



MINISTÉRIO DA DEFESA  
COMANDO DA AERONÁUTICA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AEROESPACIAL  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



# CADERNO DE QUESTÕES

FÍSICA E REDAÇÃO

VESTIBULAR 2024  
2ºFASE

# INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



## VESTIBULAR 2024

### 2ª FASE

## FÍSICA E REDAÇÃO

### INSTRUÇÕES

1. O tempo total para resolução das duas provas é de **quatro horas**.
2. Não é permitido deixar o local de exame antes de decorridas **duas horas** do início da prova.
3. Você poderá usar **apenas** caneta esferográfica de corpo transparente com tinta preta, lápis ou lapiseira, borracha, régua transparente simples e compasso. **É proibido portar qualquer outro material escolar.**
4. Você recebeu este **caderno de questões, um caderno de soluções de Física e uma folha de Redação.**
5. Não é permitido destacar qualquer das folhas que compõem os cadernos de questões ou de soluções.
6. O caderno de questões é composto por **10 questões dissertativas** (numeradas de 01 a 10) de **Física** e uma **Redação**.
7. Responda as questões da prova de Física no caderno de soluções, **no local destinado a cada questão**. A redação deve ser apresentada na folha de Redação.
8. Apenas as resoluções presentes nos espaços destinados para uma dada questão serão consideradas na correção dessa questão. Não será considerado para correção o conteúdo das páginas de rascunho.
9. Nas questões que envolvem cálculo matemático, **as expressões numéricas devem ser resolvidas até o final**, sob pena de **prejuízo da nota**.
10. **Na folha de Redação, preencha seu nome, número, cidade e sala.**
11. A redação deve conter de **25 a 35 linhas**.
12. Escreva sua redação com letra legível. A redação pode ser escrita a lápis, desde que esteja bem legível. Se preferir, use caneta. Se interferirem na legibilidade e na compreensão da escrita, borrões e rasuras de qualquer tipo serão considerados na correção.
13. Não haverá tempo suplementar para a transcrição do rascunho para a folha de Redação.
14. É obrigatória a **devolução dos cadernos de questões e de soluções, bem como da folha de Redação**, sob pena de **desclassificação do candidato**.
15. No dia 04/12/2023 serão divulgadas as médias obtidas nas provas da segunda fase.
16. **Aguarde o aviso para iniciar a prova. Ao terminá-la, avise o fiscal e aguarde-o no seu lugar.**

## FÍSICA

Quando necessário, considere as seguintes constantes:

Aceleração local da gravidade  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

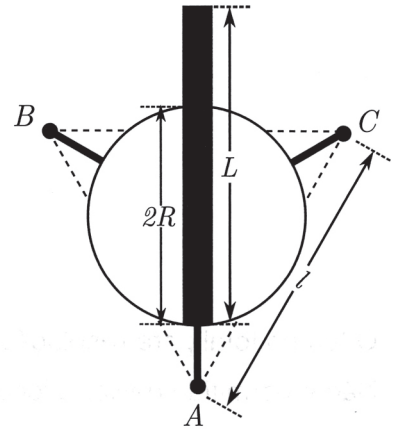
Constante de gravitação universal  $G = 6,7 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^3$ .

Velocidade da luz no vácuo  $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Se necessitar, use a seguinte aproximação numérica:

$(1 + x)^n \approx 1 + nx$  para  $|x| \ll 1$ .

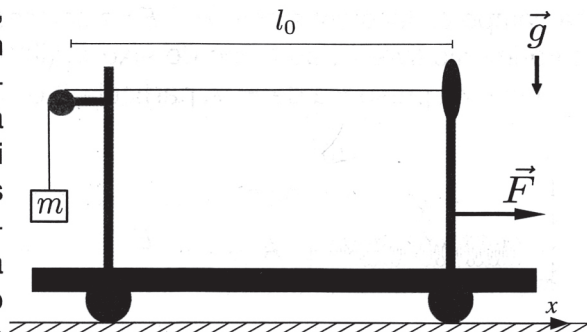
**Questão 1.** Considere um banco de três pernas, todas de mesmo comprimento, com um assento em formato de disco de raio  $R$  e massa  $m$ . Este banco está sobre uma superfície horizontal perfeitamente plana e os seus pés tocam o solo em três pontos que correspondem aos vértices de um triângulo equilátero de aresta  $l$ . O banco é construído de tal forma que o eixo de simetria do assento intercepta o centro geométrico do triângulo. Uma barra de massa  $M$  e comprimento  $L > 2R$  é afixada sobre o banco, de modo que uma de suas extremidades permanece junto à borda do assento e a outra ultrapassa os seus limites. A barra passa pelo centro do assento e está orientada na mesma direção que uma das mediatrizes do triângulo equilátero. A figura mostra o banco, com a barra, em vista superior.



Considerando este sistema, responda aos seguintes itens:

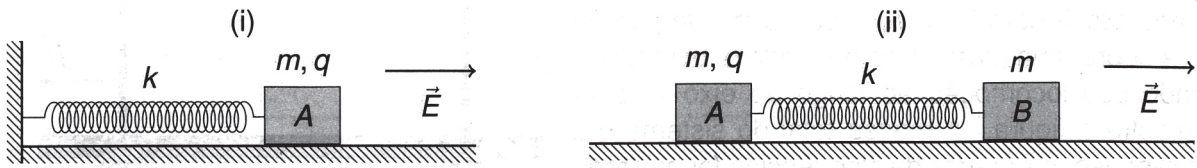
- supondo que o sistema está em condição de equilíbrio, determine a expressão da reação normal do piso sobre o pé do banco que está apoiado no ponto  $A$ ;
- determine o intervalo de valores de  $L$  para os quais o banco permanece em equilíbrio, mantidos todos os outros parâmetros fixos.

**Questão 2.** Um professor desenvolveu um projeto para o estudo de ondas estacionárias em cordas. Para tal, utilizou um gerador de frequência  $f$ , um fio de náilon de densidade linear de massa  $\mu$ , dois pedestais universais, uma roldana e um bloco de massa  $m$ . A distância da roldana até o gerador é  $l_0$ . Toda a montagem foi acoplada sobre uma plataforma de madeira com rodas permitindo sua locomoção ao longo do eixo  $x$ , conforme mostra a figura. A massa total do sistema era  $M$ . Em repouso, o gerador de frequências foi ajustado para que a vibração na corda apresentasse uma única crista.



Uma vez que a frequência de ajuste no gerador seja dobrada com relação à frequência inicial, qual deve ser a força  $\vec{F}$  aplicada sobre o sistema para que se visualize uma única crista novamente? Despreze o atrito.

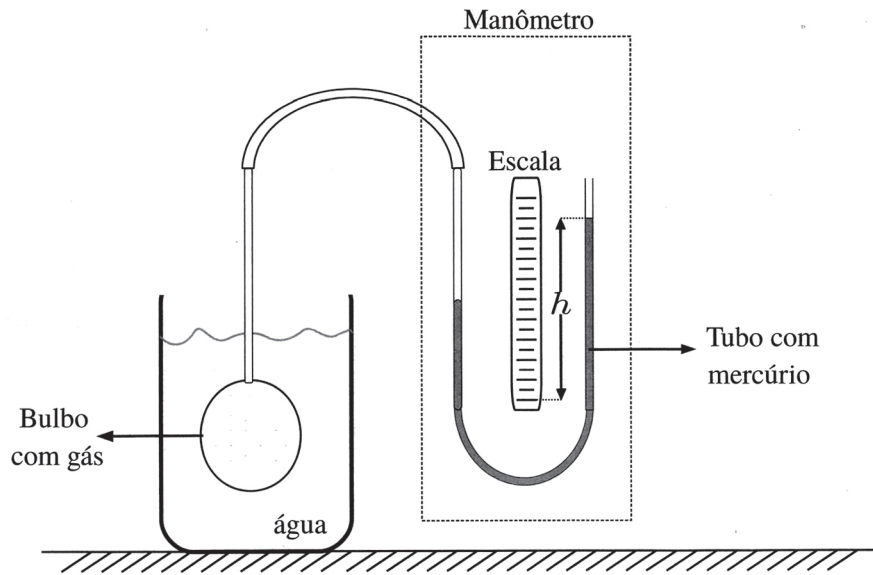
**Questão 3.** Considere duas situações: (i) uma partícula  $A$  de massa  $m$  e carga  $q$ , sob influência de um campo elétrico constante  $\vec{E} = E \hat{i}$  é colocada para oscilar pela ação de uma mola de rigidez  $k$  e comprimento livre  $l_0$ , ao longo do eixo  $x$ ; (ii) uma segunda partícula,  $B$ , é conectada à  $A$ , pela mesma mola, na presença de  $\vec{E}$ . A partícula  $B$  é neutra e tem massa  $m$ .



Desconsiderando efeitos de radiação eletromagnética e de atrito, determine:

- o período de oscilação do sistema massa-mola na situação (i);
- a frequência angular  $\omega$  de oscilação da massa  $A$  em relação ao centro de massa na situação (ii);
- a equação horária de cada partícula em (ii), sabendo que, inicialmente, a massa  $A$  está em repouso e passa pela origem do sistema de coordenadas, ao passo que a massa  $B$  também está em repouso e se encontra a uma distância  $l_0$  de  $A$ .

**Questão 4.** Um grupo de estudantes estava trabalhando na concepção de termômetro a gás a volume constante, conforme a figura. Com intuito de calibrar o termômetro, os estudantes mediram a pressão do gás,  $P_0$ , a  $0^\circ\text{C}$ . Em seguida, o bulbo de vidro do termômetro foi posto em contato com uma quantidade de água a  $100^\circ\text{C}$ , resultando em uma elevação  $h$  da coluna de mercúrio, constituindo assim uma escala de temperatura. Entretanto, notou-se que a altura  $h$ , atingida pelo mercúrio, não correspondia, de forma precisa, aos valores calculados inicialmente. Após muitas discussões os estudantes concluíram que a expansão térmica do bulbo foi a causa dessa discrepância.



Dado o exposto e assumindo que a densidade do mercúrio seja dada por  $\rho$  e a aceleração gravitacional por  $g$ , responda aos itens abaixo.

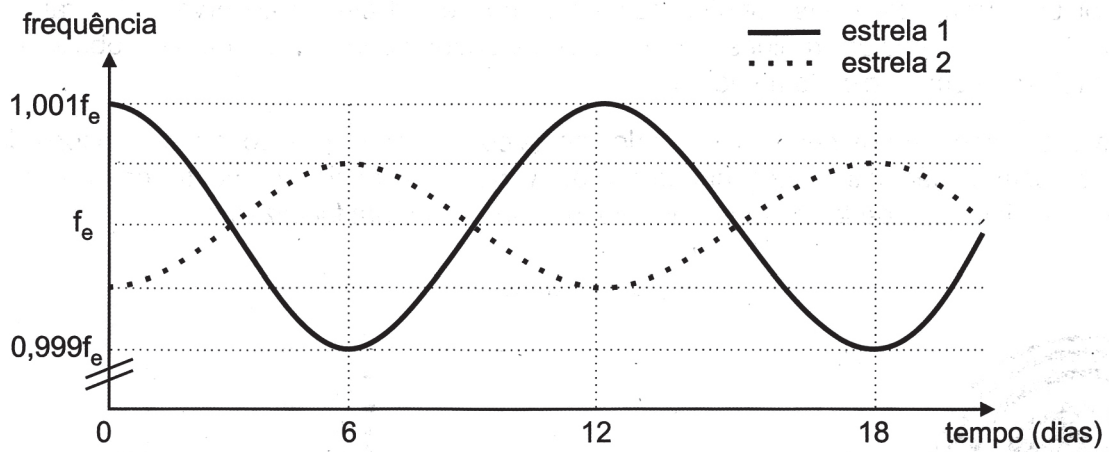
**a)** Assumindo que o gás no interior do bulbo seja ideal, calcule o valor relativo à altura  $h$  desconsiderando o efeito de dilatação térmica do bulbo.

**b)** Sabendo que  $V_0$  é o volume do bulbo à  $0^\circ\text{C}$  e que  $\alpha$  é o coeficiente de dilatação linear do vidro, calcule qual deve ser a diferença entre o valor medido de  $h$  e o valor calculado inicialmente se esta fosse a única causa da discrepância. Despreze as dimensões do orifício de contato entre o bulbo e o capilar.

**Questão 5.** Considere dois objetos idênticos inicialmente em equilíbrio térmico à temperatura  $T_1$ . Um refrigerador realiza trabalho  $W$  e faz um dos objetos atingir a temperatura  $T_2$ . Considere que os objetos não trocam calor com o meio externo e tudo acontece a pressão constante. Sendo  $C_p$  a capacidade térmica de cada objeto a pressão constante, qual o valor mínimo de  $W$ ?

Dado: A variação de entropia  $\Delta S$  a pressão constante entre temperaturas  $T_i$  e  $T_f$  é  $\Delta S = C_p \ln \frac{T_f}{T_i}$ .

**Questão 6.** Um observatório analisa a frequência de uma emissão eletromagnética, de frequência natural  $f_e$ , proveniente de duas estrelas que formam um sistema binário com órbitas circulares. O gráfico obtido está representado na figura.



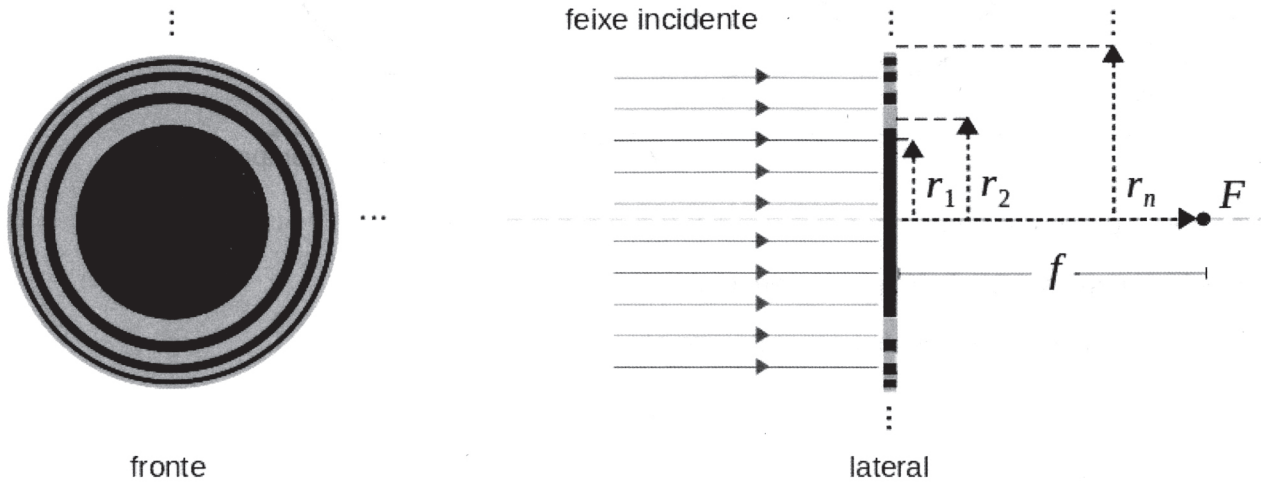
Com base nesse gráfico, estime:

- a distância que separa as duas estrelas em metros;
- a massa de cada uma das estrelas em quilogramas.

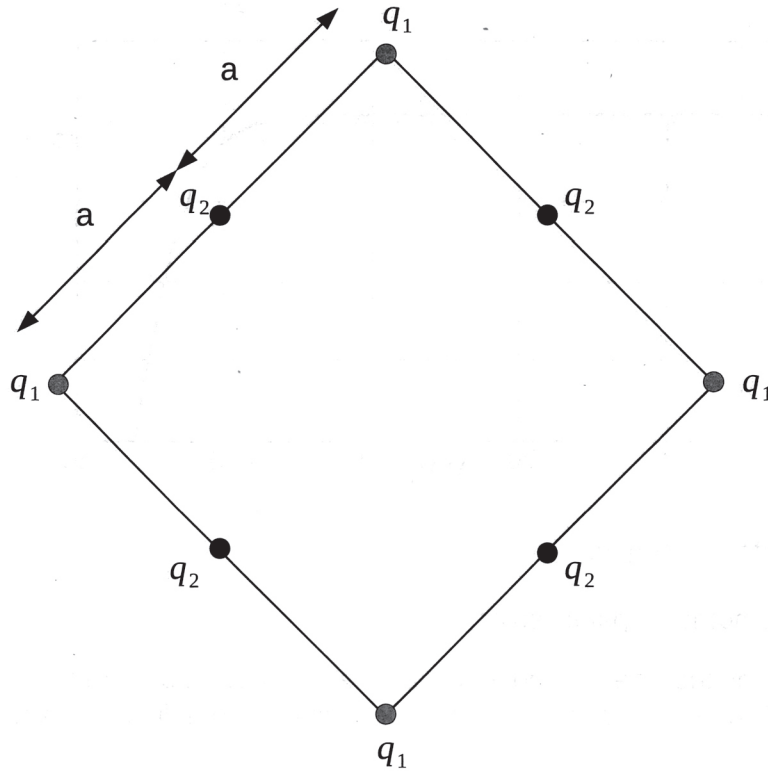


**Questão 7.** Deseja-se focalizar um feixe monocromático paralelo em torno de um ponto F. Devido ao baixo comprimento de onda  $\lambda$  e efeitos de absorção no material, não é possível utilizar uma lente convergente usual para focalizar essa radiação. Como alternativa, utiliza-se uma rede de difração constituída por um arranjo de anéis concêntricos em torno de um círculo absorvedor de raio  $r_1$ . Os anéis concêntricos intercalam regiões com obstáculos absorvedores (preto) e sem obstáculos absorvedores (cinza), como indicado na figura.

Obtenha uma expressão para os raios  $r_n (n > 1)$  dos anéis concêntricos, que podem ser absorvedores ( $n$  ímpar) ou sem obstáculos ( $n$  par), em função de  $\lambda$ ,  $r_1$ , da distância  $f$  do centro dos anéis ao ponto F e do índice inteiro  $n$ , de forma que o arranjo funcione como um focalizador.



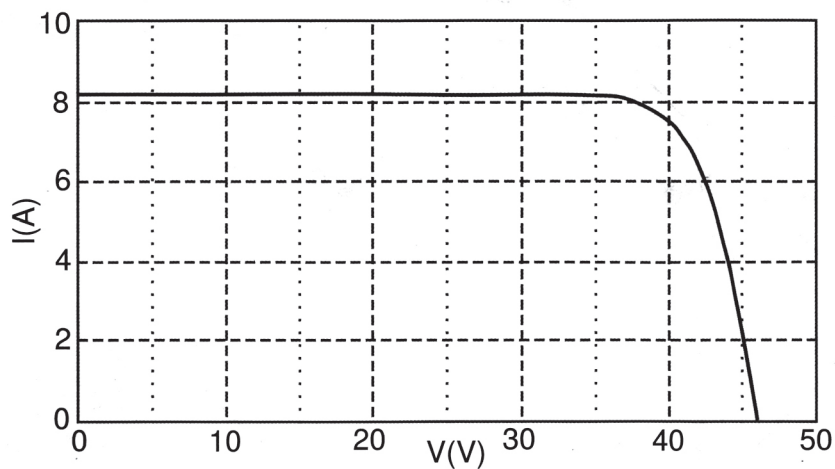
**Questão 8.** Quatro cargas idênticas de valor  $q_1$  estão dispostas nos vértices de um quadrado de lado  $2a$  e quatro cargas  $q_2$  estão posicionadas nos pontos médios das arestas, conforme mostra a figura.



Considerando que o sistema esteja no vácuo, faça o que se pede nos itens a seguir.

- Obtenha a energia potencial deste sistema de cargas em termos da permissividade elétrica no vácuo  $\epsilon_0$ ,  $q_1$ ,  $q_2$  e  $a$ .
- Sabendo que as cargas  $q_2$  estão fixas, determine qual deve ser a razão  $q_1/q_2$  para que o sistema permaneça em equilíbrio estático.

**Questão 9.** Um painel solar é um gerador elétrico capaz de converter energia luminosa em energia elétrica. Uma vez exposto à luz solar, processos físicos geram uma diferença de potencial elétrico capaz de gerar corrente elétrica. Uma curva característica  $I - V$  de um dispositivo como esse é fornecida abaixo.



Faça o que se pede nos itens a seguir.

**a)** Obtenha a força eletromotriz do painel solar.

**b)** Determine a corrente elétrica gerada pela célula solar quando seus terminais são ligados por resistências de  $2,5 \Omega$ ,  $5 \Omega$  e  $10 \Omega$ , respectivamente. Descreva o procedimento usado para chegar à resposta.

**c)** Faça um esboço do gráfico da potência elétrica  $P$  fornecida pela célula solar em função da tensão  $V$  entre os terminais do gerador. Indique os pontos de potência nula e se há algum ponto de operação de potência máxima.

**Questão 10.** Em um acelerador cíclotron uma partícula 1 carregada com carga  $q$ , massa  $m_0$  e energia cinética  $K$ , submetida a um campo magnético  $\vec{B} = -B\hat{z}$ , percorre uma trajetória curvilínea de raio  $r_1$  em um plano  $xy$ . No mesmo acelerador, uma partícula 2 carregada com carga  $2q$ , massa  $2m_0$  e energia cinética  $4K$ , submetida ao mesmo campo magnético, percorre outra trajetória curvilínea de raio  $r_2$ . Considerando efeitos relativísticos, estime a razão  $r_2/r_1$  em termos das energia cinética  $K$ , massa  $m_0$  e velocidade da luz  $c$ .

Dado: No referencial do acelerador, a expressão equivalente à resultante centrípeta no contexto da mecânica relativística é  $p^2/(\gamma m_0 r)$ , onde  $p$  é o momento relativístico,  $\gamma$  é o fator de Lorentz e  $r$  é o raio da trajetória circular.

## REDAÇÃO

Com base em seus conhecimentos e em pelo menos um dos itens da coletânea, escreva uma dissertação a respeito da responsabilidade da engenharia frente aos problemas do mundo contemporâneo. Dê um título ao texto.

**Item 1.** A primeira explosão de uma bomba nuclear aconteceu em 16 de junho de 1945, em um local conhecido como “jornada del muerto”, no estado do Novo México, EUA. Chamada pelo nome codificado de “Trinity test”, essa explosão confirmou que uma bomba atômica de plutônio poderia ser prontamente utilizada pelas forças armadas dos EUA. Vinte anos mais tarde, em 1965, o físico J. Robert Oppenheimer, um dos líderes do projeto Manhattan, fez uma declaração em que parafraseia o capítulo 11, verso 32, do *Bhagavad Gita*: “Eu sou o tempo, o grande destruidor de mundos”. Suas palavras foram:

“Sabíamos que o mundo não seria o mesmo. Algumas pessoas riram, umas poucas choraram. A maioria ficou em silêncio. Lembrei-me da frase da escritura hindu, o *Bhagavad Gita*. Vishnu está tentando persuadir o príncipe de que ele deve cumprir seu dever e, para impressioná-lo, assume a sua forma de muitos braços e diz: ‘Agora tornei-me a Morte, a destruidora de mundos’. Acho que todos nós [naquele momento] pensamos isso, de uma forma ou de outra.”

[Disponível em:

<<https://youtu.be/pqZqfTOxFhY>>.

Acesso em: 20 ago. 2023. Trad. ITA].

**Item 2.** Em 1918, Santos Dumont escreve sobre os seus sentimentos ao receber de Albert R. Hawley, presidente do Aero Club da América, EUA, uma carta com o relato do estabelecimento da primeira linha de correio aéreo naquele país:

“Esta carta veio encher de legítima alegria o meu coração que, há já quatro anos, sofre com as notícias da mortandade terrível causada, na Europa, pela aeronáutica. Nós, os fundadores da locomoção aérea no fim do século passado, tínhamos sonhado um futuro caminho de glória pacífica para essa filha dos nossos desvelos. Lembro-me perfeitamente que, naquele fim de século e nos primeiros anos do atual, no Aero Club de França, que foi, pode-se dizer, ‘O ninho da aeronáutica’ e que era o ponto de reunião de todos os inventores que se ocupavam dessa ciência, pouco se falou em guerra; prevíamos que os aeronautas poderiam, talvez, no futuro, servir de esclarecedores para os Estados-maiores dos exércitos, nunca, porém, veio-nos a ideia de que eles pudessem desempenhar funções destruidoras nos combates. Bastante conheci todos esses sonhadores, centenas dos quais deram a vida pela nossa ideia, para poder agora afirmar que jamais nos passou pela mente que pudessem, no futuro, os nossos sucessores ser ‘mandados’ a atacar cidades indefesas, cheias de crianças, mulheres e velhos e, o que é mais, atacar hospitais onde a abnegação e o humanitarismo dos rivais reúnem, sob o mesmo teto e o mesmo carinho, os feridos e moribundos dos dois campos.”

[Santos-Dumont. *O que eu vi, o que nós veremos*, 1918, pp. 6-7. Domínio público].

## RASCUNHO

---

R

Rascunho

Rascunho



Rascunho



## Paulo Vitor Rodrigues - 21 anos

---

Paulo Vitor Rodrigues da Silva é natural de Balsas, MA.

Ele tem 21 anos e este é seu segundo ano como aluno do ITA.

Paulo continua vencendo: após tentar o ITA quatro vezes, agora ele é o vencedor do concurso promovido por iniciativa do ITA, entre alunos, para ilustrar capas de provas do vestibular 2024. Ele conta que sua inspiração foram a paixão pela aviação e o quão presente ela está no cenário do CTA e de São José dos Campos.

*"Eu fico bastante honrado de fazer parte desse vestibular, por meio dessa fotografia eu espero que várias pessoas se sintam mais inspiradas em fazer parte do ITA."*