

ANEXO I

Manual do(a) Professor(a) e Plano de Segurança

1. APRESENTAÇÃO

Este manual orienta os(as) professores(as) responsáveis pelas equipes participantes da I Mostra de Foguetes: Decole seu Futuro. O documento reúne orientações pedagógicas, instruções de construção dos foguetes de cada nível, procedimentos de segurança e o plano de controle da área de lançamento.

O professor é o principal responsável pela segurança dos estudantes durante todas as etapas do evento: preparação, deslocamento, oficina, construção, vistoria e lançamento. A leitura completa deste manual é condição para a participação da escola.

Referências técnicas: as orientações seguem os regulamentos da Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBAFOG), da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) e da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA)⁵.

2. NÍVEIS E TIPOS DE FOGUETE

Nível	Público	Tipo de foguete	Propulsão
Nível 1	Fundamental, 1º ao 3º ano	Canudo de refresco (diâmetro máximo 15mm)	Impulso de ar comprimido manual
Nível 2	Fundamental, 4º e 5º ano	Canudo de papel (diâmetro ~20mm)	Impulso de ar comprimido manual
Nível 3	Fundamental, 6º ao 9º ano	Garrafa PET	Água e ar comprimido, bomba manual
Nível 4	Ensino Médio, 1º ao 3º ano	Garrafa PET	Vinagre e bicarbonato de sódio

Observações:

- As bases de lançamento dos quatro níveis, assim como a bomba manual de pressurização, serão fornecidas pela UFJ e foram adquiridas no site oficial da OBA. Para especificações detalhadas, o link do fabricante poderá ser consultado:

- para os modelos dos Níveis 1 e 2 em: <https://lojauniversooba.com.br/produtos/base-de-lancamento-de-foguete-do-nivel-1-e-2-montada/>

- para os modelos dos Níveis 3 e 4, e em <https://lojauniversooba.com.br/produtos/base-de-lancamento-de-foguete-do-nivel-3-e-4-versao-4-0-semi-montada/>

- Cabe aos grupos participantes a construção dos foguetes com supervisão da escola proponente.

3. PAPEL DO(A) PROFESSOR(A) NO EVENTO

Cabe ao professor responsável:

1. orientar a equipe durante a construção do foguete na escola;

⁵ Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) é uma iniciativa nacional de divulgação científica voltada à educação básica, realizada desde 1998 com apoio da Sociedade Astronômica Brasileira e da Agência Espacial Brasileira. A OBA coordena duas atividades práticas de lançamento de foguetes escolares: a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), de caráter formativo, dedicada à construção e ao lançamento em contexto pedagógico, e a Olimpíada Brasileira de Foguetes (OBAFOG), de caráter competitivo, com regulamentos específicos por modelo de foguete e por nível escolar. Os documentos oficiais estão disponíveis em <https://www.oba.org.br/>.

2. garantir que os materiais utilizados estejam dentro das normas da chamada;
3. acompanhar os estudantes durante o deslocamento até a UFJ;
4. participação facultativa na oficina de orientação em 22/08/2026;
5. apresentar os foguetes e a ficha técnica para vistoria no dia do evento;
6. manter os estudantes dentro dos setores autorizados;
7. comunicar qualquer situação de risco à comissão organizadora;
8. supervisionar o comportamento da equipe durante os lançamentos;
9. registrar os resultados e estimular a reflexão científica após os lançamentos.

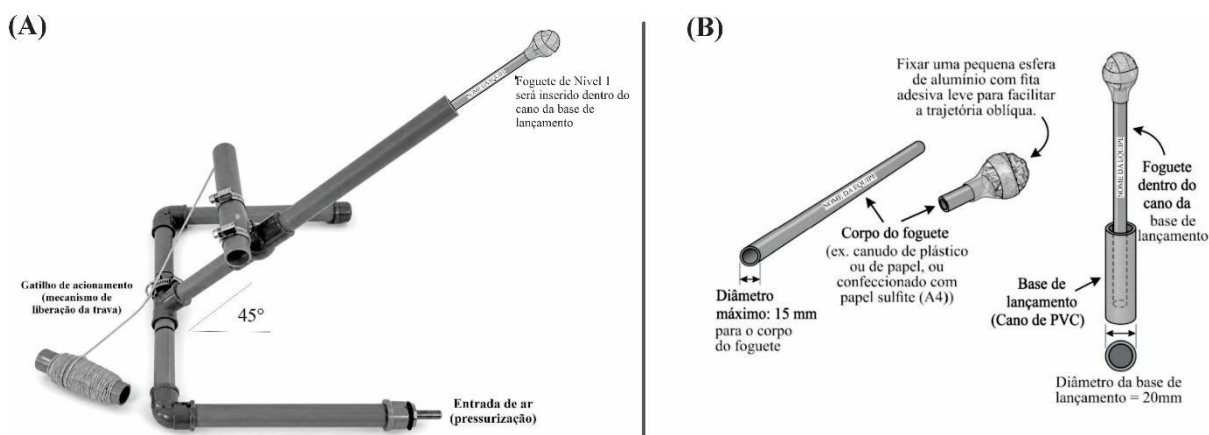
Atenção: o(a) **professor(a)** não poderá realizar o lançamento, comprimir a garrafa da base, pressurizar o sistema ou acionar o gatilho em nome dos estudantes. Essas ações devem ser realizadas pelos próprios alunos, sob supervisão.

4. CONSTRUÇÃO DO FOGUETE DE NÍVEL 1: FOGUETE DE CANUDO DE REFRESCO/PAPEL DO TIPO MILKSHAKE/PAPEL SULFITE

4.1 Princípio científico

O princípio de lançamento baseia-se no impulso gerado pela expansão do ar comprimido. O foguete é inserido **dentro** tubo-guia de PVC de 20 mm, inclinado a 45°, com a extremidade aberta voltada para baixo, permanecendo apoiado na base até o acionamento, Figura 1(A). A pressurização será realizada pelos estudantes com uma bomba manual, fornecida pela UFJ, de encher pneus, acoplada ao reservatório de ar da base que também será fornecida pela UFJ, até o volume definido pela comissão. Devido à faixa etária dos participantes, até dois integrantes da equipe podem se revezar no bombeamento. Em seguida, um estudante aciona o dispositivo de liberação, permitindo que o ar comprimido percorra o tubo e impulse o foguete para fora da base, em trajetória oblíqua.

Figura 1. Base de lançamento e configuração do foguete do Nível 1. **(A)** Base de PVC com tubo-guia inclinado a 45°, gatilho de acionamento e entrada de ar para pressurização. **(B)** Foguete de canudo com diâmetro máximo de 15 mm, equipado com esfera de alumínio na extremidade superior e inserido no tubo-guia de PVC de 20 mm.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora, com apoio de ferramenta de inteligência artificial generativa (Modelo Gemini).

4.2 Materiais necessários (Figura 2)

- 1 canudo de refresco de plástico ou de papel (milkshake), limpo e reto;
- papel comum sulfite leve para coifa e aletas;
- fita adesiva fina;
- cola branca;
- tesoura sem ponta;
- régua e lápis;
- material para customização (fitas, tinta, etc).

Figura 2. Materiais para a confecção do foguete de Nível 1.

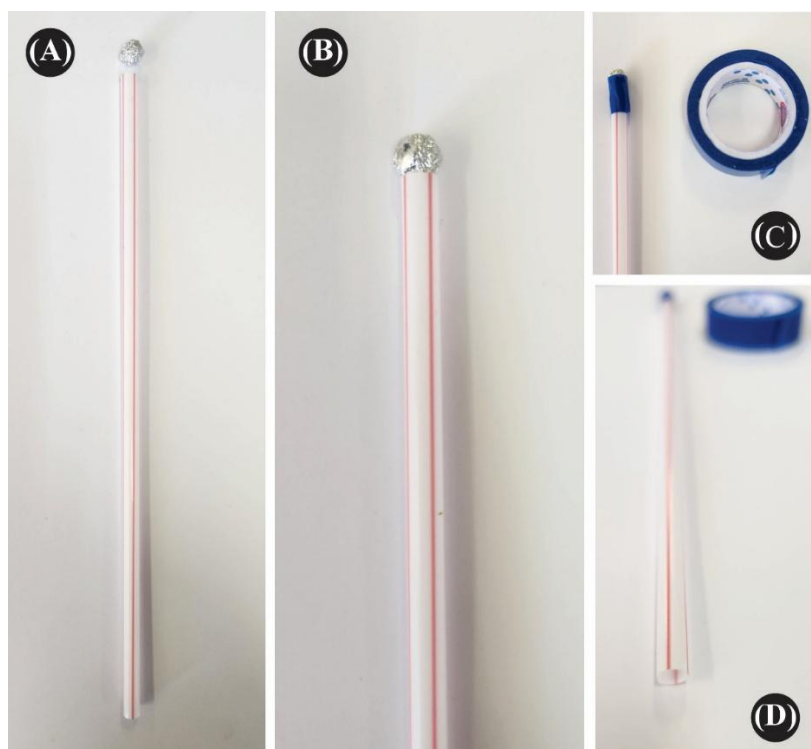


Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

4.3 Passo a passo

1. **Prepare o corpo do foguete, Figura 3(A).** Use um canudo de refrigerante com comprimento entre 8 cm e 15 cm. Como alternativa, enrole uma folha de papel A4 para formar um tubo com diâmetro de até 15 mm.
2. **Faça a ponta do foguete, Figura 3(B).** Modele uma pequena bola de papel-alumínio, com tamanho suficiente para encaixar em uma das extremidades do canudo ou tubo de papel.
3. **Feche a extremidade superior, Figura 3(B).** Posicione a bola de papel-alumínio sobre uma das pontas e pressione-a até que essa extremidade fique completamente fechada.
4. **Vede e fixe com fita adesiva, Figura 3(C).** Envolver a região da ponta com fita adesiva leve, prendendo bem o papel-alumínio ao canudo. Certifique-se de que não haja aberturas por onde o ar possa escapar.
5. **Verifique o foguete pronto, Figura 3(D).** A outra extremidade deve permanecer aberta, pois será encaixada no tubo guia. Durante a oficina, teste o encaixe e ajuste o diâmetro com fita adesiva, se necessário.

Figura 3. Ilustra a sequência de montagem do foguete, onde em (A) observa-se o corpo do foguete (canudo ou tubo de papel) e a bola de alumínio preparada; em (B) a bola é encaixada na extremidade superior para realizar a vedação; em (C) demonstra-se o uso da fita adesiva leve para fixar a bola e garantir que o ar não escape; e, finalmente, em (D) apresenta-se o foguete concluído, com a base aberta pronta para o ajuste e encaixe no tubo guia.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

Atenção, Nível 1: a extremidade frontal deve ficar vedada. Peso metálico, grampos e alfinetes não são permitidos na ponta do foguete.

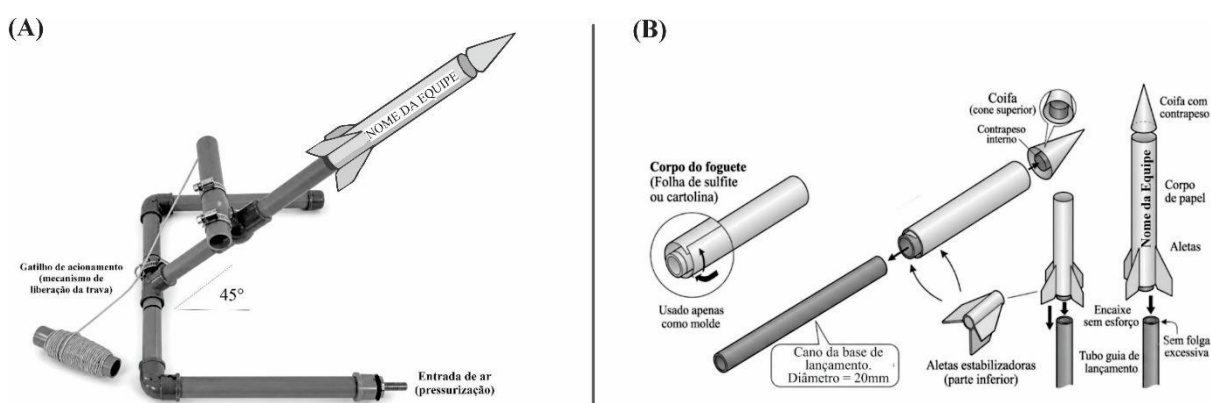
Os alunos têm liberdade para realizar customizações no design e na decoração, desde que utilizem materiais leves e seguros, como fitas adesivas coloridas e papéis, e que essas modificações não interfiram no diâmetro do canudo ou no seu encaixe no tubo guia.

5. CONSTRUÇÃO DO FOGUETE DE NÍVEL 2: FOGUETE DE CANUDO DE PAPEL (CARTOLINA OU SULFITE)

5.1 Princípio científico

O princípio é o mesmo do Nível 1. O ar comprimido na garrafa da base escoa pelo tubo guia e impulsiona o foguete, Figura 3(A). O tubo de papel apresenta maior diâmetro e maior área interna, o que altera a força recebida e permite explorar a relação entre massa, comprimento e alcance, Figura 3(B).

Figura 4. Sistema de lançamento e componentes do foguete do Nível 2. **(A)** Base de lançamento com inclinação de 45°, destacando o gatilho de acionamento por cordão e a válvula de pressurização. **(B)** Detalhamento da construção do foguete de papel (sulfite ou cartolina), evidenciando o uso do tubo de PVC de 20 mm como molde, o acoplamento da coifa com contrapeso, a fixação das aletas estabilizadoras e o ajuste sem folga excessiva no tubo-guia.

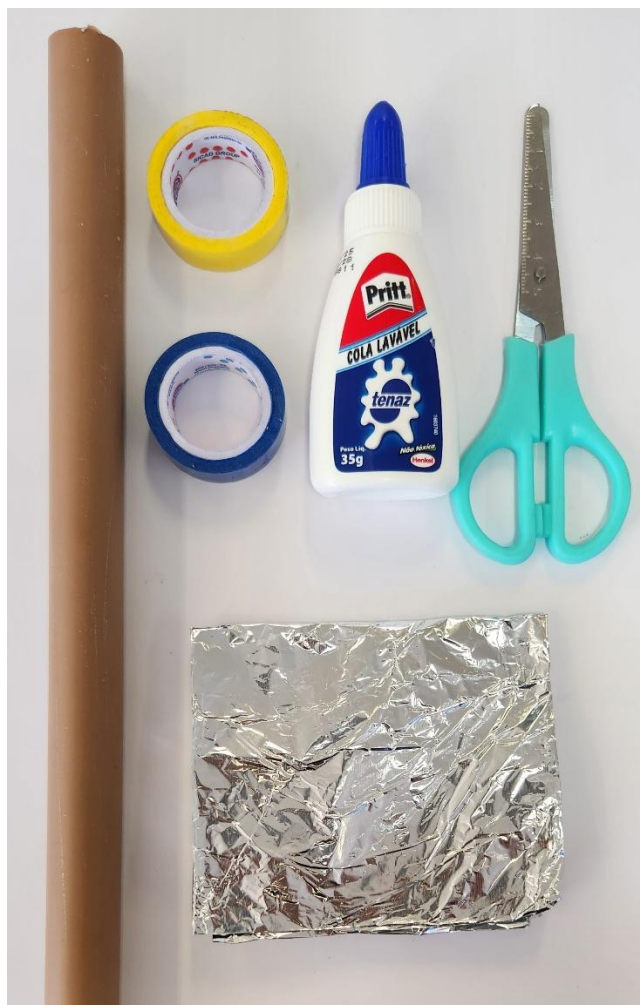


Fonte: Elaborado pela comissão organizadora, com apoio de ferramenta de inteligência artificial generativa (Modelo Gemini).

5.2 Materiais necessários (Figura 5)

- 1 folha de papel A4 ou cartolina leve;
- 1 cano de PVC de 20 mm de diâmetro e cerca de 40 cm de comprimento, usado apenas como molde;
- fita adesiva;
- cola branca ou cola bastão;
- tesoura sem ponta;
- régua e lápis;
- material para customização (fitas, tinta, etc).

Figura 5. Materiais para a confecção do foguete de Nível 2.

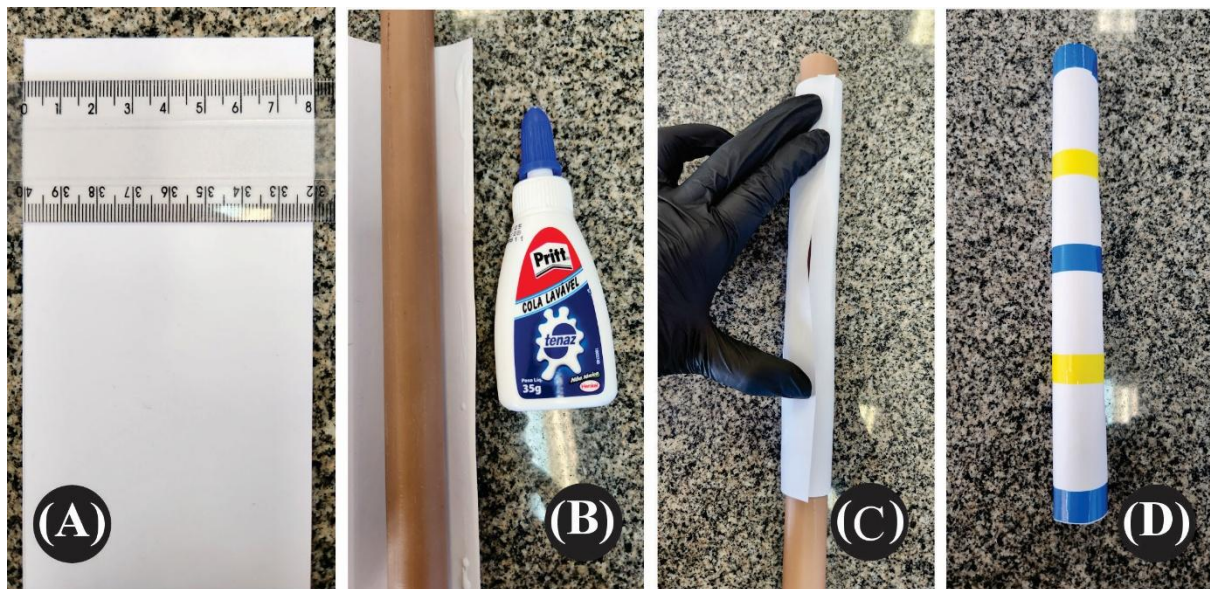


Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

5.3 Passo a passo

1. **Prepare a folha de papel.** Corte ou separe uma folha de papel com 8cm de largura e comprimento de no máximo 20 cm para formar o corpo do foguete, conforme mostrado na Figura 6(A).
2. **Enrole o papel no molde.** Posicione a folha sobre o cano de PVC e enrole-a firmemente ao redor dele, mantendo o papel alinhado e sem folgas excessiva.
3. **Fixe a borda longitudinal.** Aplique cola ao longo da borda externa do papel para manter o tubo fechado, como indicado na Figura 6(B). Como alternativa, utilize fita adesiva para vedar e fixar essa borda.
4. **Forme o corpo do foguete.** Pressione a região colada ou fixada até garantir a união das bordas. Em seguida, retire cuidadosamente o cano de PVC, obtendo o tubo de papel que formará o corpo do foguete, conforme as Figuras 6(C) e 6(D).

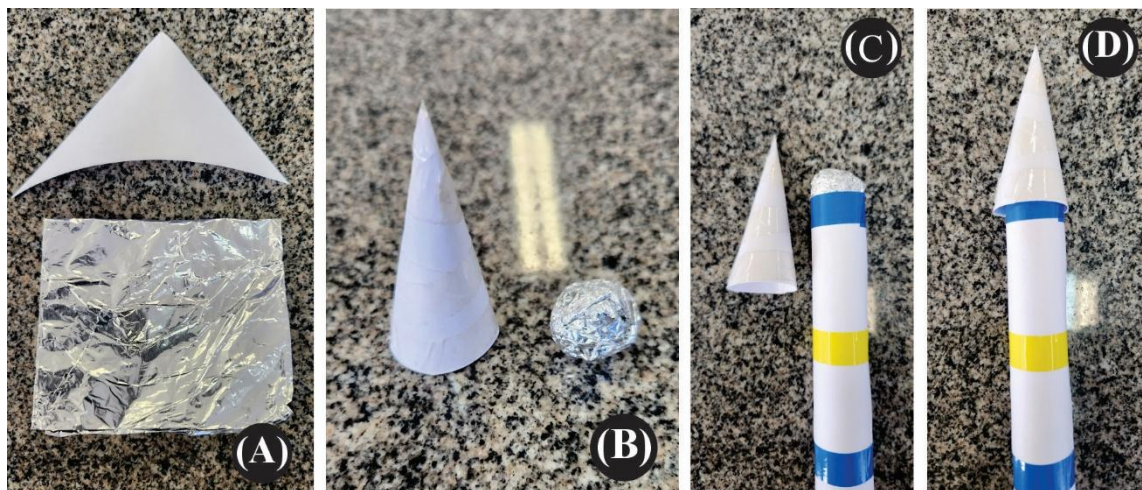
Figura 6. Demonstra o início da construção do corpo do foguete nível 2, onde em **(A)** apresenta-se a medição e preparação da folha de papel; em **(B)** o papel é posicionado junto ao molde de cano PVC com a aplicação de cola (ou fita adesiva) na borda longitudinal; e em **(C)** o papel é enrolado com firmeza e pressionado para garantir a fixação, criando o tubo que servirá como estrutura principal do foguete após a retirada do molde **(D)**.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

5. **Prepare os materiais para a ponta do foguete.** Recorte uma peça de papel em formato de setor circular e separe um pequeno pedaço de papel-alumínio, conforme a Figura 7(A).
6. **Monte o cone.** Enrole o setor circular até formar um cone e fixe suas bordas com fita adesiva ou cola. Ajuste a abertura inferior do cone para que ela tenha diâmetro compatível com o corpo do foguete.
7. **Feche a extremidade superior do corpo.** Faça uma pequena bola de papel-alumínio e encaixe-a na extremidade superior do tubo de papel. Use fita adesiva para fixá-la e vedar completamente essa extremidade, evitando a saída de ar.
8. **Fixe a ponta cônica.** Posicione o cone de papel sobre a extremidade fechada do corpo do foguete e prenda-o com fita adesiva, garantindo que fique centralizado e bem fixado, como mostrado na Figura 7(D).

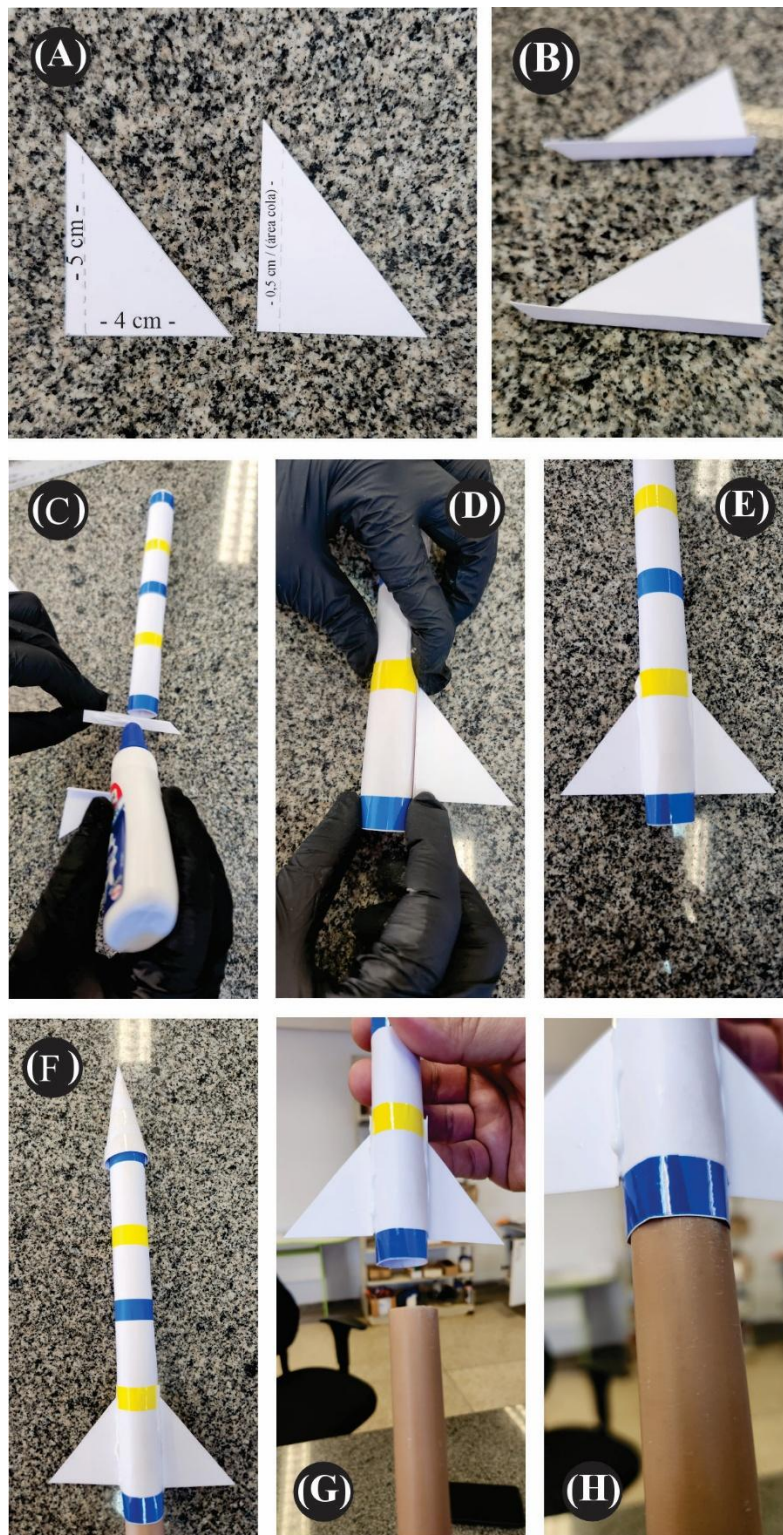
Figura 7. Apresenta a montagem da parte superior do foguete nível 2: em **(A)** são mostrados o recorte de papel em formato de setor circular e o papel-alumínio utilizados na construção da ponta; em **(B)** o setor é enrolado e fixado para formar o cone, enquanto o papel-alumínio é modelado em uma pequena bola; em **(C)** o cone é posicionado sobre o corpo do foguete, cuja extremidade superior já foi fechada e vedada com a bola de alumínio; e, em **(D)** observa-se a ponta cônica fixada ao corpo do foguete, concluindo essa etapa da montagem.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

9. **Prepare o molde das aletas.** Desenhe e recorte triângulos de papel com 4 cm de comprimento da base e 5 cm de altura, conforme a Figura 8(A). Recomenda-se acrescentar uma aba de aproximadamente 0,5 cm em uma das bordas, destinada à aplicação da cola.
10. **Dobre a aba de colagem.** Dobre a faixa adicional de 0,5 cm em cada aleta, formando uma pequena aba que permitirá a fixação no corpo do foguete, como ilustrado na Figura 8(B).
11. **Aplique cola nas abas.** Passe cola nas abas dobradas das aletas, conforme mostrado na Figura 8(C).
12. **Fixe as aletas no corpo do foguete.** Cole as aletas na extremidade aberta do foguete, mantendo-as alinhadas e distribuídas de maneira uniforme ao redor do tubo. Utilize três ou quatro aletas, conforme o projeto, e pressione as abas até que estejam bem aderidas ao corpo, como indicado nas Figuras 8(D) e 8(E).
13. **Finalize a montagem.** Após a secagem da cola, verifique se as aletas estão firmes e se o cone permanece bem fixado à extremidade superior do foguete. O foguete montado é apresentado na Figura 8(F).
14. **Teste o encaixe no tubo guia.** Posicione a extremidade aberta do foguete sobre o tubo guia da base, conforme a Figura 8(G), e verifique se o encaixe ocorre sem folgas excessivas. A Figura 8(H) mostra o detalhe do foguete corretamente encaixado no tubo guia.

Figura 8. Apresenta a montagem e a fixação das aletas do foguete nível 2. Em **(A)** são mostrados os moldes das aletas triangulares, com base de 4 cm, altura de 5 cm e uma aba adicional de aproximadamente 0,5 cm para colagem; em **(B)** as abas são dobradas; em **(C)** aplica-se cola nas abas; em **(D)** e **(E)** as aletas são posicionadas e fixadas de forma alinhada na extremidade aberta do corpo do foguete; em **(F)** observa-se o foguete finalizado, com cone e aletas instalados; e, em **(G)** e **(H)** é demonstrado o teste de encaixe do foguete no tubo guia da base.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

Atenção, Nível 2: o molde deve ser um cano de PVC de 20 mm. Esta é uma instrução geral para garantir a compatibilidade com a base de lançamento, mas os alunos têm total liberdade para realizar customizações no design, como o formato das aletas ou a decoração do corpo do foguete.

Dica para o professor(a) orientador(a): Recomenda-se orientar o grupo a testar a massa total dos materiais utilizados e a distribuição dessa massa no foguete. Explique os conceitos de Centro de Massa (CM) e Centro de Pressão (CP), destacando que a massa adicionada ao topo do foguete, como a bola de alumínio sob o cone, contribui para a estabilidade e para uma trajetória de voo mais retilínea.

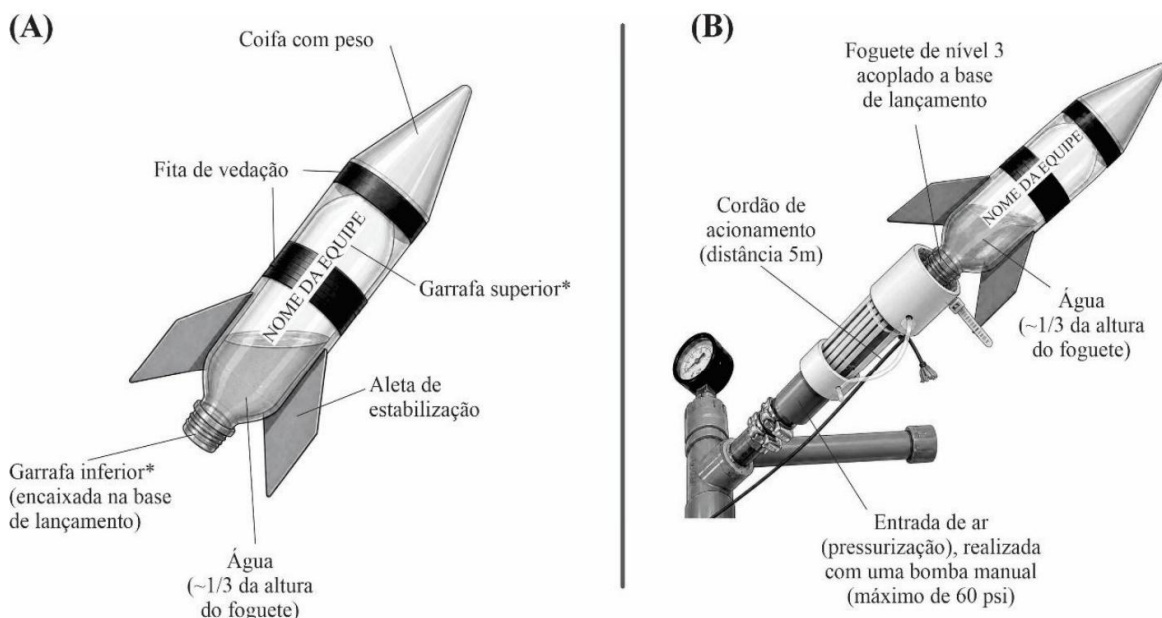
Orientar também sobre as aletas: o foguete deve ter três ou quatro aletas, distribuídas de forma uniforme na extremidade inferior, com formato e tamanho equivalentes.

6. CONSTRUÇÃO DO FOGUETE DE NÍVEL 3: FOGUETE DE GARRAFA PET COM ÁGUA E AR COMPRIMIDO

6.1 Princípio científico

O foguete é parcialmente preenchido com água, Figura 9(A). A bomba manual injeta ar comprimido dentro da garrafa e eleva a pressão interna. Quando o mecanismo de liberação é acionado, o ar expulsa a água pelo bocal com grande velocidade Figura 9(B). A reação a essa ejeção impulsiona o foguete na direção oposta, conforme a Terceira Lei de Newton.

Figura 9. Esquema de montagem e lançamento do foguete de Nível 3: **(A)** Detalhamento da câmara de propulsão em garrafa PET, destacando a coifa com contrapeso para estabilidade do CM e as aletas inferiores para controle aerodinâmico. **(B)** Representação da parte superior da base de lançamento conectada ao foguete. O volume de água (1/3 da garrafa) é ejetado sob pressão para gerar o impulso ($I = \Delta p$) fundamentado no Princípio da Conservação do Momento Linear.



*As duas garrafas compõem a câmara de propulsão e não devem apresentar avarias ou rachaduras.

Fonte: Elaborado pela comissão organizadora, com apoio de ferramenta de inteligência artificial generativa (Modelo Gemini).

6.2 Sugestão de Materiais (Figura 10)

- 2 garrafas PET (volume ideal de 0,5L a 2L), íntegra e transparente de preferência;
- plástico, cartolina ou papelão leve para coifa e aletas;
- fita adesiva resistente e cola;
- água, para preenchimento de cerca de um terço da garrafa;
- óculos de proteção, fornecidos pela organização;
- material para customização (fitas, tinta, etc).

Figura 10. Materiais para a confecção do foguete de Nível 3.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

Observações:

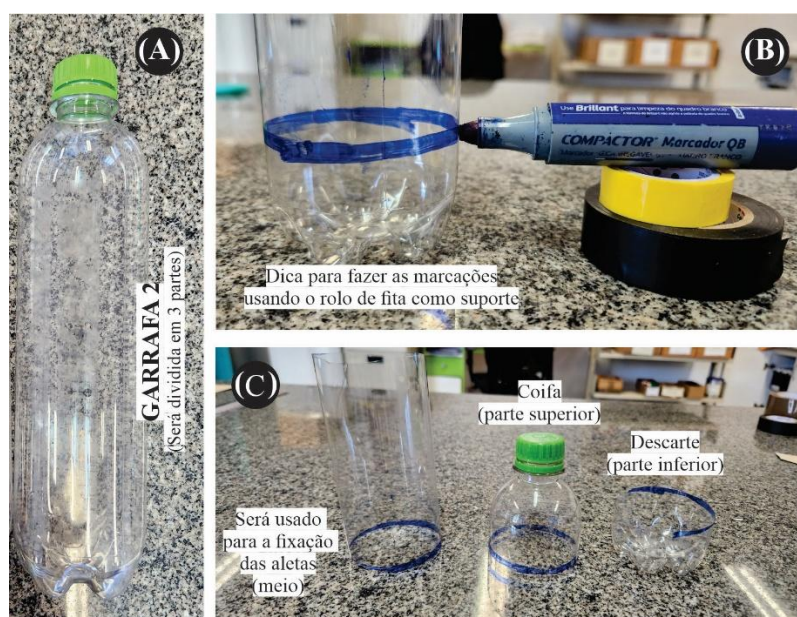
- **Garrafa 1 (câmara de propulsão):** A Garrafa 1 será utilizada como câmara de propulsão, sendo a parte do foguete onde será adicionada a água antes do lançamento. Por esse motivo, ela deve estar completamente íntegra, sem avarias, deformações, rachaduras, trincas, furos ou qualquer outro tipo de dano que possa comprometer sua resistência e segurança durante a pressurização.

- A base de lançamento, a bomba manual e o manômetro **serão fornecidos pela UFJ**.

6.3 Passo a passo

1. Selecione duas garrafas PET íntegras, preferencialmente com volume entre 0,5 L e 2 L, transparentes e sem deformações, rachaduras ou furos. Lave e seque completamente antes de iniciar a montagem. Não realize cortes, furos ou reforços no corpo das garrafas.
2. **Selecione a Garrafa 2.** Escolha uma garrafa PET íntegra, limpa e seca. Esta garrafa será utilizada para produzir a coifa e a estrutura de fixação das aletas; ela não será usada como câmara de propulsão, Figura 11(A).
3. **Divida a garrafa em três partes.** Com o auxílio de um marcador permanente, faça duas marcações circulares ao redor da Garrafa 2, dividindo-a em três seções: parte superior, parte central e parte inferior. Para manter a marcação alinhada, utilize um rolo de fita adesiva como guia, Figura 11(B).
4. **Recorte as seções demarcadas.** Com cuidado, realize os cortes nas linhas marcadas, separando as três partes da garrafa. Essa etapa deve ser realizada pelo(a) professor(a) orientador(a) ou por um adulto responsável, utilizando ferramenta adequada e equipamento de proteção, Figura 11(C).

Figura 11. Apresenta a preparação da Garrafa 2 para a montagem do foguete nível 3. Em (A), observa-se a garrafa PET íntegra, limpa e seca antes das modificações; em (B), são realizadas as marcações circulares com o auxílio de rolos de fita adesiva como guia, delimitando as regiões de corte; e, em (C), apresentam-se as três partes obtidas após os recortes: a parte superior, destinada à confecção da coifa; a parte central, utilizada para a fixação das aletas; e a parte inferior, destinada ao descarte.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

5. **Posicione as garrafas.** Encaixe a parte superior da Garrafa 2 sobre a Garrafa 1 Figura 12(A). Passe fita de vedação sobre o encaixe, conforme indicado na Figura 12(B).
6. **Apare a borda inferior do envoltório.** Caso necessário, apare a borda inferior da parte central da Garrafa 2 (passo 3) para regularizar o acabamento e adequar o tamanho do envoltório que receberá as aletas, como mostrado na Figura 12(C).
7. **Prepare as aletas.** Recorte três ou quatro aletas em plástico leve ou cartolina resistente. No modelo apresentado, cada aleta possui aproximadamente 8 cm de comprimento, 9 cm de altura e uma aba de 2 cm destinada à colagem, conforme a Figura 12(E).
8. **Dobre as abas de fixação.** Dobre a aba de 2 cm em cada aleta. Essa dobra aumenta a área de contato com o envoltório da Garrafa 2 e contribui para uma fixação mais resistente.
9. **Cole as aletas no envoltório.** Aplique cola nas abas dobradas e fixe as aletas na parte inferior do envoltório da Garrafa 2. Reforce a fixação com fita adesiva resistente, se necessário, conforme a Figura 12(F).
10. **Distribua as aletas de forma simétrica.** Marque previamente os pontos de colagem para que as aletas fiquem igualmente espaçadas ao redor da circunferência da garrafa. Para três aletas, mantenha um ângulo de 120° entre cada uma, Figura 12(H). Este cálculo é feito dividindo ângulo de 360 graus (360°), que representa uma volta completa ao redor de uma circunferência, pelo número de aletas (n).
11. **Verifique a montagem final.** Confirme que as aletas estejam firmes, alinhadas e sem inclinações. A Figura 12(G) apresenta o conjunto montado, com a Garrafa 1 posicionada internamente e a Garrafa 2 formando o envoltório externo onde estão fixadas as aletas.

Figura 12. Apresenta a montagem do envoltório para fixação das aletas no foguete nível 3. Em (A), a parte central da Garrafa 2 é posicionada sobre a Garrafa 1; em (B), aplica-se fita adesiva resistente para fixar a união entre as peças; em (C), realiza-se o acabamento da borda inferior do envoltório da Garrafa 2; e, em (D), observa-se o cilindro ajustado no corpo do foguete. Em (E), são mostrados os moldes das aletas, com aproximadamente 8 cm de comprimento, 9 cm de altura e aba de 2 cm para colagem; em (F), as aletas são fixadas ao envoltório; em (G), apresenta-se o foguete com as aletas instaladas; e, em (H), destaca-se a necessidade de distribuir as aletas de forma uniforme ao redor da circunferência da garrafa, mantendo ângulos de 120° entre elas quando forem utilizadas três aletas.

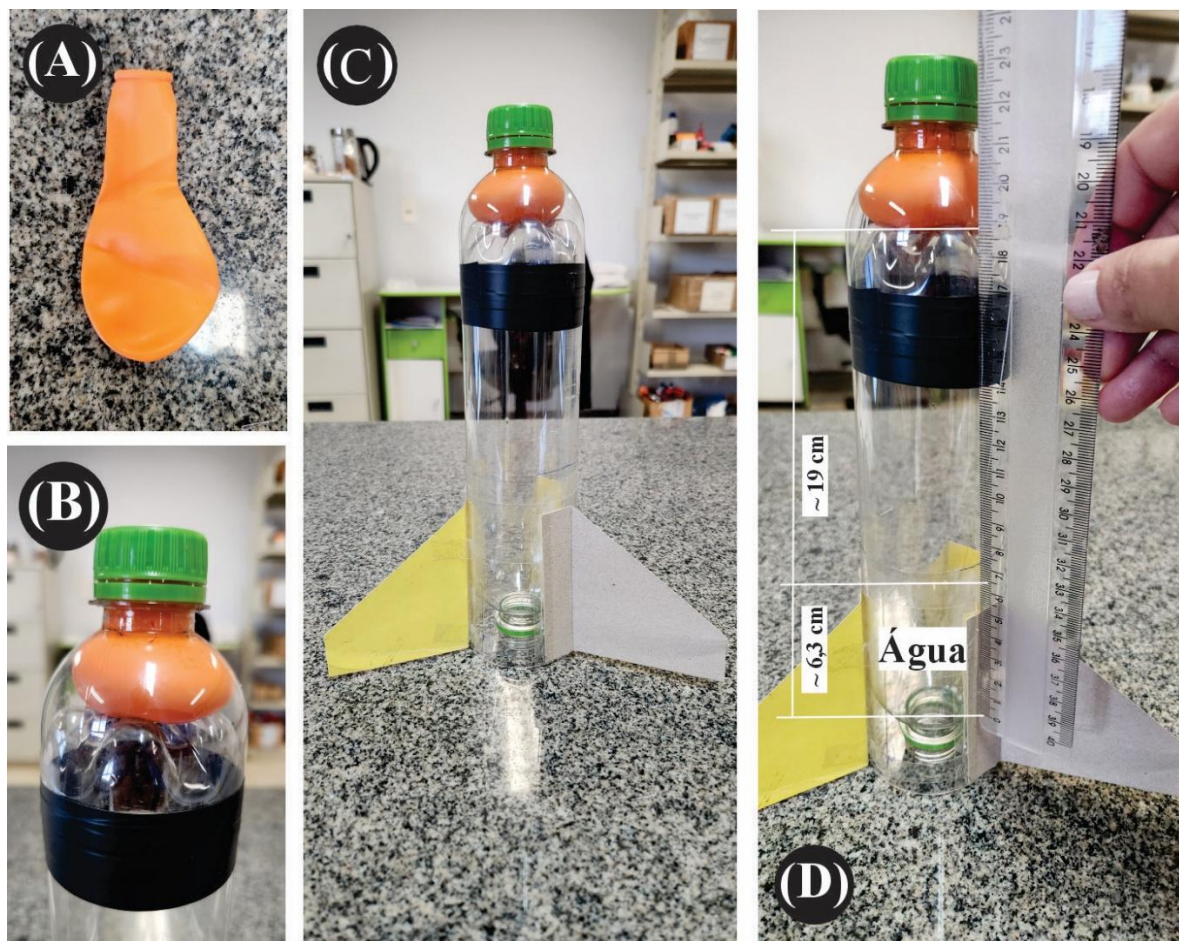


Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

12. **Prepare a massa de balanceamento.** Separe uma pequena massa para ser instalada na coifa, conforme apresentado na Figura 13(A). A massa deve ser compacta e permanecer bem contida, sem possibilidade de se deslocar durante o lançamento.
13. **Posicione a massa na parte superior.** Coloque a massa no interior da coifa, junto à extremidade dianteira do foguete, conforme a Figura 13(B). Essa posição contribui para deslocar o centro de massa em direção à parte superior do foguete.

14. **Fixe a coifa ao corpo do foguete.** Encaixe a coifa, já contendo a massa, na extremidade superior do corpo do foguete e prenda-a firmemente com fita adesiva resistente, como mostrado na Figura 13(C). Verifique se a coifa está alinhada ao eixo do foguete e se não há folgas.
15. **Verifique o comprimento final.** Após a instalação da coifa e das aletas, confira o alinhamento geral do foguete. No exemplo da Figura 13(D), o foguete montado apresenta aproximadamente 19 cm de comprimento na região mostrada.
16. **Adicione água à Garrafa 1 no momento do lançamento.** No dia do lançamento, coloque água na Garrafa 1, que corresponde à câmara de propulsão, até cerca de um terço de sua capacidade total, no exemplo da Figura 13(D) seria até a altura de aproximadamente 6,3 cm. A água deve ser adicionada somente antes do encaixe na base de lançamento e da etapa de pressurização.

Figura 13. Apresenta a inclusão da massa de balanceamento na coifa do foguete nível 3. Em (A), observa-se a massa preparada para a montagem; em (B), ela é posicionada no interior da coifa, na extremidade superior do foguete; em (C), a coifa com a massa é encaixada e fixada ao corpo do foguete com fita adesiva; e, em (D), apresenta-se o foguete montado, com aproximadamente 19 cm na região indicada, pronto para receber água na Garrafa 1, a câmara de propulsão, até cerca de um terço (no exemplo ~ 6,3 cm) de sua capacidade antes do lançamento.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

Atenção, Nível 3: o foguete deve ser construído com duas garrafas PET íntegras, preferencialmente transparentes, com volume entre 0,5 L e 2 L. A Garrafa 1 será a câmara de propulsão e receberá água até aproximadamente um terço de sua capacidade no momento do lançamento. Por razões de segurança, ela não deve apresentar rachaduras, trincas, furos, deformações ou qualquer outro tipo de avaria, nem sofrer cortes ou perfurações. A base de lançamento, a bomba manual e o manômetro serão fornecidos pela UFJ. Os estudantes podem customizar o foguete, desde que não comprometam a integridade da Garrafa 1, o encaixe na base, a vedação e a distribuição das aletas.

Dica para o professor(a) orientador(a):

- Neste nível, recomenda-se trabalhar conceitos de propulsão por ação e reação, relacionando a ejeção da água e do ar pressurizado ao movimento do foguete. Também é possível explorar a influência da quantidade de água, da massa total e da distribuição de massa no desempenho do foguete. Explique os conceitos de Centro de Massa (CM) e Centro de Pressão (CP), destacando que a massa adicionada à coifa desloca o centro de massa para a parte superior do foguete e contribui para uma trajetória mais estável.
- Oriente ainda sobre as aletas: o foguete deve possuir três ou quatro aletas, com formato e tamanho equivalentes, fixadas de forma uniforme ao redor da circunferência da garrafa. Quando forem usadas três aletas, o ângulo entre elas deve ser de 120°; com quatro aletas, de 90°. Essa distribuição simétrica ajuda a manter o alinhamento do foguete durante o voo.
- Por fim, reforce os procedimentos de segurança: o lançamento deve ocorrer somente sob orientação, com todos os participantes afastados da base e respeitando o limite de pressão estabelecido pela comissão técnica.

7. CONSTRUÇÃO DO FOGUETE DE NÍVEL 4: FOGUETE DE GARRAFA PET COM VINAGRE E BICARBONATO DE SÓDIO

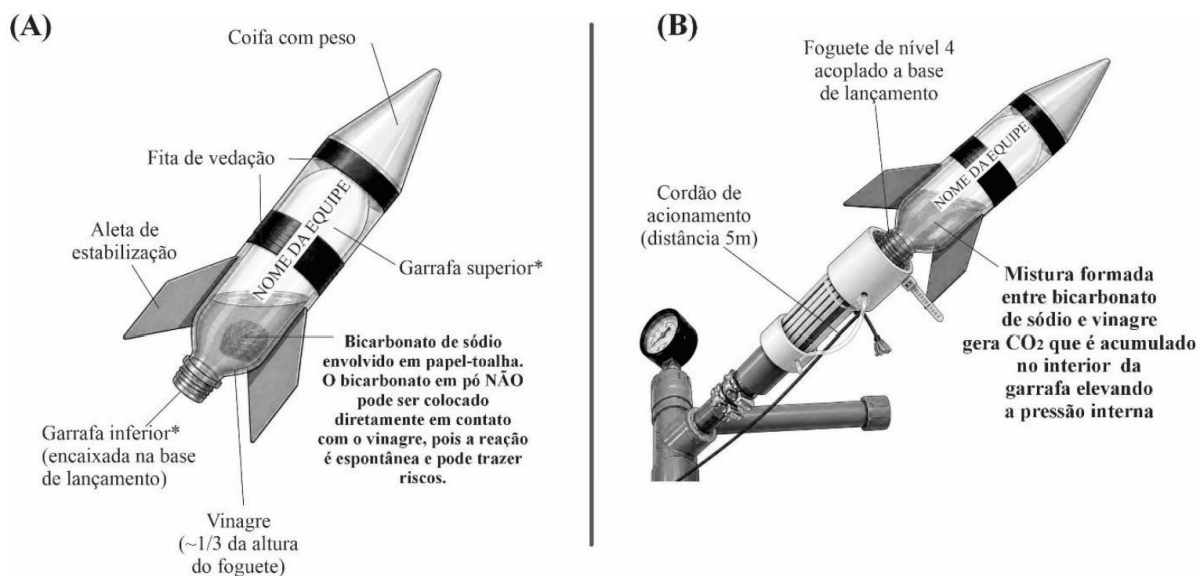
7.1 Princípio científico

A mistura de vinagre, solução aquosa de ácido acético, com bicarbonato de sódio produz uma reação ácido-base, Figura 14(A). O produto gasoso da reação é o dióxido de carbono. Dentro da garrafa fechada, o gás eleva a pressão interna. Quando a pressão supera a resistência do tampão, o conteúdo é expulso pelo bocal. A reação a essa ejeção impulsiona o foguete, conforme a Terceira Lei de Newton, Figura 14(B).

Equação simplificada do processo:



Figura 14. Esquema de montagem e lançamento do foguete de Nível 4: **(A)** Detalhamento esquema de montagem evidenciando o bocal, as aletas de estabilização e o compartimento interno de reação. O sistema utiliza a combinação de vinagre (ácido acético) e bicarbonato de sódio (envolto em papel toalha) para a produção de dióxido de carbono (CO_2). **(B)** A pressão gerada pelo gás acumulado expelle o conteúdo pelo bocal, produzindo o empuxo necessário para o lançamento oblíquo conforme a Terceira Lei de Newton.



*As duas garrafas compõem a câmara de propulsão e não devem apresentar avarias ou rachaduras.

Fonte: Elaborado pela comissão organizadora, com apoio de ferramenta de inteligência artificial generativa (Modelo Gemini).

7.2 Materiais necessários

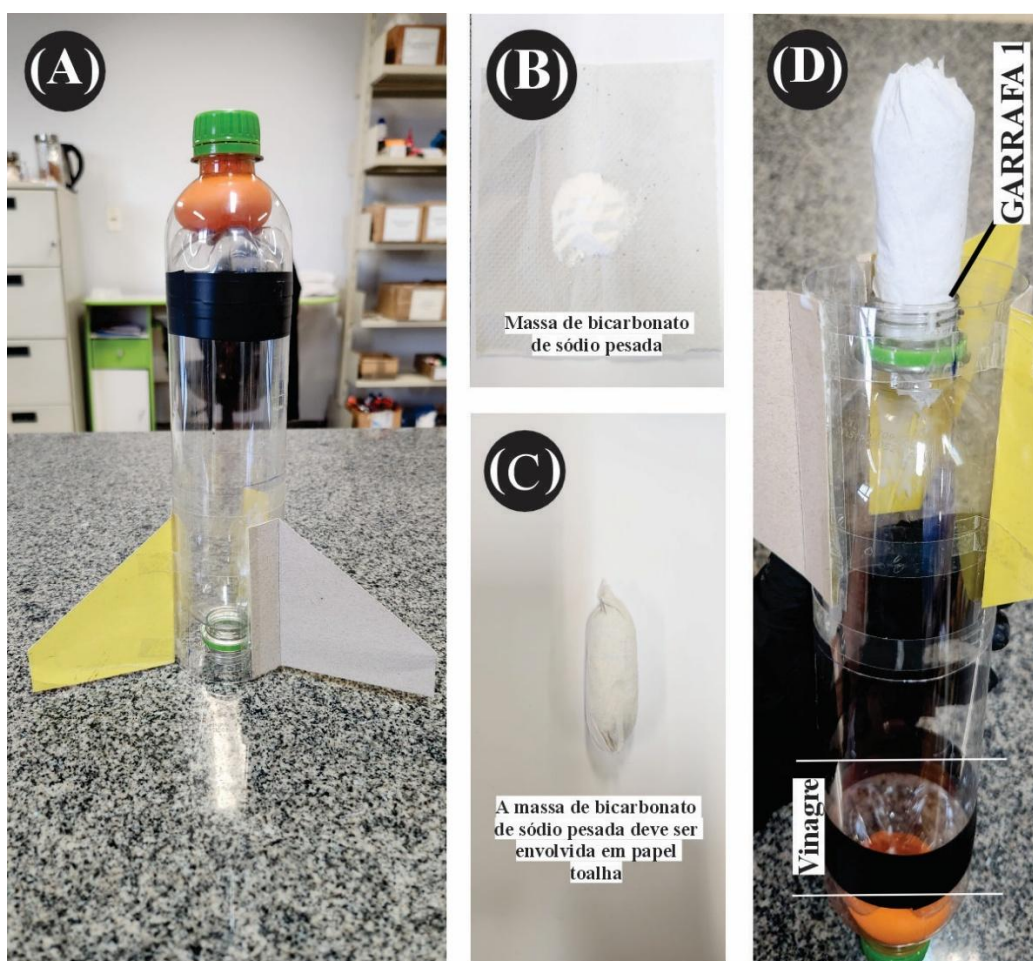
- 2 garrafa PET de 500 mL a 2 litros, íntegra e limpa;
- cartolina ou papelão leve para coifa e aletas;
- fita adesiva de crepe ou transparente;
- cola branca ou cola quente, com supervisão do professor;
- tesoura sem ponta, régua e lápis;
- papel alumínio ou massa leve para balanceamento da coifa;
- rolha ou tampa de vedação compatível com o bocal;
- papel toalha para embrulhar o bicarbonato;
- vinagre comercial, com concentração de ácido acético de até 4%;
- bicarbonato de sódio comercial;
- óculos, jaleco e luvas de proteção, fornecidos pela organização.

7.3 Passo a passo

A construção do foguete do Nível 4 segue o mesmo procedimento descrito para o foguete **Nível 3** (seção 6.3, passos 1 a 15), incluindo a preparação das duas garrafas PET, a montagem da coifa com massa de balanceamento, a fixação simétrica das aletas e a verificação do encaixe na base de lançamento. A diferença está na substância utilizada na Garrafa 1, que permanece como câmara de propulsão. Neste nível, em vez de água, serão utilizados vinagre e bicarbonato de sódio para produzir dióxido de carbono e elevar a pressão interna do foguete.

1. Construa o foguete conforme as orientações de montagem do Nível 3 (seção 6.3, passos 1 a 15). Certifique-se de que a Garrafa 1 esteja totalmente íntegra, sem rachaduras, trincas, furos, deformações ou outros danos. Verifique se a coifa, as aletas e as uniões entre as partes estão firmemente fixadas e alinhadas. As aletas devem permanecer distribuídas uniformemente ao redor da circunferência do foguete, Figura 15(A).

Figura 15. Detalha a preparação dos reagentes para o sistema de propulsão química do foguete nível 4. Em (A), apresenta-se o corpo do foguete montado conforme os padrões do Nível 3, pronto para receber os reagentes; em (B), realiza-se a pesagem precisa da massa de bicarbonato de sódio em uma balança digital; em (C), o bicarbonato é cuidadosamente envolvido em papel-toalha para formar o sachê retardador da reação; e, em (D), demonstra-se a adição da quantidade planejada de vinagre no interior da Garrafa 1, que servirá como câmara de reação e propulsão.



Fonte: Elaborado pela comissão organizadora.

2. **Construa o foguete** conforme as orientações de montagem do Nível 3. Certifique-se de que a Garrafa 1 esteja totalmente íntegra, sem rachaduras, trincas, furos, deformações ou outros danos. Verifique se a coifa, as aletas e as uniões entre as partes estão firmemente fixadas e alinhadas. As aletas devem permanecer distribuídas uniformemente ao redor da circunferência do foguete, Figura 15(A).
3. **Pese o bicarbonato de sódio.** Separe e pese a massa de bicarbonato de sódio, conforme apresentado na Figura 15(B). Mantenha o material seco até o momento da preparação para o lançamento.
4. **Prepare o sachê de bicarbonato.** Envolver cuidadosamente o bicarbonato de sódio pesado em um pedaço de papel-toalha, formando um pequeno sachê, como mostrado na Figura 15(C). O sachê deve permitir que o bicarbonato seja introduzido na garrafa sem se misturar imediatamente ao vinagre.
5. **Adicione o vinagre à Garrafa 1.** Com o foguete na posição vertical, coloque a quantidade de vinagre definida pela organização no interior da Garrafa 1, que é a câmara de propulsão. A Figura 15(D) indica a região da garrafa onde o vinagre deve permanecer.
6. **Posicione o sachê no bocal.** Coloque o sachê de bicarbonato na abertura superior da Garrafa 1, mantendo-o separado do vinagre enquanto o foguete estiver sendo preparado. Em seguida, encaixe o foguete na base de lançamento.
7. **Prepare o lançamento com segurança.** Após o sachê entrar em contato com o vinagre, a reação produzirá dióxido de carbono e elevará a pressão interna da garrafa. Portanto, essa etapa deve ser realizada somente no local de lançamento, sob supervisão do(a) professor(a) orientador(a) e da equipe responsável. Todos os participantes devem se afastar imediatamente da trajetória do foguete e respeitar a distância de segurança definida pela organização.

Atenção, Nível 4: a construção estrutural do foguete segue as orientações do Nível 3, utilizando duas garrafas PET íntegras, preferencialmente transparentes, com volume entre 0,5 L e 2 L. A Garrafa 1 continua sendo a câmara de propulsão e deve estar completamente íntegra, sem avarias, deformações, rachaduras, trincas, furos ou outros danos. Não são permitidos cortes, perfurações ou reforços nessa garrafa.

Neste nível, a propulsão ocorre pela reação entre vinagre e bicarbonato de sódio, que produz dióxido de carbono e aumenta a pressão interna da garrafa. A reação começa assim que o bicarbonato entra em contato com o vinagre; por isso, o bicarbonato deve ser envolvido em papel-toalha. O foguete deve estar posicionado na base e todos devem estar afastados antes da liberação do bicarbonato. **Ninguém poderá segurar o foguete com as mãos após o início da reação. Propelente sólido fica proibido neste nível.**

Os alunos podem customizar o foguete, desde que não comprometam a integridade da Garrafa 1, a vedação, o encaixe na base de lançamento, a coifa ou a distribuição simétrica das aletas.

Dica para o professor(a) orientador(a):

- Este nível permite explorar reações ácido-base, produção de gás, pressão interna e a Terceira Lei de Newton. Oriente os grupos a estudar, antes da atividade, a relação entre as quantidades de vinagre e bicarbonato de sódio necessária para produzir a maior quantidade possível de dióxido de carbono dentro do volume de garrafa escolhido pela equipe. Essa investigação deve considerar a equação química da reação, o reagente limitante e o volume disponível na Garrafa 1.

- Também é recomendado retomar os conceitos de Centro de Massa (CM) e Centro de Pressão (CP). A massa colocada na coifa deve contribuir para que o centro de massa fique mais próximo da extremidade superior do foguete, favorecendo a estabilidade durante o voo. As aletas devem ser de mesmo formato

e tamanho, estar firmemente fixadas e distribuídas uniformemente ao redor da circunferência: para três aletas, o espaçamento angular é de 120°; para quatro, de 90°.

8. PLANO DE SEGURANÇA

Este plano define procedimentos, responsabilidades e controles de segurança para todas as etapas do evento. O cumprimento integral é obrigatório para professores, estudantes, servidores e visitantes.

8.1 Responsabilidades

Responsável	Atribuições de segurança
Comissão organizadora da UFJ	Organizar e sinalizar os setores; montar, ancorar e conferir as bases de lançamento dos quatro níveis; definir limites de pressão; autorizar lançamentos; acionar suporte de emergência; suspender o evento quando necessário
Coordenador de segurança	Fiscalizar o cumprimento das normas; controlar o acesso à área técnica; autorizar cada lançamento individualmente; registrar ocorrências
Professor responsável	Manter os estudantes nos setores autorizados; comunicar situações de risco; supervisionar a operação dos foguetes; garantir o uso dos equipamentos de proteção
Estudantes	Seguir as orientações do professor e da comissão; usar os equipamentos de proteção na área técnica; não entrar na área de queda; não tocar no foguete ou na base sem autorização
Equipe de apoio	Controlar o acesso do público; sinalizar a área; apoiar a medição; comunicar ocorrências ao coordenador de segurança

8.2 Organização da área de lançamento

A área de lançamento terá extensão aproximada de 600 metros e será dividida nos seguintes setores:

Setor	Localização	Acesso permitido
Recepção e credenciamento	Centro de Convivência <i>campus</i> Jatobá - Cidade Universitária	Todos
Vistoria técnica	Centro de Convivência <i>campus</i> Jatobá - Cidade Universitária	Equipes e comissão
Preparação das equipes	Centro de Convivência <i>campus</i> Jatobá - Cidade Universitária	Equipes e professor responsável
Área técnica de lançamento	Em frente a biblioteca Flor do Cerrado, <i>campus</i> Jatobá - Cidade Universitária	Equipe em lançamento e comissão técnica
Linha de segurança	Cinco metros atrás da base	Ninguém durante o lançamento
Área de queda	Frente da base, na trajetória	Proibido durante qualquer operação
Medição	Área de queda, após o lançamento	Equipe de medição, comissão e líder da equipe
Público e visitantes	Lateral e atrás da linha de segurança	Visitantes, professores e demais equipes
Primeiros socorros	Ponto fixo na lateral	Equipe de apoio e casos de necessidade

8.3 Procedimento de lançamento seguro

1. A equipe é chamada pelo nome pela comissão organizadora.
2. O(A) professor(a) confirma a presença e acompanha a equipe até a área técnica.
3. A comissão verifica se o foguete passou pela vistoria.
4. A equipe posiciona o foguete na base fornecida pela UFJ, sob supervisão.

5. A equipe prepara a propulsão conforme o nível.
6. O coordenador de segurança verifica se a área de queda está livre.
7. Todos saem da área técnica e se posicionam atrás da linha de segurança.
8. O coordenador de segurança autoriza o lançamento verbalmente.
9. O estudante aciona o lançamento. Nos Níveis 3 e 4, o acionamento ocorre a distância mínima de cinco metros.
10. Após a queda do foguete, a equipe de medição entra na área de queda.
11. O resultado é registrado pela comissão.
12. A equipe recolhe o foguete somente após autorização.

8.4 Situações que suspendem o lançamento

- ⚠ pessoas na trajetória prevista do foguete;
- ⚠ vento forte ou mudança brusca de direção do vento;
- ⚠ chuva, raios ou tempestade;
- ⚠ garrafa PET com deformação, rachadura ou vazamento;
- ⚠ falha no mecanismo de acionamento da base;
- ⚠ pressão acima do limite definido pela comissão, no Nível 3;
- ⚠ presença de animais ou veículos na área de queda;
- ⚠ descumprimento de orientação da comissão de segurança;
- ⚠ qualquer situação de risco identificada pelo coordenador de segurança.

8.5 Procedimento em caso de falha no lançamento

1. Ninguém deve se aproximar do foguete imediatamente.
2. Aguardar pelo menos 60 segundos antes de qualquer ação.
3. O(A) coordenador(a) de segurança avalia a situação.
4. Somente após autorização, um membro da comissão se aproxima com óculos de proteção.
5. A equipe aguarda fora da área técnica.
6. A comissão decide se o lançamento poderá ser repetido.

8.6 Procedimento em caso de acidente

1. Comunicar imediatamente ao coordenador de segurança.
2. Acionar a equipe de primeiros socorros presente no evento.
3. Suspender os lançamentos até a avaliação da situação.
4. Registrar o ocorrido em formulário de ocorrência da comissão.
5. Acionar o serviço de emergência, SAMU 192 ou Corpo de Bombeiros 193, quando necessário.
6. Comunicar a coordenação do evento.

8.7 Materiais proibidos, resumo de segurança

- ⚠️ motores, propelentes sólidos, pólvora ou combustíveis, em qualquer nível;
- ⚠️ fogo, chama, ignição elétrica ou combustão;
- ⚠️ compressores elétricos, cilindros de gás ou cartuchos de CO₂;
- ⚠️ peças metálicas expostas, pregos, arames ou lâminas;
- ⚠️ vidro ou materiais cortantes;
- ⚠️ garrafas PET danificadas, amassadas ou com remendos;
- ⚠️ substâncias tóxicas, corrosivas ou inflamáveis, além do vinagre comercial previsto para o Nível 4;
- ⚠️ qualquer reação química diferente da prevista para o Nível 4;
- ⚠️ bases de lançamento particulares.

8.8 Boas práticas recomendadas

- realizar testes na escola antes do evento;
- registrar os dados de cada teste, como pressão, volume de água, massa e alcance;
- verificar a integridade do foguete antes de cada lançamento;
- conferir o encaixe do foguete no tubo guia ou no bocal da base durante a oficina;
- manter todos os observadores atrás da linha de segurança;
- nunca apontar o foguete em direção a pessoas ou estruturas;
- recolher todos os resíduos após os lançamentos;
- registrar os resultados para análise científica posterior na escola.

9. CHECKLIST DO(A) PROFESSOR(A), DIA DO EVENTO

Antes de sair da escola

- ☐ Foguete construído e testado;
- ☐ Foguete identificado com nome da equipe e nível;
- ☐ Ficha técnica do foguete preenchida, conforme o Anexo IV;
- ☐ Materiais proibidos verificados e ausentes;
- ☐ Autorização de imagem assinada, quando exigida;
- ☐ Autorização dos responsáveis legais dos estudantes menores de idade;
- ☐ Confirmação de inscrição e do nível;
- ☐ Contato da comissão organizadora anotado.

Na chegada à UFJ

- ☐ Credenciamento da equipe na recepção;
- ☐ Orientação dos estudantes sobre os setores e limites de acesso;
- ☐ Apresentação do foguete e da ficha técnica para vistoria;
- ☐ Confirmação do horário de lançamento da equipe;
- ☐ Reconhecimento da base fornecida para o nível da equipe.

Durante os lançamentos

- ☐ Estudantes posicionados atrás da linha de segurança;
- ☐ Equipamentos de proteção em uso na área técnica;
- ☐ Nenhum estudante na área de queda;
- ☐ Acionamento realizado pelo estudante;
- ☐ Registro do resultado obtido.

Após os lançamentos

- ☐ Recolhimento do foguete;
- ☐ Limpeza da área utilizada;
- ☐ Registro dos dados para análise científica na escola;
- ☐ Confirmação de presença de todos os estudantes.

10. Contatos e informações

Serviço	Contato
Comissão organizadora da UFJ	ksmalaquias@ufj.edu.br
SAMU	192
Corpo de Bombeiros	193
Polícia Militar	190

Dúvidas sobre construção, segurança ou logística devem ser encaminhadas à comissão organizadora pelo e-mail ksmalaquias@ufj.edu.br. Dúvidas técnicas sobre os foguetes poderão ser esclarecidas durante a oficina de orientação em 22/08/2026.