



**MNPEF**

# A DESCOBERTA DA NATUREZA ELÉTRICA DOS RAIOS: UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

THÁTYUSCE BONFIM GOMES

2023

# SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	4
2.1 A modalidade de narrativa investigativa de Allchin.	4
2.2 A aplicação de uma narrativa na abordagem histórico investigativa.....	7
2.3 A experimentação e a cultura científica.....	7
3. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	10
3.1 Aulas 1 e 2.....	11
3.2 Aula 3.....	12
3.3 Aula 4.....	12
3.4 Aula 5.....	14
3.5 Aula 6.....	16
3.6 Aulas 7 e 8.....	16
3.6 Aula 9.....	18
4. MATERIAIS E RECURSOS.....	19
4.1 A narrativa histórico-investigativa.....	19
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
6. REFERÊNCIAS.....	38

# APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Prezado(a) colega professor(a),

O presente produto educacional foi desenvolvido no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade de Brasília (UnB) com a finalidade de introduzir os conceitos de carga elétrica e corrente elétrica para alunos dos anos finais do ensino fundamental [1]. A sequência didática que compõe o produto foi construída com dois objetivos em mente: fomentar a discussão sobre aspectos de natureza da ciência e possibilitar a execução de atividades experimentais. Ambos os objetivos foram pensados para contribuir com o enriquecimento da cultura científica dos alunos, fundamental para a formação de um cidadão consciente (CARVALHO, 2010). A sequência didática a ser apresentada foi estruturada de maneira a respeitar certas limitações impostas pelo material didático da escola em que foi aplicada, mas pode ser facilmente adaptada para a sua realidade.

A abordagem histórico-investigativa, indicada no subtítulo deste produto, faz referência a utilização de uma narrativa histórica na modalidade investigativa, metodologia apresentada por Douglas Allchin. O episódio histórico trabalhado é a descoberta da natureza elétrica dos raios, protagonizada por Benjamin Franklin no século XVIII. A intenção da proposta é fomentar a discussão de aspectos inerentes à natureza da ciência e assim, contribuir para que os alunos construam uma visão menos distorcida do fazer científico. A utilização de narrativas investigativas possibilita que o aluno seja colocado em uma simulação de produção científica fiel à realidade e, com isso, seja capaz de refletir e internalizar os aspectos inerentes à prática do cientista.

Ademais, o episódio histórico proporciona uma oportunidade de introduzir os conceitos de carga elétrica e descarga elétrica sob a contextualização da temática dos raios em tempestades e da funcionalidade dos para-raios.

Além de discutir aspectos de natureza da ciência, a sequência didática conta com duas atividades experimentais, uma prática e outra demonstrativa. Os experimentos, ambos realizados com materiais de baixo custo, foram pensados de forma a auxiliar na visualização e no entendimento dos fenômenos por parte dos alunos, bem como despertar o interesse no assunto abordado.

Nos tópicos a seguir serão apresentados tanto a sequência, como o aporte teórico necessário para a sua aplicação.

[1] A sequência didática foi idealizada para alunos do nono ano do ensino fundamental e aplicada durante o ano letivo de 2021, período em que a adequação dos currículos para a BNCC ainda estava em curso. De acordo com a divisão de competências e habilidades sugeridas pela base, os conteúdos referentes a sequência estão localizados no oitavo ano do ensino fundamental.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

## A MODALIDADE DE NARRATIVA INVESTIGATIVA DE ALLCHIN

Um dos principais referenciais utilizados para a construção da sequência didática foi a utilização de episódios históricos na modalidade de narrativa investigativa. Essa proposta é apresentada pelo autor Douglas Allchin, no livro “Teaching the nature of science: perspective and resources” (2013). A ideia principal é adaptar casos históricos em histórias narrativas pausadas que, propondo reflexões, incentivam os alunos a resolver o problema central de um episódio. Como o próprio autor define, a atividade coloca o aluno em uma situação de “science-in-the-making”, isto é, expõe os alunos aos caminhos seguidos por um cientista em uma descoberta para, assim, retratar da forma mais fiel possível como o conhecimento científico se desenvolve (ALLCHIN, 2017). O intuito da atividade é unir a estratégia de ensino investigativo a uma oportunidade de vivenciar e identificar aspectos inerentes à natureza da ciência e do fazer científico. Além de expor os alunos a lições explícitas de natureza da ciência, um dos objetivos da atividade é incentiva-los a refletir sobre as características apresentadas (ALLCHIN, 2013).

A narrativa é construída com base nos eventos principais, como as decisões tomadas por um cientista, as experiências relevantes para a descoberta, os acidentes, os erros e, ainda, as influências de contextos sociais e políticos (ALLCHIN, 2017). A história narrativa deve conter elementos que permitam a imersão dos alunos no cenário em que a descoberta científica se desenrolou e os apresentar os aspectos socioculturais da época, assim como as características humanas do personagem central proposto.

Ao longo da história são apresentadas questões que devem levar o aluno a propor soluções ou tomar decisões, à medida que novas informações são fornecidas a ele. Apesar disso, a investigação não pode se tornar um jogo de adivinhações, as escolhas devem ser problematizadas pelos alunos. Sendo assim, os alunos são levados a refletir sobre as características que tornam a ciência um conhecimento confiável, mas, também, entendê-la como uma construção humana. Dessa forma, o objetivo é fazer perguntas que propiciem uma reflexão sobre a natureza de ciência, e não simplesmente apresentar os conceitos epistemológicos aos alunos.

As reflexões que são colocadas nas pausas da narrativa podem ser de vários tipos, abrangendo questões internas ou externas à ciência. As perguntas devem levantar discussões que levem os alunos a tentar construir uma metodologia de pesquisa e imaginar como interpretar resultados obtidos em experimentos. O narrador deve levar os alunos a problematizar suas escolhas e leva-los a refletir sobre as características que tornam a ciência um conhecimento confiável, mas, também, entendê-la como uma construção humana. Ademais, os alunos também devem ser incentivados a refletir sobre problemas mais profundos da natureza da ciência como, por exemplo, o que é “provar” cientificamente algo e como isso se contrapõe a natureza falha do ser humano (ALLCHIN, 2017).

O ensino investigativo se apresenta como uma boa opção por se tratar de um modelo de atividade em que o aluno é centro do processo, ou seja, uma atividade de ensino ativo. O papel da investigação é fazer com que os alunos se interessem em participar e dar soluções criativas para a resolução dos problemas, e não simplesmente ouvir a história recitada para eles (ALLCHIN, 2017). Um outro ponto que deve ser evidenciado, é que a narrativa

investigativa se contrapõe ao uso da história da ciência como um mero incentivador, a intenção nesse caso não é usar a história como um recurso para prender a atenção do aluno para, então, apresentar os conceitos científicos a serem aprendidos (ALLCHIN, 2017). Em contraponto, a finalidade da narrativa histórico-investigativa não é repetir a história ou levar o aluno a chegar em uma resposta correta, mas, e sim, usar a história como um pano de fundo para promover reflexões.

O exercício feito pelo aluno ao se colocar no lugar de um cientista pode criar um sentimento de empatia, o que ajuda a desmistificar a ideia de grandes gênios, construída e idealizada pela cultura popular. Esse sentimento tende a contribuir para uma visão mais humanizada da ciência e do conhecimento científico, sem diminuir o seu valor. Nessa perspectiva, em que o aluno é incentivado a analisar uma situação-problema, a história pode também se tornar uma forma de desenvolver habilidades do pensamento científico.

Em resumo, de acordo com Allchin, uma narrativa histórico-investigativa deve conter os seguintes aspectos em sua estrutura:

- “1: contextos culturais e biográficos motivadores;
- 2: questões que problematizam a natureza da ciência e promovam a sua investigação;
- 3: perspectivas históricas que retratem a ciência em desenvolvimento;
- 4: formato narrativo;
- 5: estrutura episódica;
- 6: encerramento conjunto da investigação e da narrativa;
- 7: reflexão final e consolidação das lições aprendidas.”

(ALLCHIN, 2017, p. 119, tradução nossa)

## **A APLICAÇÃO DE UMA NARRATIVA NA ABORDAGEM HISTÓRICO-INVESTIGATIVA**

Antes de iniciar a narrativa investigativa é importante que o professor explique aos alunos como será o andamento da atividade: a história será narrada aos poucos e, nos momentos solicitados, os alunos terão o espaço aberto para tomar decisões e apontar suas reflexões. Para facilitar a discussão entre os alunos durante a investigação, é sugerido que o professor aconselhe a turma a se dividir em grupos, caso queiram. Para ilustrar o episódio e proporcionar uma imersão ainda mais rica, o professor pode mostrar imagens que sejam levantes a história conforme os fatos se desenrolam. As imagens podem ser, por exemplo, pinturas ou fotos dos cientistas envolvidos, representações dos experimentos e artefatos utilizados, mapas das regiões onde a história se passa e gráficos, listas ou dados números que sejam relevantes para investigação. Ao término da narrativa e solução da investigação, o professor deve finalizar a atividade com uma discussão sobre os aspectos de natureza da ciência que puderam ser observados e disponibilizar espaço para que os alunos coloquem suas impressões e aprendizados.

## **A EXPERIMENTAÇÃO E A CULTURA CIENTÍFICA**

O ensino de ciências na educação básica não deve se preocupar unicamente em elucidar fenômenos, o aluno deve ser capaz de desenvolver habilidades que o permita atuar na sociedade como um cidadão consciente, afinal “muito provavelmente, qualquer um de nós viverá muito mais tempo sendo cidadão do que sendo estudante” (CARVALHO; SASSERON, 2010, p. 108). Isto posto, é fundamental que os alunos sejam imersos e passem a conhecer os aspectos que compõem a cultura científica. De acordo com Sasseron “podemos conceber a cultura científica como o conjunto de ações e de comportamentos envolvidos na atividade de investigação e divulgação de um novo conhecimento sobre o mundo natural” (2015, p. 55). Dessa forma, a experimentação, sem dúvidas, faz parte dessa cultura.

Aliada a abordagem histórico investigativa, a sequência didática foi construída de modo a proporcionar aos alunos dois momentos de atividades experimentais, visto que esse tipo de atividade compõem um instrumento fundamental para a enculturação científica (CARVALHO, 2010). Além de proporcionam um contato mais direto dos alunos com os fenômenos físicos, os experimentos podem auxiliam os alunos a estabelecer relações para além do formalismo matemático, o que pode facilitar a compreensão dos conceitos (CARVALHO, 2010).

Muitas são as formas de propor uma atividade experimental e em cada uma delas o aluno possui um papel diferente na experimentação, conseqüentemente, em cada uma delas o aluno possui um grau de liberdade. Para este trabalho foram feitas duas propostas diferentes: uma atividade experimental prática e outra demonstrativa.

Nos experimentos demonstrativos, em que o objetivo central é ilustrar um certo fenômeno, o experimento é realizado somente pelo professor, cabendo somente a ele a execução e a condução da experimentação. Por conseguinte, o papel do aluno é observar a execução e desenvolvimento do experimento e responder aos questionamentos colocados pelo professor ou elaborar suas próprias perguntas. O experimento de demonstração é uma ótima alternativa quando não é possível providenciar materiais e/ou equipamentos suficientes para que toda a turma execute o experimento e, por isso, pode ser utilizado em situações em que existe limitação orçamentária ou quando a escola não possui a infraestrutura necessária. Ademais, a demonstração se torna essencial quando o experimento apresenta algum risco. A demonstração pode ser feita tanto no início, quanto no fim de uma aula expositiva. Quando feita no início, geralmente é utilizada para motivar e engajar os alunos no estudo de um novo conteúdo. Quando feita no fim, geralmente tem o objetivo de possibilitar a visualização de um fenômeno já aprendido.

Apesar de possuírem inúmeras vantagens, os experimentos de demonstração possuem também uma grande desvantagem: como a participação do aluno é minimizada nesta metodologia, os alunos podem não se engajar na atividade proposta e podem perder a atenção com facilidade, principalmente em turmas com um grande número de estudantes. Uma forma de contornar esse problema seria montar o experimento de maneira que o professor possa engajar os alunos através de questionamentos, os incentivando a propor hipóteses ou elaborar perguntas e, quando possível, convidá-los a auxiliar na execução.

Em contraponto ao experimento demonstrativo, nos experimentos práticos a responsabilidade da execução é exclusiva dos alunos. Nesse tipo de experimento o professor disponibiliza os materiais necessários e dá as instruções para a realização da prática pelos alunos. O experimento pode ser roteirizado ou não [2], isto é, pode ou não conter um passo-a-passo a ser seguido. Uma das vantagens do experimento prático é o grande engajamento dos alunos nas atividades, uma vez que a execução das tarefas depende exclusivamente deles. Além disso, o experimento prático também é visto como um forte motivador para a aprendizagem. Entretanto, uma possível desvantagem pode ser a dificuldade dos alunos em compreender os passos a serem seguidos ou a falta de habilidade para lidar com instrumentos do laboratório, tais desvantagens podem ser contornadas e diminuídas com o intermédio do professor. Apesar de suas inúmeras vantagens, por demandar recursos materiais e, muitas vezes, bastante tempo para a execução, os experimentos práticos são amplamente inseridos nas aulas da educação básica.

De acordo com Araújo e Abib (2003), independente da modalidade adotada, os experimentos têm a “capacidade de estimular a participação ativa dos estudantes, despertando sua curiosidade e interesse, favorecendo um efetivo envolvimento com sua aprendizagem” (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 192).

[2] No caso dos experimentos investigativos, a depender do grau de liberdade, o aluno pode ser responsável também por traçar um plano de ação para conduzir o experimento e chegar à solução de um problema (CARVALHO, 2010).

# A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática idealizada possui nove aulas no total, sendo a última aula utilizada para a socialização dos trabalhos produzidos pelos alunos. O quadro a seguir ilustra um pequeno resumo de cada aula:

Aula		Descrição	Recursos
01 e 02	Benjamin Franklin e o desenvolvimento do para-raios	Atividade: narrativa histórico-investigativa.	Projetor e slides com imagem e perguntas.
03	Como entendemos a carga elétrica hoje	Aula expositiva sobre carga elétrica contextualiza pelos raios elétricos e episódio histórico.	Projetor, material didático, quadro e pincel.
04	De quais formas um corpo pode ficar eletrizado?	Atividade prática: formas de eletrização (atrito e contato).	Materiais de baixo custo: balão, linha de costura, régua, papel picado, papel toalha e papel alumínio.
05	De quais formas um corpo pode ficar eletrizado?	Experimento demonstrativo: o protótipo de um para-raios.	Aparato experimental, projetor, material didático e vídeos.
06	Condutores e isolantes	Atividade de pesquisa e formalização através da socialização dos resultados encontrados pelos alunos.	Projetor e material didático.

07	Corrente elétrica	Aula expositiva dialogada sobre corrente elétrica e tensão.	Projektor e material didático.
08	Corrente elétrica e organização da avaliação	Como funcionam os circuitos elétricos? Apresentação da proposta de avaliação, divisão de grupos e escolha de temas.	Projektor e material didático.
09	Avaliação	Apresentação de um material de “divulgação científica”.	Projektor para exposição dos trabalhos produzidos.

## **AULAS 1 E 2**

A sequência se inicia com a aplicação da atividade histórico-investigativa nas aulas 1 e 2. Antes de iniciar a atividade, explique aos alunos como será o seu andamento: a história será narrada para a turma e eles contribuirão nos momentos de pausa, após refletir e discutir com os colegas. Caso queiram, os alunos podem se dividir em grupos para facilitar a discussão entre eles. É importante orientar os alunos que não façam pesquisas durante a investigação, uma vez que muitos possuem acesso à internet no celular. Faça a leitura da história para alunos e, para enriquecer a ambientação, mostre algumas imagens ilustrativas conforme a narrativa se desenrola. As imagens podem ser pinturas dos cientistas citados e pinturas, desenhos ou esquemas dos experimentos e equipamentos descritos na história. As imagens podem ser exibidas através de uma apresentação do powerpoint, por exemplo. Nos momentos de pausa, incentive os alunos a debater e refletir a partir da pergunta colocada na narrativa (que também pode ser projetada no quadro). Conforme a discussão se encaminha, pode ser que seja necessário adicionar outras perguntas para instigar a reflexão dos alunos e ampliar a discussão.

Após o término da narrativa é importante fazer uma reflexão final com a turma: quais aspectos de natureza da ciência puderam ser evidenciados pela história? O professor pode formalizar esses aspectos através de uma lista transcrita no quadro ou apenas discutir sobre o que foi aprendido. Além disso, o professor deve promover meios para que os estudantes expressem o que de fato aprenderam com a atividade. Uma possível sugestão é que os alunos façam uma autoavaliação.

### **AULA 3**

Uma vez que os alunos entendem que as descargas elétricas em tempestades têm a mesma natureza dos choques elétricos que observamos em situações cotidianas, faça a introdução do conceito de carga elétrica. Inicie a aula discutindo como os estudiosos do século XVIII entendiam a eletricidade e finalize discutindo como a entendemos na atualidade. Apresente aos alunos a ideia de átomo e de carga elétrica, assim como a ideia de força de atração e repulsão entre duas cargas elétricas. Em seguida, apresente aos alunos a ideia de eletrização: um corpo eletrizado é aquele que possui desbalanço de cargas, ou seja, aquele que perdeu ou ganhou elétrons.

### **AULA 4**

A aula 4 pode ser realizada no laboratório, caso a escola disponha do espaço, ou em sala de aula. Para cada grupo forneça os seguintes materiais: uma régua, uma folha de papel alumínio, um balão, uma folha de papel toalha e um pedaço de linha. A régua pode ser substituída tubo de PVC, caso seja necessário. Oriente os alunos a formar pequenos grupos e a seguir as instruções fornecidas para cada experimento. As instruções a seguir podem ser impressas ou projetadas no quadro.

Experimento 1: Encha um balão parcialmente e dê um nó para que o ar não escape. Esfregue-a no cabelo e, em seguida, aproxime-a de papéis picados sobre uma mesa.

Experimento 2: Encha parcialmente um balão e dê um nó para que o ar não escape. Pendure-a por uma linha. Esfregue o papel toalha na bexiga e, em seguida, aproxime sua mão sem tocá-la.

Experimento 3: Faça uma bolinha de papel-alumínio (1 a 2 cm de diâmetro) e prenda-a por uma linha. Esfregue o tubo de PVC em uma folha de papel toalha e aproxime-o da bolinha, permitindo que se toquem. Em seguida, desencoste o tubo da bolinha, mas mantenha-o próximo dela.

Experimento 4: Com os materiais disponibilizados faça algum experimento pensado por vocês, sintam-se livres para testar o que quiser. Anote o experimento realizado e os efeitos observados.

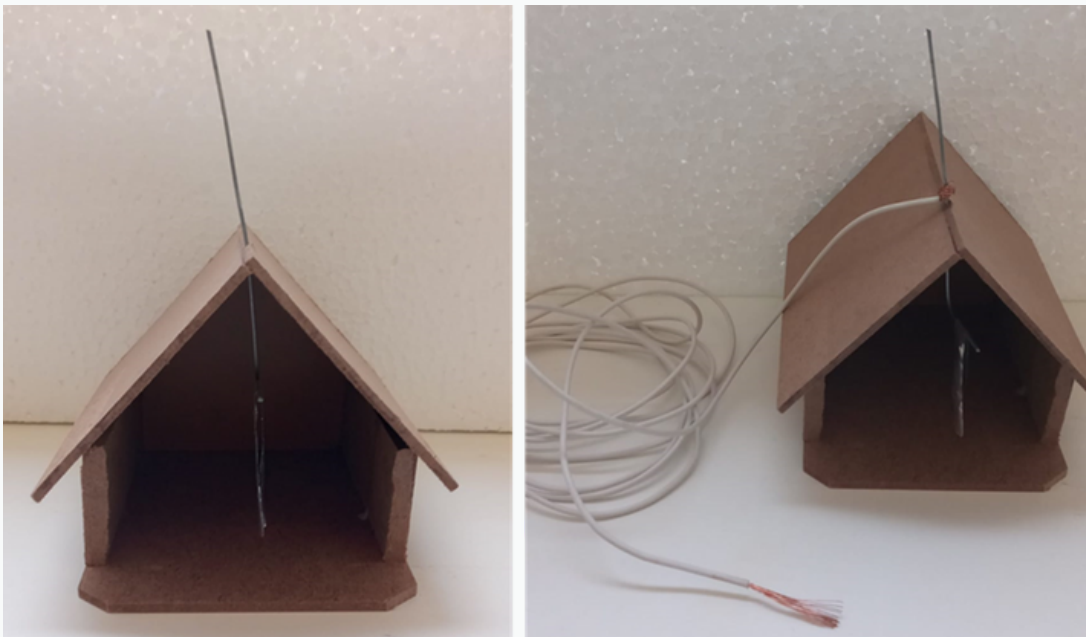
Uma vez que os alunos tenham executados todos os experimentos e observado seus efeitos, converse sobre o que foi observado e os incentive a compartilhar seus resultados. Em seguida, faça uma breve explicação sobre os dois tipos de eletrização: atrito e contato.

## AULA 5

Na aula 5, para abordar da eletrização por indução, é programado um experimento demonstrativo utilizando um aparato experimental inspirado no experimento da guarita, proposto por Franklin, que foi de grande importância para o episódio histórico abordado nas duas primeiras aulas.

O protótipo pode ser feito com uma casinha de papelão, um pedaço de arame (para simbolizar a haste metálica do para-raios), um balão (para simbolizar a nuvem eletrizada) e um pedaço longo de fio elétrico (para simbolizar o aterramento). A haste deve ser colocada no teto da casinha, de forma que uma parte dela fique para fora, na ponta da haste que ficou do lado interno da casinha deve ser colocada uma folha de papel alumínio fina dobrada ao meio. Desta forma, o protótipo funciona como um eletroscópio de folhas que imita uma casa munida de para-raios. A figura a seguir ilustra a montagem do protótipo:

Figura 1 - Aparato experimental inspirado no experimento da guarita



Fonte: Elaborada pelo autor

Inicie a aula lembrando os alunos dos experimentos feitos na aula anterior e formalize mais uma vez os processos de eletrização por atrito e contato. Na demonstração experimental, eletrize o balão (que simboliza uma nuvem eletrizada), atraindo-o com um pedaço de papel toalha, e o aproxime da haste (que simboliza o para-raios). A ideia é que os alunos consigam perceber que as folhas do eletroscópio se afastam quando o balão é aproximado, e se aproximam quando o balão é afastado da haste. Explique o porquê deste efeito fazendo um paralelo com uma nuvem carregada e o para-raios de uma construção. Aproveite a ocasião para justificar o que acontece nos experimentos 1 e 2, feitos na aula anterior, em que os pedacinhos de papel são atraídos pelo balão e que o balão eletrizado é atraído pela mão próxima a ele.

Em um segundo momento, conecte o fio elétrico a haste que simboliza o para-raios deixando uma de suas extremidades no chão. Aproxime novamente o balão eletrizado pela haste e evidencie aos alunos que as folhas do eletroscópio não se comportam mais da mesma maneira. Incentive os alunos perguntando-os porquê os resultados obtidos são diferentes nas duas etapas do experimento e medeie a discussão.

Por fim, explique aos alunos a função do aterramento de um para-raios e mostre um vídeo de um para-raios em ação [3]. Após o vídeo, faça uma breve explicação de como ocorre a incidência de um raio, comentando sobre a necessidade da existência de um raio conectante (nesse caso, produzido pelo para-raios). Em seguida, apresente outro vídeo [4], que mostre a "preferência" dos raios por corpos pontudos. O vídeo sugerido é um experimento feito com latinhas de refrigerante representando os prédios, um protótipo de para-raios feito de arame e uma esfera envolta de papel alumínio ligada a uma bobina de Tesla para representar a nuvem carregada. No vídeo é possível ver que, na presença do para-raios, a maioria dos raios "caem" sobre ele, mas que ele só é capaz de proteger uma certa área.

Para essa aula os alunos terão como tarefa de casa fazer a seguinte pesquisa: por que alguns materiais conduzem eletricidade e outros nos protegem dela?

[3] O vídeo em questão é o trecho de uma reportagem do programa “Fantástico” que mostrou vídeos produzidos pelo Grupo de Eletricidade Atmosférica do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Elat-Inpe) que registrou a incidência de raios em câmera lenta. O vídeo está disponível no endereço <https://youtu.be/OGt6tG62YaQ> (último acesso em 26 de outubro de 2021).

[4] O vídeo está hospedado no youtube no canal “Vida em Silício” e está disponível no endereço <https://youtu.be/T5SajOuQaSw> (último acesso em 26 de outubro de 2021).

## **AULA 6**

Ao iniciar a aula 6, incentive a turma a compartilhar os resultados da pesquisa feita como tarefa de casa. O objetivo é que os alunos troquem as informações encontradas. Ao final da aula, faça uma breve formalização sobre a diferença entre os materiais condutores e isolantes, sobre a ideia de elétron livre e sobre a ideia de rigidez dielétrica. A rigidez dielétrica pode ser contextualizada pela incidência de raios em tempestades, tema norteador dessa sequência.

## **AULAS 7 E 8**

As aulas 7 e 8 tem como tema principal a corrente elétrica. Inicie a aula conversando com os alunos sobre a aula anterior, para lembrá-los sobre os materiais condutores e isolantes. Para começar a discussão sobre circuitos elétricos, o professor pode construir um circuito simples usando fios, uma pilha e uma pequena lâmpada. Mostre que só é possível acender a lâmpada quando cada um de seus terminais é ligado a uma das extremidades do fio e que, por sua vez, cada extremidade deve ser ligada a um dos polos (positivo e negativo).

Após o experimento, explique aos alunos o que é a corrente elétrica. Como a teoria de Benjamin Franklin para a eletrização dos corpos foi apresentada na primeira aula, se torna muito mais fácil explicar para os alunos o sentido convencional da corrente elétrica. Retome com a turma a ideia de eletrização mais e menos, proposta por Franklin, e como ela é o oposto do que entendemos hoje, já que um corpo com excesso de elétrons está eletrizado negativamente (no caso da teoria de Franklin, o excesso de fluido elétrico era uma eletrização “mais”). Essa inversão, aliada ao descobrimento “tardio” dos elétrons, fez com que nós continuássemos utilizando o sentido invertido, mas, agora, de forma convencionalizada.

Para explicar a ideia de diferença de potencial, o professor pode fazer uma analogia com um circuito formado por duas caixas d'água, uma que está a uma certa altura e outra que está no chão. A água flui espontaneamente do reservatório superior para o inferior, mas precisa ser forçada por uma bomba para retornar ao reservatório superior e repetir esse processo. Faça uma comparação entre o circuito de água e o circuito elétrico. Os fios do circuito têm função semelhante à tubulação, pois determina o “caminho” a ser percorrido. A bomba do circuito faz com que a água retorne para o reservatório de maior potencial, função semelhante à da pilha, que “empurra” a corrente elétrica novamente para a região de maior potencial. A canaleta que une os reservatórios de água tem função semelhante a lâmpada, pois é lá que ocorre a transformação da energia. Durante essa comparação, explique a função de cada um dos componentes de um circuito elétrico simples e como a corrente se mantém circulando por ele.

Reserve o final da aula 8 para explicar para os alunos o que é um material de divulgação científica, contextualizando com a discussão realizada durante a atividade histórico-investigativa. A seguir, apresente o trabalho de avaliação dessa sequência de aulas.

A sugestão é que o formato do trabalho fique a critério dos alunos e que eles também possam escolher o formato que irão apresentar. O tema também pode ficar a critério dos alunos, desde que esteja relacionado às aulas anteriores. Para auxiliar os alunos, caso julgue necessário, disponibilize algumas sugestões como, por exemplo, as listadas a seguir:

- Por que o Brasil é o país que mais sofre com descargas elétricas no mundo?
- Os raios caem ou sobem?
- Quais cuidados devem ser tomados para prevenção de acidentes domésticos envolvendo descargas elétricas?
- Como funciona o para-raios e quando ele é necessário?
- Qual a utilidade do terceiro pino da tomada?
- Como são feitas as previsões de tempestades?
- A ciência por trás das superstições durante tempestades.
- Por que as igrejas eram constantemente atingidas por raios?

## **AULA 9**

A aula 9, última aula da sequência, é destinada as apresentações e socialização das mídias produzidas. Os trabalhos enviados pelos alunos podem ser projetados no quadro ou apresentados por eles em alguma outra mídia. Entre uma apresentação e outra, incentive os alunos a comentar os trabalhos e faça as correções de erros cometidos por eles, caso sejam necessárias. Aproveite o momento para revisar o conteúdo das aulas anteriores, sanando dúvidas que ainda possam existir entre os alunos.

# MATERIAIS E RECURSOS

## A NARRATIVA HISTÓRICO-INVESTIGATIVA

O texto a seguir é uma narrativa histórico-investigativa produzida a partir da adaptação do episódio histórico da descoberta da natureza elétrica dos raios. Para guiar a aplicação, a motivação por trás de cada pausa é indicada pelas notas de rodapé. As notas tem a intenção de auxiliar o professor a dar andamento a discussão e não devem ser lidas aos alunos. Os slides utilizados durante a atividade foram inseridos ao longo do texto e podem ser utilizados para compor a ambientação do episódio.

Hoje vamos acompanhar uma história que aconteceu no século XVIII, nessa época as maiores potências do mundo eram a França e Grã-Bretanha. Não existiam telefones ou carros, as pessoas se locomoviam em carroças e carruagens e se comunicavam por cartas. Apesar disso, o século XVIII é conhecido pelo grande avanço nas ciências e nas artes.

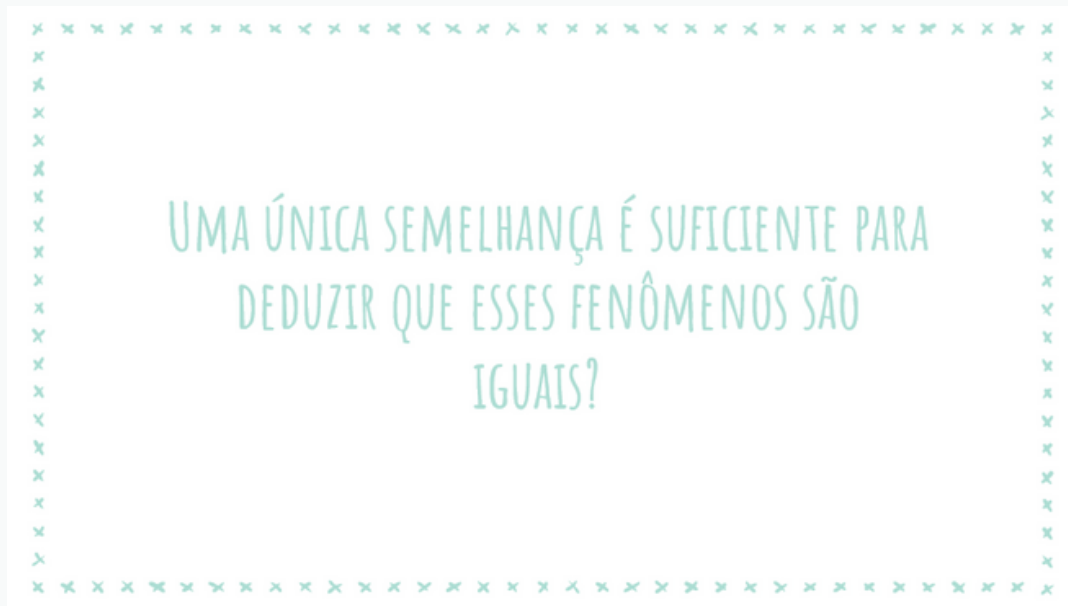
O primeiro personagem que vamos conhecer se chamava Francis Hauksbee, ele era inglês e viveu entre os anos de 1687 a 1763. Hauksbee fazia experimentos com o que chamamos de gerador eletrostático, ao atritar sua mão com uma luva contra uma esfera de vidro, ele observou pequenas faíscas. De acordo com ele, essas faíscas eram bem parecidas com os raios durante tempestades. Uma outra pessoa também teve a mesma percepção foi Stephen Gray, em 1735. Ele também notou que essas faíscas eram muito parecidas com os raios.



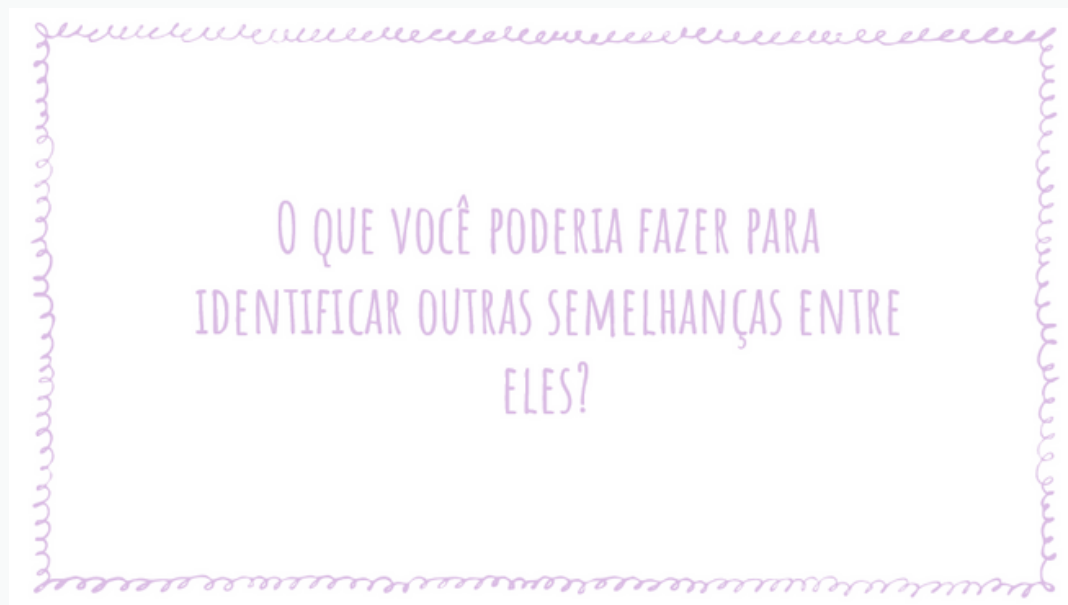
Francis Hauksbee (1687 – 1763)



REFLEXÃO 1: Uma única semelhança é suficiente para deduzir que esses fenômenos são iguais? [5]



REFLEXÃO 2: O que você poderia fazer para identificar outras semelhanças entre eles? [6]



[5] A primeira reflexão tem o propósito de iniciar a reflexão sobre a investigação da natureza dos fenômenos, é esperado que os alunos apontem a necessidade de uma investigação mais detalhada para se obter conclusões.

[6] A segunda reflexão foi colocada com a intenção de que os alunos se atentem a necessidade da experimentação.

Em 1735 tivemos a invenção da garrafa de Leiden, com este equipamento era possível produzir descargas elétricas muito mais intensas. A partir disso, as comparações entre os raios em tempestades e os efeitos provocados pela eletricidade produzida em laboratório se tornaram ainda mais comuns. As descargas produzidas pelas garrafas produziam, além da luz, sons parecidos com os trovões.

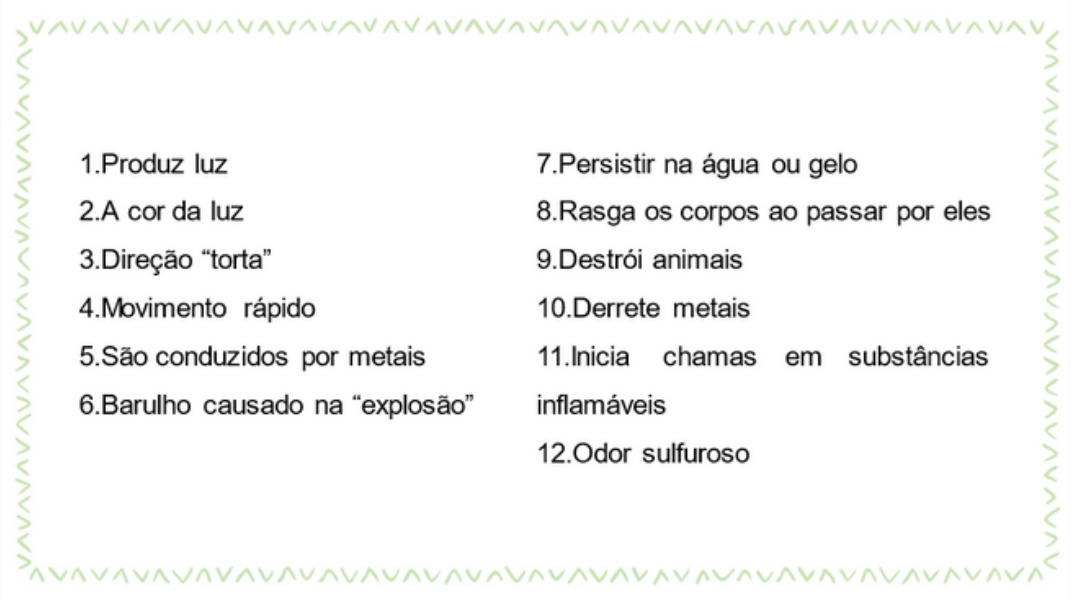


Dois outros personagens dessa história, Benjamin Martin e Jean-Antoine Nollet, procuraram outras semelhanças entre os raios e as faíscas elétricas. Nollet desenvolveu uma série de experimentos e escreveu uma lista de 12 semelhanças entre eles.

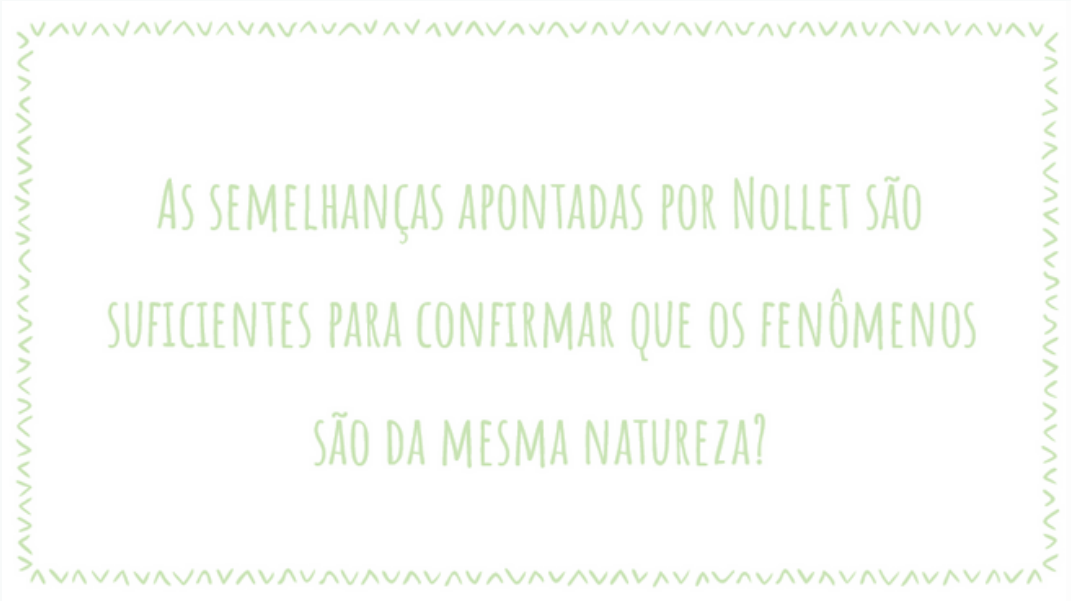


Benjamin Martin (1704? – 1782)

Jean-Antoine Nollet (1700 – 1770)

- 
- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| 1. Produz luz                    | 7. Persistir na água ou gelo                 |
| 2. A cor da luz                  | 8. Rasga os corpos ao passar por eles        |
| 3. Direção "torta"               | 9. Destrói animais                           |
| 4. Movimento rápido              | 10. Derrete metais                           |
| 5. São conduzidos por metais     | 11. Inicia chamas em substâncias inflamáveis |
| 6. Barulho causado na "explosão" | 12. Odor sulfuroso                           |

REFLEXÃO 3: As semelhanças apontadas por Nollet são suficientes para confirmar que os fenômenos são da mesma natureza? [7]



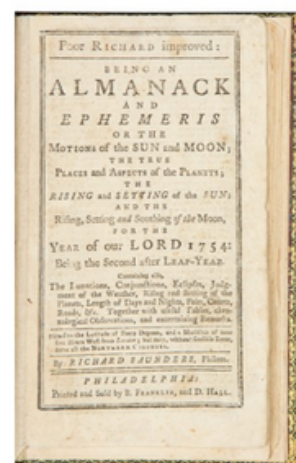
AS SEMELHANÇAS APONTADAS POR NOLLET SÃO  
SUFICIENTES PARA CONFIRMAR QUE OS FENÔMENOS  
SÃO DA MESMA NATUREZA?

[7] A terceira reflexão tem a intenção de questionar os alunos sobre a quantidade de semelhanças necessárias ou a quantidade de testes necessários para determinar definitivamente a natureza dos fenômenos. É esperado que os alunos cheguem a conclusão de que não há um número ideal.

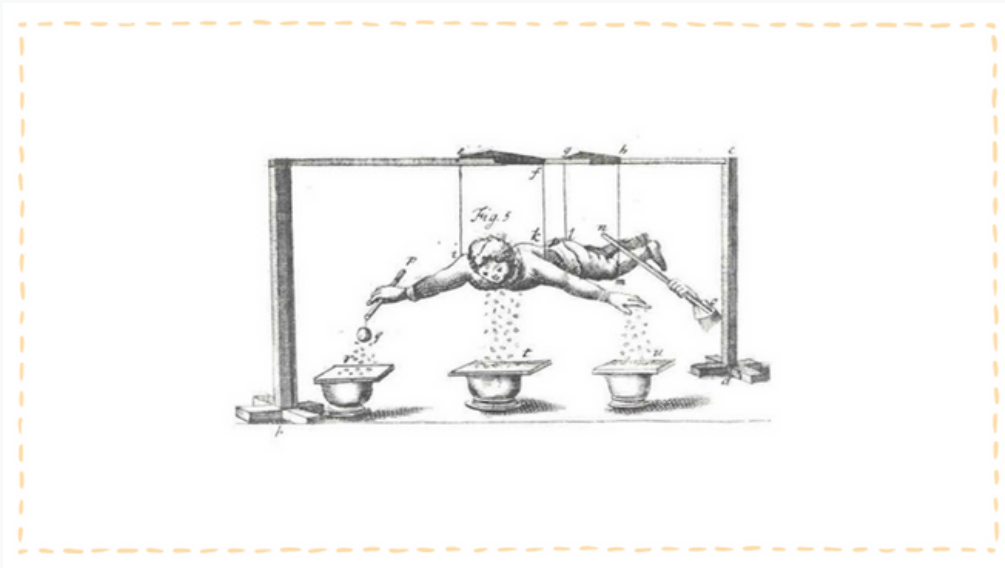
Uma outra pessoa que também fez contribuições importantes a essa história foi Benjamin Franklin. Sim, ele mesmo, o rosto da nota de 100 dólares. Apesar de sua grande relevância nos dias de hoje, os Estados Unidos ainda eram uma colônia da Grã-Bretanha e ainda não possuíam muita relevância internacional. Nessa época a Europa era o centro do mundo e é de lá que viam as grandes decisões. Franklin tinha uma gráfica e trabalhava com a publicação de jornais, revistas e panfletos, sendo alguns desses materiais de sua autoria. Ele era bastante estudioso e gostava de estudar sobre vários assuntos diferentes, ele fazia parte de um grupo chamado “JUNTO”, formado por vários homens também intelectuais. Junto com esses amigos, Franklin criou uma biblioteca de subscrição, a Library Company. Era através da Library Company que Franklin conseguia ter acesso aos diversos materiais produzidos na Europa.



Benjamin Franklin (1706-1790)



O primeiro contato de Franklin com a eletricidade aconteceu em 1743, quando ele viu uma demonstração pública de experimentos elétricos. Alguns anos depois, em 1745, a Library Company recebeu uma revista alemã com a descrição de alguns experimentos e um tubo de vidro com instruções de como utilizá-lo. O tubo foi enviado por Peter Collinson, um botânico britânico que costumava contribuir com a biblioteca.



A partir daí, Franklin começou a fazer vários experimentos com seus amigos. Seu interesse pelos fenômenos elétricos cresceu de forma que Franklin começou a desenhar seus próprios experimentos e montar aparatos para que eles pudessem ser realizados. Nesse processo, uma descoberta foi feita por um de seus colegas, Thomas Hopkinson descobriu o “poder das pontas”. Hopkinson percebeu que corpos pontudos tinham o poder de extrair e lançar o fogo elétrico.

REFLEXÃO 4: Como Franklin e Hopkinson poderiam comunicar suas descobertas a outras pessoas que estudam eletricidade? [8]

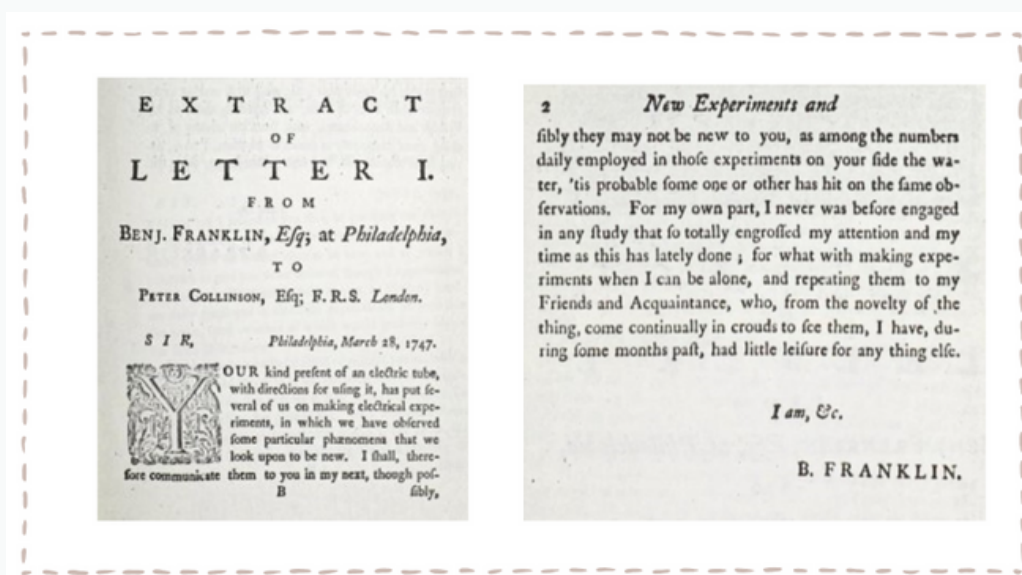
COMO FRANKLIN E HOPKINSON PODERIAM  
COMUNICAR SUAS DESCOBERTAS A OUTRAS PESSOAS  
QUE ESTUDAM ELETRICIDADE?

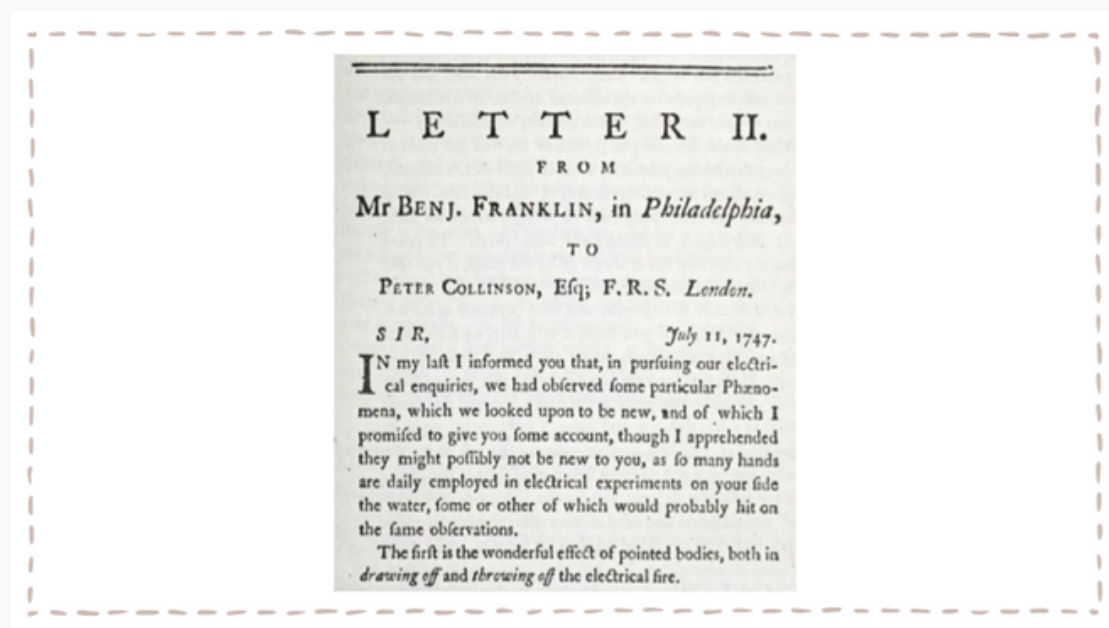
[8] A intenção por trás desse questionamento é levar os alunos a refletir sobre as formas de comunicação do século XVIII e também sobre a comunicação de novas descobertas no meio científico.

A fim de compartilhar as coisas que descobriu e os experimentos novos que fez, Franklin começou a se corresponder com Collinson por cartas. Collinson levou as cartas de Franklin à Royal Society, uma das comunidades científicas mais relevantes da época.

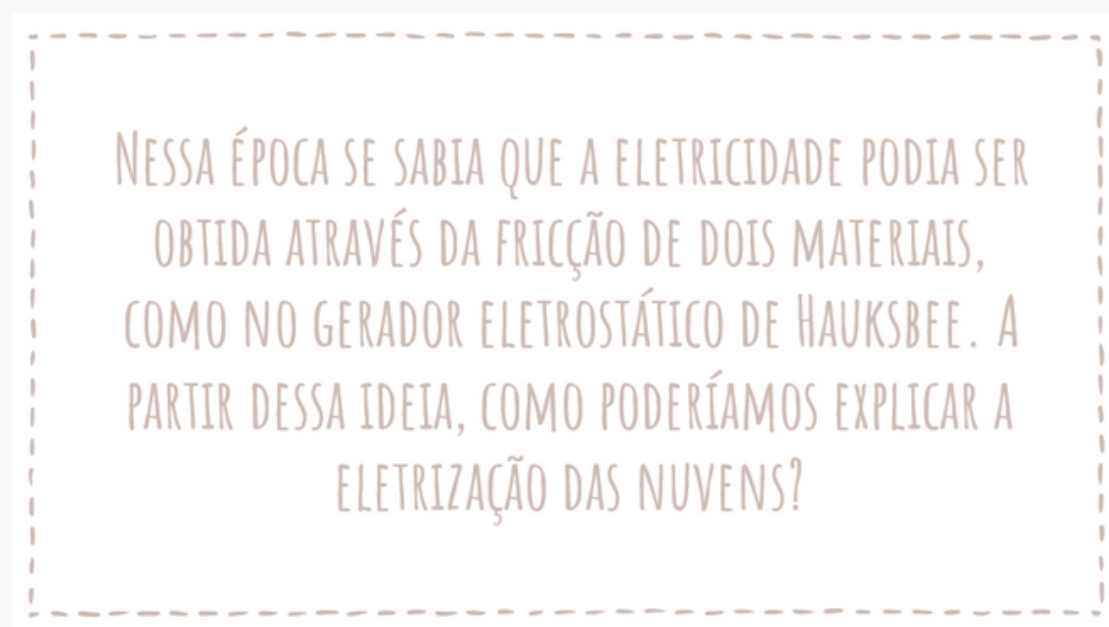
Além de descrever seus experimentos, Franklin também descreveu a sua teoria para explicar os fenômenos elétricos. Para ele os fenômenos eram causados por um único tipo de fluido, que podia estar em excesso ou em deficiência nos corpos. Foi da ideia de excesso e deficiência que nasceu a nomenclatura de eletricidade “mais” e eletricidade “menos”, que utilizamos até hoje. Nessa época várias pessoas estudavam eletricidade, mas ninguém sabia ao certo como esses fenômenos aconteciam. Uma das teorias mais aceitas na época era que a eletricidade era formada por dois fluidos diferentes, o vítreo e o resinoso. Essa ideia foi criada por Charles Du Fay, um filósofo natural francês.

De volta aos raios. Franklin era uma das pessoas que acreditavam que os raios em tempestades e as descargas elétricas em experimentos de laboratório eram da mesma natureza. Em uma de suas cartas, dessa vez enviada a John Mitchel, Franklin tentou explicar como as nuvens se eletrizam e se tornam cheias de fluido elétrico.



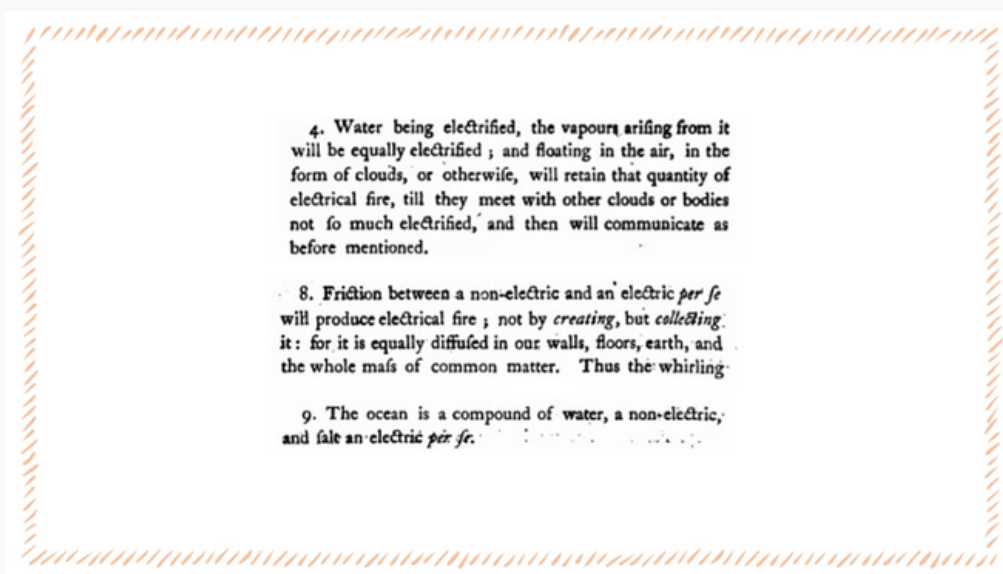


REFLEXÃO 5: Nessa época se sabia que a eletricidade podia ser obtida através da fricção de dois materiais, como no gerador eletrostático de Hauksbee. A partir dessa ideia, como poderíamos explicar a eletrização das nuvens? [9]

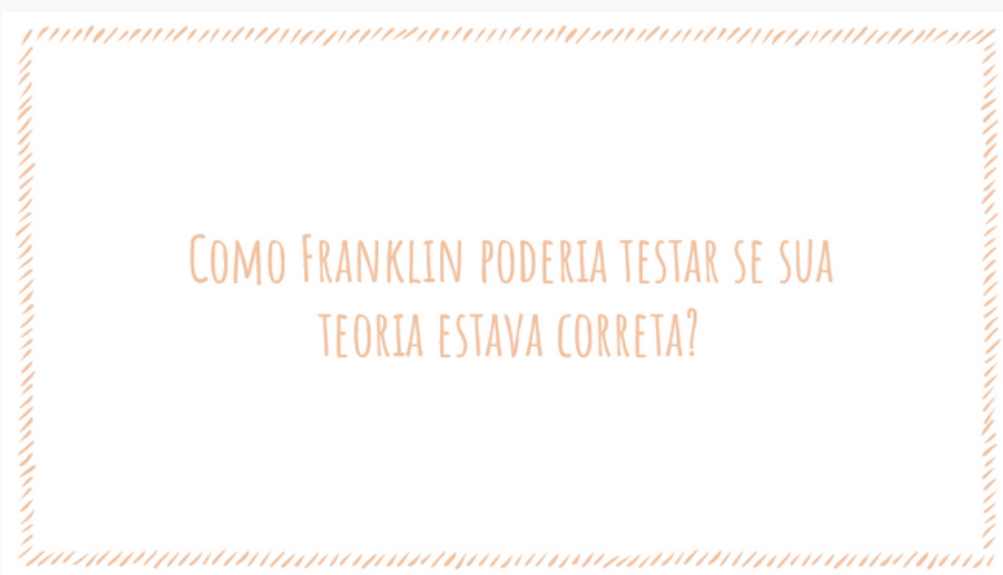


[9] A intenção por trás desse questionamento é levar os alunos a refletir sobre as formas de comunicação do século XVIII e também sobre a comunicação de novas descobertas no meio científico.

Franklin tentou explicar essa eletrização supondo que a água e o fogo elétrico se atraíam mutuamente. O oceano, feito de água e sal, era o local em que essa eletrização começava. Franklin acreditava que o atrito entre o sal e água era o que extraía o fogo elétrico e deixava a água (e seus vapores) eletrizados. A água eletrizada forma as nuvens eletrizadas que, ao entrar em contato com outras nuvens ou montanhas, descarregam o seu fogo elétrico na forma de um raio, assim como nos experimentos em laboratório.

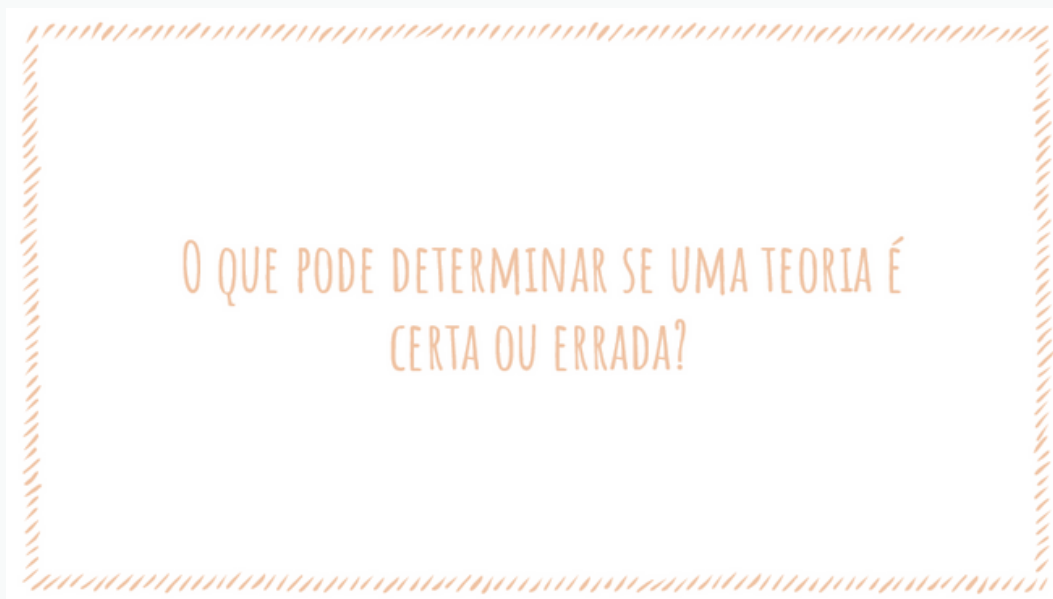


REFLEXÃO 6: Como Franklin poderia testar se sua teoria estava correta? [10]



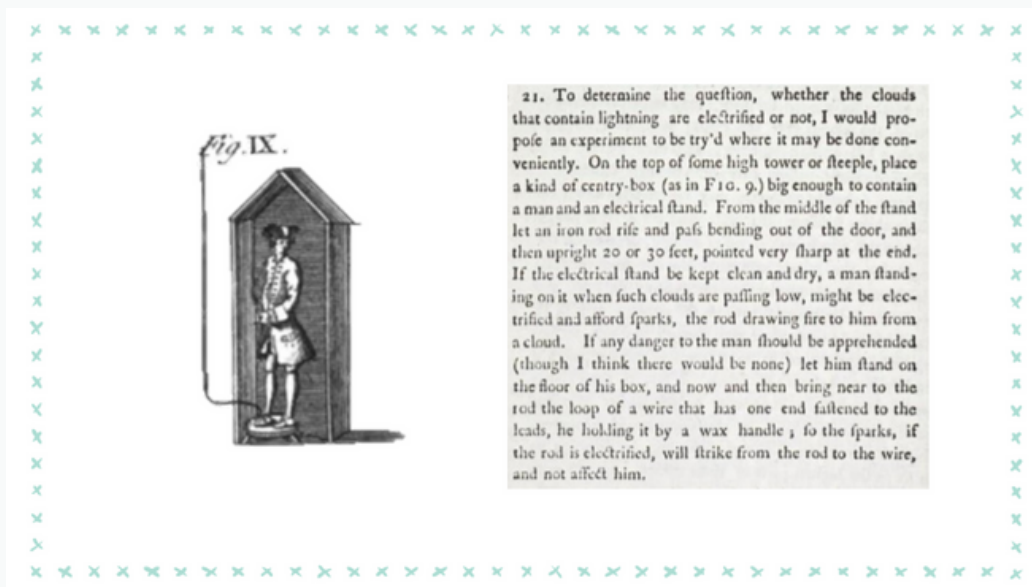
[10] A sexta reflexão foi pensada para reforçar, mais uma vez, a necessidade da experimentação.

REFLEXÃO 7: O que pode determinar se uma teoria é certa ou errada? [11]

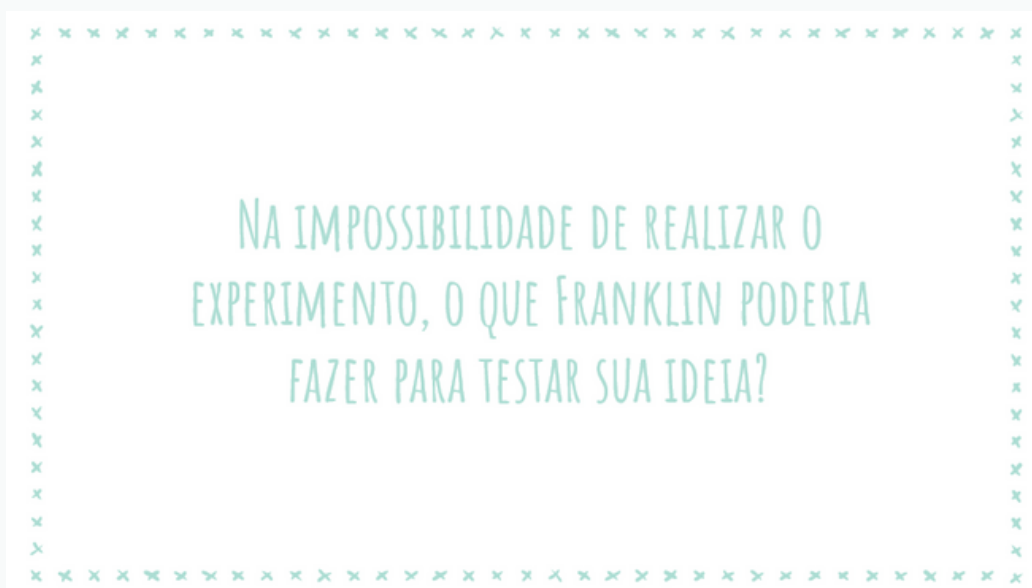


Unindo o poder das pontas e da eletrização das nuvens, Franklin teve uma ideia para testar de uma vez por todas se esses fenômenos eram da mesma natureza. Franklin desenhou um experimento que chamou de “experimento da guarita”. O objetivo desse experimento era determinar se as nuvens eram eletrizadas ou não, e se o fogo elétrico contido nela era o mesmo contido nas garrafas de Leyden. Para realizar essa tarefa, Franklin imaginou que uma ponta muito fina e muito alta poderia retirar o fogo elétrico de uma nuvem e transportá-lo para uma garrafa de Leyden. A haste seria erguida a partir de uma guarita, localizada no topo de um prédio alto. Além de extrair o fogo elétrico das nuvens, a pessoa dentro da guarita (e sobre um material isolante) poderia visualizar pequenas faíscas caso aproximasse outro objeto metálico da base da haste. Apesar de ter desenhado o experimento, Franklin não conseguiu realizá-lo.

[11] A sétima reflexão tem a intenção de verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a confiabilidade do conhecimento científico, bem como iniciar uma reflexão de porque os conhecimentos científicos são confiáveis.



REFLEXÃO 8: Na impossibilidade de realizar o experimento, o que Franklin poderia fazer para testar sua ideia? [12]



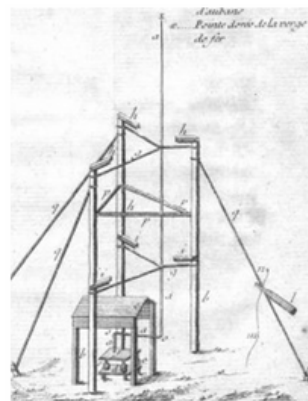
Na impossibilidade de realizar o experimento da guarita, Franklin pensou em outra forma de extrair o fogo elétrico das nuvens. Ele imaginou que a haste pontuda poderia ser colocada em uma pipa, e que essa pipa poderia ser empinada de forma que levasse a haste até a nuvem carregada. Para garantir a segurança do experimentador, Franklin sugeriu que a pessoa fizesse o experimento deveria estar protegida dentro de uma construção.

[12] A oitava reflexão foi colocada com a intenção de estimular a reflexão sobre a colaboração entre cientistas.



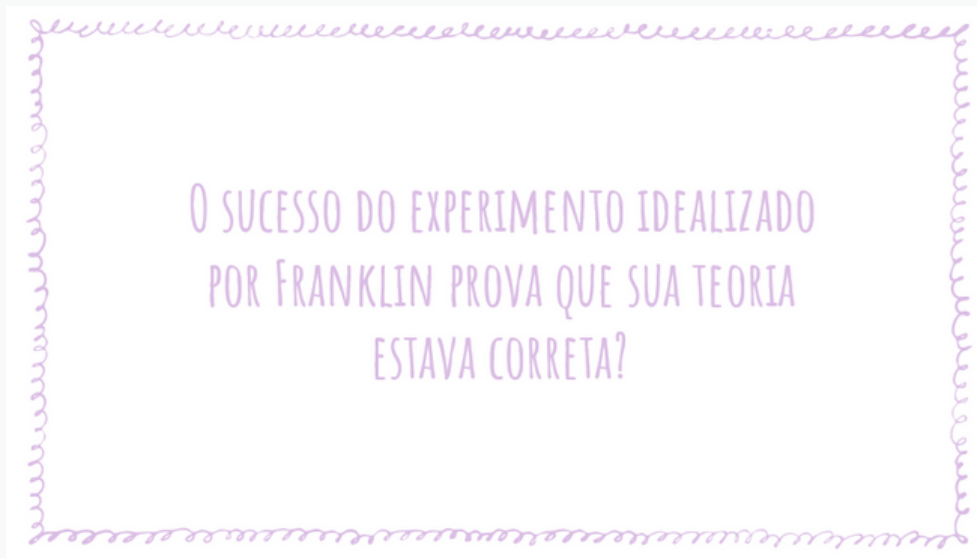
This kite is to be raised when a thunder gust appears to be coming on, and the person who holds the string must stand within a door or window, or under some cover, so that the silk ribbon may not be wet; and care must be taken that the twine does not touch the frame of the door or window. As soon as any of the thunder clouds come over the kite, the pointed wire will draw the electric fire from them, and the kite, with all the twine, will be electrified, and the loose filaments of the twine will stand out every way, and be attracted by an approaching finger. And when the rain has wet the kite and twine, so that it can conduct the electric fire freely, you will find it stream out plentifully from the key on the approach of your knuckle. At this key the phial may be charged; and from electric fire thus obtained, spirits may be kindled, and all the other electric experiments be performed, which are usually done by the help of a rubbed glass globe or tube, and thereby the sameness of the electric matter with that of lightning completely demonstrated.

Nesse experimento, o experimentador seria capaz de observar pequenas faíscas ao aproximar seu dedo de uma chave amarrada ao barbante da pipa. Apesar de sugerir o experimento da pipa em uma de suas cartas, não existem evidências de que o experimento tenha sido realizado por ele. O que Franklin não imaginava, é o primeiro experimento pensado por ele seria realizado logo mais.

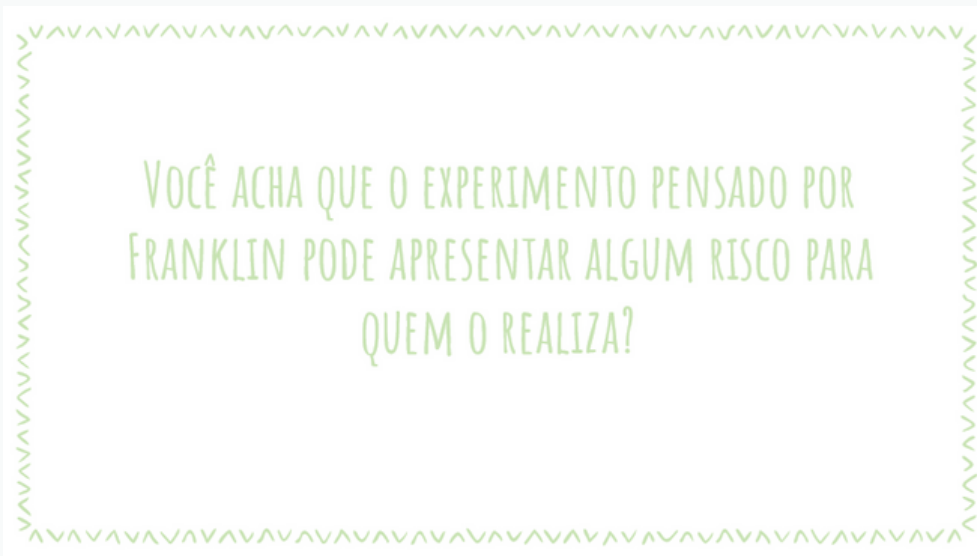


Franklin descreveu sua ideia de experimento da guarita, juntamente com muitas outras ideias, em uma das cartas que enviou para Peter Collinson. A carta acabou chegando até o Conde Buffon, na França, lá ela foi traduzida para o francês por T.F.D' Alibard, que resolveu reproduzir o experimento da guarita. D'Alibard teve sucesso no experimento e conseguiu concretizar o que Franklin imaginava, ele conseguiu extrair o fogo elétrico de uma nuvem e armazená-lo em uma garrafa de Leiden.

REFLEXÃO 9: O sucesso do experimento idealizado por Franklin prova que sua teoria estava correta? [13]



REFLEXÃO 10: Você acha que o experimento pensado por Franklin pode apresentar algum risco para quem o realiza? [14]



[13] A nona reflexão foi colocada para levar a discussão do que seria a confirmação de uma teoria, uma vez que o sucesso do experimento da guarita não corrobora que as ideias de Franklin sobre eletrização das nuvens estavam corretas, apenas indica que a eletricidade das nuvens é semelhante a eletricidade das garrafas de Leyden.

[14] A décima reflexão foi colocada para discutir os perigos dos raios em aulas posteriores e, também, para fazer uma análise das reproduções da mídia do experimento da pipa. Essa pergunta também foi colocada para dar suporte a pergunta 11, que aborda a recepção dos para-raios.

Em uma outra execução do experimento, em São Petersburgo, Georg Wilhelm Richmann faleceu ao ser eletrocutado por um raio que caiu sobre a guarita. Esse triste ocorrido diminuiu o entusiasmo criado pela primeira execução (bem sucedida) do experimento.



Na mesma carta que Franklin descreveu o experimento da guarita, ele também sugeriu que uma haste colocada no alto de um prédio poderia nos proteger dos perigos dos raios em tempestades. Isso porque a haste poderia retirar o fogo elétrico da nuvem e o levar para um lugar seguro: a Terra. Para isso, a haste colocada no alto do prédio deveria estar aterrada em sua outra extremidade, ou seja, enterrada no chão. Essa sugestão de Franklin é a primeira menção do que hoje conhecemos como o para-raios. Apesar de ter tido uma boa intenção, a ideia de Franklin não foi bem aceita por seus coetâneos.

REFLEXÃO 11: O que pode ter motivado a má recepção da ideia do para-raios? [15]

[15] A décima primeira reflexão foi colocada para verificar se os alunos tinham conhecimento de como um para-raios funciona e, também, para questionar a aceitação de novas teorias.

## O QUE PODE TER MOTIVADO A MÁ RECEPÇÃO DA IDEIA DO PARA-RAIOS?

Uma das pessoas que mais criticou o trabalho de Franklin foi Jean-Antoine Nollet, um dos principais nomes da eletricidade na época. Suas críticas se devem principalmente ao fato de que as ideias de Franklin eram conflitantes com as de Nollet. Nollet chegou até acreditar que Franklin seria uma invenção do Conde Buffon, que era um de seus desafetos. Ele achou que as cartas seriam inventadas pelo Conde para atacá-lo. No entanto, Franklin nunca respondeu a essas críticas.

Assim como sugerido por Franklin, algumas hastes foram colocadas com o intuito de fornecer proteção a construções altas, hastes essas que foram derrubadas em meio ao preconceito daqueles que temiam os efeitos que poderiam ser causados pela eletricidade vinda das nuvens. O temor foi tamanho que se chegou a supor que a eletricidade poderia se acumular no solo e causar terremotos.

Would not these pointed rods probably draw the electrical fire silently out of a cloud before it came nigh enough to strike, and thereby secure us from that most sudden and terrible mischief?

“Essas hastes pontudas provavelmente não extrairiam o fogo elétrico silenciosamente de uma nuvem antes que ela chegasse perto o suficiente para golpear e, assim, nos proteger daquele mal mais súbito e terrível?”

REFLEXÃO 12: O que poderia ser feito para convencer as pessoas da época de que a haste fornece proteção para os prédios? [16]

O QUE PODERIA SER FEITO PARA CONVENCER AS  
PESSOAS DA ÉPOCA DE QUE A HASTE FORNECE  
PROTEÇÃO PARA OS PRÉDIOS?

Entretanto, aos poucos o aparato foi aceito e se tornou o para-raios que temos e utilizamos até hoje.

[16] A última reflexão foi colocada com a intenção de introduzir a divulgação científica, uma vez que esta seria uma possível solução para o problema apresentado. A discussão iniciada nesse momento pode ser retomada na última aula da sequência para apoiar a apresentação da proposta de avaliação.

Franklin ocupou vários cargos políticos ao longo dos anos e foi um dos americanos mais importantes de todos os tempos, sendo um dos responsáveis pela independência americana muitos anos depois.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há muito se discute sobre a importância da inserção da história da ciência no ensino, uma vez que, para que os alunos sejam capazes de compreender a cultura científica, é fundamental que sejam expostos a situações que ilustrem os aspectos internos e externos a ciência (CARVALHO, SASSERON, 2010). Apesar de sua indiscutível importância, é relevante apontar que a utilização de história da ciência no ensino apresenta algumas dificuldades em sua aplicação. O produto em questão foi construído com a intenção de contornar algumas dessas dificuldades: a disponibilidade de materiais. Apesar disso, para que o episódio histórico seja bem retratado e para que as reflexões provenientes dele sejam proveitosas, o professor precisa estar apto para lidar com a história de maneira crítica.

A sequência didática apresentada neste trabalho se mostrou um bom instrumento para fomentar discussões sobre a natureza da ciência. A atividade histórico-investigativa teve bons resultados em sua aplicação e certamente contribuiu para que os alunos tivessem uma visão menos distorcida da ciência e do fazer científico. Apesar disso, para que o aluno se aproprie desses conhecimentos, é imprescindível que sejam expostos a outras atividades que abordem as características da natureza da ciência ao longo de sua formação. Uma única atividade, em uma única ocasião, dificilmente cumprirá esse papel.

Aliada à proposta de fomentar a discussão sobre aspectos de natureza da ciência, a temática dos raios em tempestades se mostrou um bom instrumento para despertar o interesse inicial dos alunos sobre os temas de eletrostática e eletrodinâmica.

Os experimentos propostos, apesar de sua simplicidade, cumprem a função de proporcionar a “visualização” dos fenômenos de eletrização, atração e repulsão elétrica, o que facilita o entendimento por parte dos alunos.

É importante enfatizar que a sequência didática e os experimentos propostos tem a intenção de introduzir o assunto e o trabalhar de forma superficial, uma vez que as aulas são direcionadas a alunos do nono ano do ensino fundamental. Os conteúdos de eletrostática e eletrodinâmica voltarão a ser trabalhados na segunda série do ensino médio, desta vez com mais profundidade. Desta forma, a presença desse conteúdo no ensino fundamental tem propósito meramente introdutório.

A narrativa-investigativa, embora tenha sido apresentada dentro da sequência didática descrita, pode ser aplicada outros momentos e, também, em outras séries da educação básica. Por fim, espera-se que esse trabalho possa contribuir com outros professores no futuro.

# REFERÊNCIAS

ALLCHIN, D. Historical inquiry cases for nature of Science learning. *Cadernos de História da Ciência*, v. 13, n. 2, 2017.

ALLCHIN, D. Teaching the nature of science: perspectives and resources. St. Paul, MN: SHIPS Education Press, 2013. 310 p.

ARAÚJO, M. S. T., ABIB, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, n. 2, junho, 2003.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: \_\_\_\_\_. (org.). *Ensino de Física. Coleção Ideias em Ação*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CARVALHO, A. M. P., SASSERON, L. H. Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). *Ensino de Física. Coleção Ideias em Ação*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

FRANKLIN, B. Experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America. 4th ed. London: [s.n.], 1769.

HEILBRON, J.L. Electricity in the 17th and 18th centuries – a study of early modern physics. University of California Press: Berkeley/ Los Angeles/ London, 1979.

MOURA, B. A. A. filosofia natural de Benjamin Franklin: traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz. São Bernardo do Campo: Editora da UFABC, 2019.

MOURA, B. A. BONFIM, T; Benjamin Franklin e a formação de temporais com raios e trovões: tradução comentada de uma carta a John Mitchel. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 34, n. 2, p. 460-478, ago. 2017.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 17, p. 49-67, 2015.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A.C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 1: p.141-159, abr. 2008.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A.C. As atmosferas elétricas de Benjamin Franklin e as interações elétricas no século XVIII. In: MARTINS, R.A.; SILVA, C.C.; FERREIRA, J.M.H.; MARTINS, L.A’C.P. (eds.). *Filosofia e história da ciência no cone sul – seleção de trabalhos do 5º encontro*. Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, 2008a.