos  $360^\circ$  ou  $2\pi$  radianos, logo, por “regra de três”, temos que 1 radiano equivale a cerca de 60 graus. Assim, o diâmetro angular do Sol, visto da Terra é, em graus, de:  $\theta = 9,33 \times 10^{-3} \times 60 \text{ graus} = 0,56 \text{ grau}$ .

**Pergunta 6a) (0,5 ponto)** Num futuro próximo Marte será colonizado. Qual será o diâmetro angular, em graus, com que estes colonizadores verão o Sol? A distância média Sol-Marte é cerca de  $228 \times 10^6 \text{ km}$ . Dica: É só repetir o cálculo acima. O resultado deve ser em graus.

Resposta 6a):.....

6a) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 6b) (0,5 ponto)** Como você sabe, em 14 julho de 2015 a sonda “Novos Horizontes” passou “raspando” sobre Plutão, cuja distância média ao Sol é cerca de  $5,9 \times 10^9 \text{ km}$ . Qual o tamanho angular (em graus) do Sol visto de Plutão? Já sabe ... é só repetir o modelo dos cálculos anteriores! Abaixo tem uma figura, em escala, do Sol visto da Terra, de Marte e de Plutão.



Resposta 6b):.....

6b) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 7) (1 ponto)** Todos nos maravilhamos quando vemos a Lua cheia surgir “enorme” próxima do horizonte. Porém, de fato, ela é geometricamente maior quando está no zênite do que quando “nasce”. Na figura ao lado,  $H = 60R$ , é, aproximadamente, a distância Terra-Lua, R é o raio da Terra, D é o diâmetro da Lua,  $\theta$  e  $\theta_z$  são os diâmetros angulares da Lua “nasce” e no zênite, respectivamente. Suponha órbita circular para a Lua.

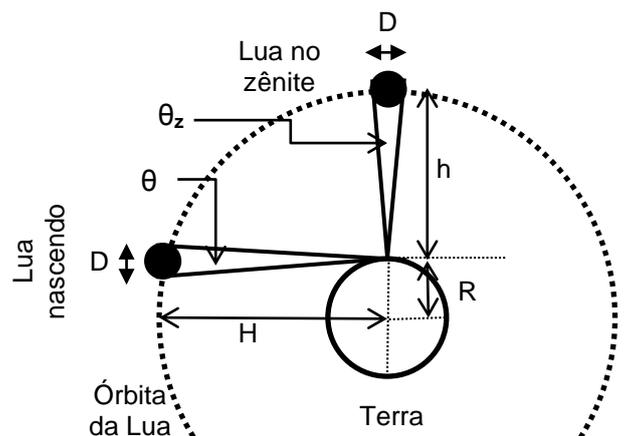


Figura fora de escala

**Pergunta 7a)(0,5 ponto)** Suponha que o valor que se obtém para  $\theta$  seja 100%. Calcule quantos por cento  $\theta_z$  é maior do que  $\theta$ .

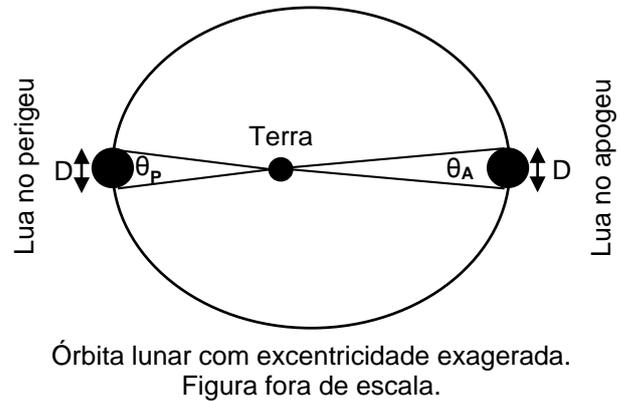
**Resolução 7a):**

Resposta 7a):.....

7a) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 7b) (0,5 ponto)** Para comemorar o aniversário do coordenador da OBA, Prof. João Canalle, em 14/11/2016 vamos ter uma superlua cheia! Sim, ela estará cheia e no perigeu da sua órbita, a apenas 56R (R é o raio da Terra). Como você sabe a órbita da Lua é elíptica, logo a Lua (diâmetro D) passa pelo perigeu e apogeu, como mostra a figura ao lado. O apogeu ocorre a 64R. Tal como 56R, 64R é a distância entre a superfície da Terra e o centro da Lua. Suponha que o valor que se obtém para  $\theta_A$  seja 100%. Calcule quantos por cento  $\theta_P$  é maior do que  $\theta_A$ .

**Resolução 7b):**

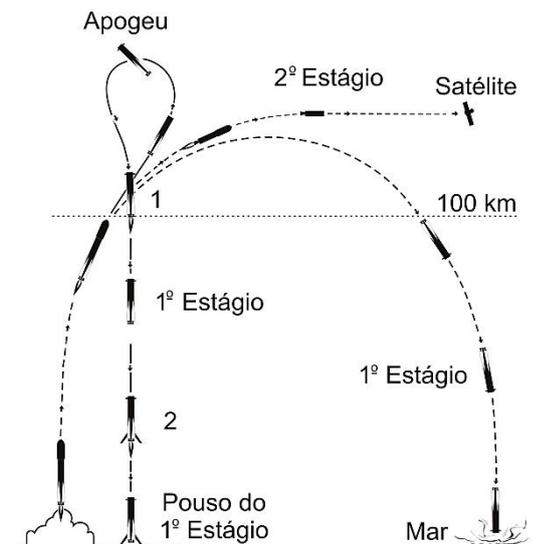


**Resposta 7b):**.....

**7b) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

### AQUI COMEÇAM AS QUESTÕES DE ASTRONÁUTICA

**Questão 8) (1 ponto)** Foguetes são veículos desenvolvidos para transportar pessoas ou satélites ao espaço. Para tanto, eles fazem uso de grande quantidade de propelente (combustível + oxidante), que lhes permite alcançar a velocidade de 27.000 km/h. O propelente é dividido em dois tanques (estágios). Após o consumo do propelente, o 1º estágio é ejetado e é feita a ignição do motor do 2º estágio, que insere o satélite em sua órbita, conforme ilustrado pela linha tracejada da figura à direita. Em função de sua velocidade, o motor vazio do 2º estágio também fica em órbita, tornando-se lixo espacial. Satélites de comunicações custam um bilhão de reais e têm 15 anos de vida útil. Para colocá-los em órbita são utilizados foguetes cujos lançamentos custam 400 milhões de reais.



**Pergunta 8a) (0,25 ponto)** Os foguetes, como aquele ilustrado na figura ao lado, têm altura equivalente a um prédio de 20 andares e 4 metros de diâmetro. No lançamento eles têm 550.000 kg de massa, aí incluídos os 500.000 kg de propelente e os 5.500 kg do satélite. Qual o percentual da massa do satélite em relação à massa total do foguete. *Registre abaixo suas contas, sem elas o resultado não é aceito.*

**Resposta 8a):**.....

**8a) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Pergunta 8b) (0,25 ponto)** Nos foguetes desenvolvidos até o final do século passado, o motor do 1º estágio, depois de ejetado, caía no mar, e não era recuperado. Com o objetivo de reduzir os custos de lançamento em 25%, uma empresa propõe recuperar o 1º estágio do foguete em solo e reutilizá-lo. De acordo com essa proposta, após separar-se do 2º estágio, o motor do 1º estágio realiza a manobra representada pela linha cheia mostrada na figura acima, e inicia o seu movimento descendente em direção à superfície terrestre.

A partir do apogeu, duas forças atuam sobre o motor “vazio” do 1º estágio: **i)** a força da gravidade, que fará com que sua velocidade seja acrescida de 10m/s a cada segundo de descida e **ii)** a força de arrasto, resultante da interação entre o motor do 1º estágio e a atmosfera terrestre (situada abaixo dos 100 km de altitude). O atrito entre o motor e a atmosfera terrestre gera calor. A força de atrito é proporcional ao quadrado da velocidade, enquanto o calor é proporcional ao cubo da velocidade. Para evitar que o motor derreta durante a reentrada atmosférica, propõe-se acionar os motores do 1º estágio durante a descida por 20 segundos (Ponto 1 da figura), fazendo com que a velocidade seja reduzida de 4.500 km/h para 1.000 km/h. Nessa velocidade, a força de arrasto e a força da gravidade equilibram-se, fazendo com que a aceleração resultante seja nula. Para evitar a destruição do motor quando do impacto com o solo, essa empresa propõe acionar os motores do 1º estágio mais uma vez (Ponto 2 da figura), fazendo com que o estágio aterrisse suavemente no solo. Sob o ponto de vista da engenharia espacial essa proposta carrega inúmeros desafios, sendo um deles o uso de mais propelente, conforme você calculará a seguir. A partir da Equação do Foguete, proposta há mais de um século pelo russo Konstantin Tsiolkovsky (1857-1935), a massa de propelente,  $M_p$ , necessária para obter um determinado  $\Delta v$  (em km/h) é dada por  $M_p = M_f(e^x - 1)$ , onde  $M_f$  é a massa final do motor após consumida a massa de propelente,  $M_p$ , e  $e^x$  é a função exponencial, cujos valores são apresentados na Tabela.

X	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$e^x$	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0

Sabendo-se que a massa do motor do 1º estágio sem nenhuma gota de propelente é de 25.000 kg, e que  $x = \Delta v/11.000$ , sendo  $\Delta v$  dado em km/h, calcule a massa de propelente para realizar a manobra do Ponto 2.

Registre abaixo suas contas, sem elas o resultado não é aceito.

Resposta 8b):.....

8b) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 8c) (0,25 ponto)** Calcule a massa total de propelente necessária para realizar a manobra do Ponto 1, considerando que, neste caso,  $x = (\Delta v + 900)/11.000$ .

Registre abaixo suas contas, sem elas o resultado não é aceito.

Resposta 8c):.....

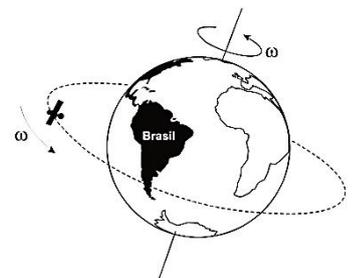
8c) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Pergunta 8d) (0,25 ponto)** Qual a massa total de propelente para realizar as manobras dos Pontos 1 e 2? Registre abaixo suas contas, sem elas o resultado não é aceito.

Resposta 8d):.....

8d) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 9) (1 ponto)** Em agosto e setembro de 2016 milhares de atletas de todo o planeta participarão dos Jogos Olímpicos e Paralímpicos na cidade do Rio de Janeiro. Caberá aos satélites geoestacionários levar a milhões de cidadãos do Brasil e do mundo as imagens dos jogos. Os satélites geoestacionários localizam-se no plano equatorial e giram em torno do eixo longitudinal da Terra com a mesma velocidade angular ( $\omega$ ) desta, conforme ilustrado na figura ao lado. Tudo se passa como se o satélite permanecesse parado em relação à Terra. Por isso, o seu nome geoestacionário (“estacionado” em relação à Terra). Dessa posição privilegiada, eles atuam como espelhos que ao receberem os sinais contendo imagem e som do Maracanã os espalham sobre todo o território brasileiro, onde podem ser captados por meio de antenas. Para aqueles países do outro lado do globo, no Japão, por exemplo, a trajetória do sinal é mais longa podendo envolver até 3 satélites geoestacionários.

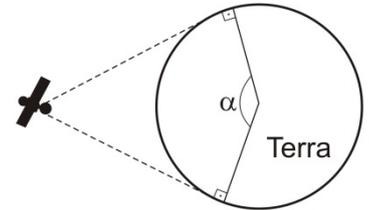


**Pergunta 9a) (0,25 ponto)** O período de um satélite é o tempo que ele leva para completar uma volta em torno da Terra. O período é dependente do raio da sua órbita, medido a partir do centro da Terra, conforme mostrado na Tabela ao lado. Marque com um **X** na Tabela ao lado o raio da órbita correspondente a um satélite geoestacionário.

Período (h)	1,5	1,75	11,9	24,0
Raio da órbita (km)	6.580	7.380	26.380	42.180

**9a) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

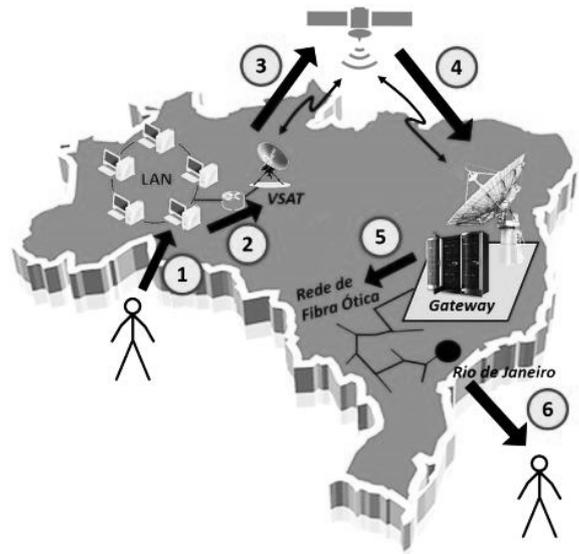
**Pergunta 9b) (0,25 ponto)** Ainda que não esteja relacionado aos Jogos Olímpicos, o Governo Federal pretende lançar até o início de 2017 o SGDC - Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas, com os seguintes objetivos: *i)* oferecer cobertura de internet a todo o território nacional e *ii)* prover comunicações para as Forças Armadas do Brasil. O SGDC ficará “estacionado” numa longitude de 75° Oeste. Dessa posição ele será capaz de cobrir todo o território brasileiro e mais algumas regiões ao redor. A figura à direita ilustra a Terra vista a partir do Polo Sul. A linha tracejada representa a linha tangente da visada do satélite à Terra, delimitando assim a região de cobertura do satélite. O ângulo  $\alpha$  define dessa forma a cobertura do satélite, ou seja, a região que ele é capaz de “enxergar” sobre a linha do Equador. A partir da Tabela observa-se que quanto mais alta a órbita, maior é o ângulo de cobertura. Baseado na resposta à questão anterior e na figura, marque com um **X** na Tabela o ângulo de cobertura,  $\alpha$ , do SGDC.



Raio da órbita (km)	6.580	7.380	26.380	42.180
$\alpha$ (graus)	28	60	152	163

**9b) - Nota obtida:** \_\_\_\_\_

**Pergunta 9c) (0,5 ponto)** A comunicação via internet entre grandes centros urbanos ocorre por meio de cabos de fibra ótica, pelos quais é possível trafegar uma quantidade enorme de dados. Quando não é economicamente viável conectar regiões remotas ao resto do mundo com tais cabos, utilizam-se os satélites geoestacionários, como os SGDC. Suponha que alguém na região amazônica, representada pelo Ponto 1 da figura, esteja em uma conversa de vídeo e voz via internet com uma pessoa no Rio de Janeiro, representado pelo ponto 6. A figura ilustra sequencialmente o longo caminho “de ida” percorrido pelo sinal, enquanto a Tabela descreve cada uma das etapas e apresenta o tempo requerido por ela. Baseado nesses dados calcule quantos segundos são necessários para que um usuário situado no Ponto 1 receba a resposta ao seu “Olá!” enviado a um usuário no Ponto 6. Dicas: *i)* 1ms = 0,001 segundo e *ii)* desconsidere o tempo que o usuário no Ponto 6 leva para processar a informação recebida do Ponto 1, ou seja, tudo se passa como se ele respondesse ao “Olá!” proveniente do Ponto 1 instantaneamente.



Registre abaixo suas contas, sem elas o resultado não é aceito.

Etapa	Descrição	Tempo (ms)
1	Informação “Olá!” saindo do usuário para rede local de internet (LAN) na Amazônia	5
2	Informação partindo da rede LAN para o terminal via satélite / antena VSAT	10
3	Informação sendo transmitida da VSAT via radiofrequência ao satélite	135
4	Informação sendo retransmitida do satélite para um dos hub’s centrais (Gateways)	140
5	Informação sendo transmitida da Gateway para a rede de internet principal de fibra ótica	8
6	Informação sendo roteada da rede central de internet para rede local do usuário no Rio de Janeiro	12

**Resposta 9c):**.....9c) - Nota obtida: \_\_\_\_\_

**Questão 10) (1 ponto)** De uma maneira simplificada um satélite de sensoriamento remoto pode ser entendido como uma “máquina fotográfica” que, do espaço, obtém imagens da Terra. A partir dessas imagens é possível monitorar e medir vários fenômenos que ocorrem na superfície terrestre, incluindo queimadas e desmatamento. É importante ressaltar, contudo, que a identificação das queimadas é feita a partir da captação da energia emitida pelo material orgânico em chamas, que ocorre, principalmente na faixa de comprimento de ondas entre 3,7µm e 4,1µm ( $1\ \mu\text{m} = 10^{-6}\ \text{m}$ ) do espectro eletromagnético, conhecida como termal-média. Sabe-se que quanto maior a temperatura da chama, maior é a emissão de energia. O desmatamento, por sua vez, é identificado a partir da radiação solar refletida em uma faixa de comprimento de onda entre 0,4 µm e 3,0 µm. Ao se analisar a radiação solar refletida pelos tipos de superfície nos diversos comprimentos de onda da radiação solar observa-se que a água (rios, lagos e mares) reflete menos energia solar quando comparada ao solo sem cobertura vegetal e ao solo com cobertura vegetal. Além disso, o solo exposto e a vegetação refletem diferentemente em todos os comprimentos de onda, o que permite sua diferenciação. Por se tratarem de fenômenos físicos distintos (emissão e reflexão) o satélite precisa possuir mais de uma câmera imageadora para monitorar o desmatamento e as queimadas.

De modo similar a uma máquina fotográfica digital, as imagens obtidas pelos sensores de um satélite são transformadas em píxeis. Cada imagem é composta de milhões de píxeis. O pixel é o menor elemento da imagem, ao qual é possível atribuir uma tonalidade, cujo valor numérico varia entre zero e 255. Um pixel com valor zero significa que ele recebeu quase nenhuma radiação proveniente da superfície terrestre, sendo então representado pela cor preta. No outro extremo o valor 255 corresponde à cor branca e indica que o sensor recebeu a máxima quantidade de radiação da superfície terrestre. Entre zero e 255 há 254 tons de cinza do mais claro ao mais escuro. O normal é uma imagem com píxeis de diversas tonalidades de cinza, da mais clara (tendendo ao branco) à mais escura (tendendo ao negro).

**Pergunta 10)** A partir dessas informações assinale **V** (verdadeira) ou **F** (falsa) em cada uma das seguintes sentenças:

- ( ) A partir de variações de tonalidade de cinza obtidas nas imagens dos satélites, os cientistas identificam regiões de queimadas e de desmatamento.
- ( ) A presença de nuvens não atrapalha a detecção de queimadas e de desmatamento.
- ( ) Uma área queimada, depois do fogo extinto, irá refletir mais radiação solar do que antes, quando havia cobertura vegetal, e por isso, será representada por “píxeis” claros.
- ( ) Quanto maior a temperatura da área sendo queimada, mais claros serão os píxeis que representam a imagem dessa área.
- ( ) Muitos píxeis de uma imagem de uma câmera satelital, destinada ao monitoramento de queimadas, apresentam valores numéricos próximos de 255. Isso significa a detecção de uma queimada.

**10) - Nota obtida: \_\_\_\_\_**