

**COLÉGIO PEDRO II**

Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura  
Especialização em Ensino de Física na Educação Básica

Roberta Nunes de Lucena

**ÁTOMO DE BOHR E CIÊNCIA FORENSE**

Uma abordagem através de Atividades Investigativas para  
estudantes do Ensino Fundamental II.

Rio de Janeiro  
2021



Roberta Nunes de Lucena

## **ÁTOMO DE BOHR E CIÊNCIA FORENSE**

Uma abordagem através de Atividades Investigativas para estudantes do Ensino Fundamental II.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica, vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Orientador Professor M.e. Vitor Cossich de Holanda Sales.

Rio de Janeiro

2021

**COLÉGIO PEDRO II**

**PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA, EXTENSÃO E CULTURA**

**BIBLIOTECA PROFESSORA SILVIA BECHER**

**CATALOGAÇÃO NA FONTE**

L935 Lucena, Roberta Nunes de  
Átomo de Bohr e ciência forense: uma abordagem através de  
atividades investigativas para estudantes do ensino fundamental II. /  
Roberta Nunes de Lucena. - Rio de Janeiro, 2021.

59 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na  
Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação,  
Pesquisa, Extensão e Cultura.

Orientador: Vitor Cossich de Holanda Sales.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Átomo de Bohr. 3. Atividades  
didáticas. 4. CTS. I. Sales, Vitor Cossich de Holanda. II. Colégio Pedro  
II. III Título.

CDD 530

Roberta Nunes de Lucena

**ÁTOMO DE BOHR E CIÊNCIA FORENSE**

Uma abordagem através de Atividades Investigativas para estudantes do Ensino Fundamental II.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Física na Educação Básica vinculado à Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura do Colégio Pedro II, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Ensino de Física na Educação Básica.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Professor M.e. Vitor Cossich de Holanda Sales (Orientador)  
Colégio Pedro II

---

Professora Dra. Isa Costa  
Universidade Federal Fluminense (UFF)

---

Professor M.e. Sandro Soares Fernandes  
Colégio Pedro II

*Dedico este trabalho à minha mãe, que sempre me ensinou a manter a cabeça erguida independentemente das adversidades da vida e ao professor Thiago Higino, que acreditou no meu potencial e fez com que eu acreditasse também.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Colégio Pedro II e, em especial, aos professores colaboradores da Especialização, Alfredo, Rodrigo, Vitor, Sandro, Thiago, Eduardo, Ricardo, Fabiano e demais contribuintes, por todo conhecimento compartilhado e por todo suporte e dedicação para fazer acontecer este curso formador de professores em meio à crise sanitária que assola o país até o presente momento. Por nunca terem deixado os alunos na mão e por sempre terem se disponibilizado a ajudar. Por serem referências e por me fazerem acreditar que posso sim fazer diferente na educação. Fiz curso de extensão, de especialização e um dia farei a prova para ser docente da disciplina de Física na instituição. Gratidão define o meu sentimento por todos!

Ao meu orientador, Vitor, que sempre se mostrou muito solícito a me auxiliar, que foi um parceiro durante esse processo de escrita, sem se perder da responsabilidade de ser meu orientador. Que me deu dicas, conselhos, me fez pensar fora da caixa, me trouxe ideias para refletir, ou seja, que foi a pessoa que exerceu extraordinariamente sua função de profissional e de amigo. Obrigada por ser uma referência para mim sobre o tipo de profissional que eu quero ser um dia (quem sabe...).

À minha família, que sempre foi a base forte da minha vida, que sempre apoiou minhas decisões e sempre me incentivou a buscar pelos meus objetivos. Ao meu irmão, minha irmã, meu pai, meu tio, minha madrinha e, em especial, à minha mãe, que sempre me ensinou a ser independente e lutar pelos meus sonhos. Por ser uma inspiração para mim sobre como nunca desistir e por hoje ser meu anjo da guarda, que está comigo em espírito e nos meus pensamentos diários.

Ao meu tio Rosiel (Rose para os íntimos), por ser meu tio, meu melhor amigo, meu anjo da guarda, meu professor, meu refúgio, minha fortaleza. Obrigada por sempre me tratar como a filha que você não teve, por nunca deixar que me faltasse nada, por sempre estar apto a me fazer sorrir independente da minha necessidade no momento (ou seja, por me mimar muito) e por ter grande responsabilidade na formação do meu caráter e juízo.

À minha cachorra Estrela, por ter sido minha fortaleza durante todo o ano de 2020 em que éramos apenas eu e ela presas dentro do quarto, enquanto eu estudava incessantemente para a especialização e o ingresso no mestrado e ela, sempre por perto

para me dar suporte emocional durante minhas crises de ansiedade, nos momentos em que a saudade da minha mãe atropelava todo o meu ser, quando eu achava que não ia conseguir continuar diante de tudo o que o mundo estava vivendo e quando minha inscrição no mestrado foi indeferida e eu fiquei arrasada, achando que todas as minhas horas diárias de estudo tinham sido em vão.

À minha nova filha, Granola, por ser o furacão que entrou na minha vida e na da Estrela para virar tudo de cabeça para baixo e direcionar minha mente para o que realmente importa. Por estar sempre por perto dormindo muito, roncando e implicando com a Estrela. Por trazer luz à minha vida nesse novo ciclo de 2021.

Ao meu amor, meu melhor amigo, meu parceiro de vida e meu futuro marido Yuri, que permanece sendo meu parceiro de doideiras e aventuras. Que nesses 4 anos e meio de companheirismo está sempre disposto a me proporcionar felicidade, altas risadas e a racionalidade que eu preciso ter em minha vida para tomar decisões sensatas e menos impulsivas. Obrigada por estar sempre aqui e por dividir sua vida comigo na nossa nova casa.

Aos meus amigos Betx, Kogut, Kary, Perrotta, Caio, Aline e mais alguns que com certeza eu esqueci de citar, que foram primordiais para minha saúde mental durante esse momento triste que o mundo inteiro, em especial o Brasil, vive.

Ao mestre Thiago Higino, o qual nunca encontrei presencialmente, mas que mesmo virtualmente foi essencial na minha vida durante o ano de 2020 e 2021. Por acreditar no meu potencial e por ter proposto e se jogado comigo no processo de submissão do meu trabalho final de uma disciplina da Especialização para o SNEF. Por ter se dedicado a procurar por alunos voluntários para aplicação, pelas horas de reunião, pelas conversas, pelas risadas, por ter visto algo em mim que eu mesma nunca tinha enxergado. Por ter sido um ser humano incrível em vida e, agora, ser o anjo da guarda que causa saudade em tantos outros espíritos que ficaram neste plano. A você, Thiago, meu mais sincero “Obrigada!”. Nunca esquecerei de você!

## RESUMO

LUCENA, Roberta. **ÁTOMO DE BOHR E CIÊNCIA FORENSE**: Uma abordagem através de Atividades Investigativas para estudantes do Ensino Fundamental II. 2021. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Física na Educação Básica) – Colégio Pedro II, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura, Rio de Janeiro, 2021.

Diante da problemática enfrentada pela educação em Ciências, com metodologias de ensino que priorizam a racionalidade técnica, com a pouca conexão entre forma e conteúdo, o presente trabalho possui o objetivo de propor uma alternativa ao método tradicional, aos professores da educação básica, para o ensino de Física Moderna no Ensino Fundamental II a respeito do tema “átomo de Bohr e a Ciência Forense”. Por isso, foi elaborada uma sequência didática dividida em cinco aulas, com cem minutos cada, composta por atividades investigativas com roteiros e questionários, debates e aulas expositivas para consolidação do conteúdo. A proposta direciona-se a ser aplicada a alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, que serão separados em grupos e receberão os roteiros das atividades, para que possam responder e entregar antes e depois da realização das aulas propostas na sequência. Assim, a avaliação da aprendizagem pelo professor consistirá na comparação das respostas entregues. Diante disso, esperamos que este trabalho possa contribuir com a motivação de alunos e professores na realização das atividades, para que o processo de aproximação dos estudantes com o fazer científico seja bem sucedido. Também buscamos o amadurecimento das respostas dos questionários como possível avaliação não apenas dos alunos, mas também, da sequência proposta.

**Palavras-chave:** Atividades Investigativas. Enfoque CTS. Átomo de Bohr. Ensino de Física. Ensino de Ciências.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Perguntas para promover a Alfabetização Científica.....	19
Quadro 2 - Graus de Liberdade do professor (P) para o aluno (A).....	20
Quadro 3 - Objetivos pretendidos com a sequência apresentada.....	30

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Luz Negra à venda na internet .....	25
Figura 2 - Pulseiras Neon à venda na internet.....	26
Figura 3 - Caneta “mágica” à venda na internet.....	26
Figura 4 - Utilização de tintas que são fluorescentes na presença de Luz Negra.....	28
Figura 5 - Imagens obtidas pela técnica de Tomografia Computadorizada.....	29

### LISTA DE TABELAS

#### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Planejamento das Aulas.....	23
--	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos</b>	<b>12</b>
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
<b>1.2</b>	<b>Justificativa</b>	<b>13</b>
1.2.1	Átomo de Bohr e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)	14
<b>2</b>	<b>PRESSUPOSTOS TEÓRICOS</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS)</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Ensino por Investigação</b>	<b>17</b>
<b>2.3</b>	<b>Da Atividade Tradicional à Atividade Investigativa</b>	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Breve Histórico dos Modelos Atômicos</b>	<b>22</b>
2.4.1	Átomo de Dalton (1808)	22
2.4.2	Átomo de Thomson (1899)	24
2.4.3	Átomo de Rutherford (1911)	25
2.4.4	Átomo de Bohr (1913)	26
<b>2.5</b>	<b>Radiação</b>	<b>26</b>
<b>2.6</b>	<b>Efeito Fotoelétrico</b>	<b>27</b>
<b>2.7</b>	<b>Interação da Radiação com a Matéria e Transições Eletrônicas</b>	<b>29</b>
2.7.1	Espectro de Emissão e Fluorescência	30
2.7.2	Espectro de Absorção	32
2.7.3	Lâmpadas Fluorescentes	33
<b>3</b>	<b>PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>Aula 1: Leitura de textos e Debate</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Aulas 2 e 3: Roteiro de Atividades</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Aula 4: Divulgação do Conhecimento e Debate</b>	<b>40</b>
<b>3.4</b>	<b>Aula 5: Entrega dos Roteiros e Debate</b>	<b>42</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS ESPERADOS</b>	<b>43</b>
<b>4.1</b>	<b>Respondendo às Perguntas do Quadro 1</b>	<b>43</b>
<b>4.2</b>	<b>Resultados esperados em cada etapa</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE A – Sequência Didática proposta</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Ciências na educação básica é repleto de controvérsias entre pesquisadores que buscam encontrar os métodos de ensino mais eficientes para transformar os estudantes em cidadãos capazes de desenvolverem senso crítico e reflexivo acerca da realidade em que estão inseridos. Desta forma, o presente trabalho busca defender que a Alfabetização Científica (AC) dos estudantes da educação básica se dê a partir da perspectiva Freireana (SANTOS, 2008), que ocorre no instante em que estes constroem, de maneira democrática, o entendimento sobre o mundo, de modo que consigam se posicionar e atuar com autonomia nas tomadas de decisões, sejam elas pessoais ou sociais, ao longo das suas vidas.

Entretanto, o cenário mercantilista em que a educação básica está inserida direciona os rumos do ensino para o sentido contrário aos objetivos citados anteriormente (KUENZER, 2011). Isso acontece porque a ideia de formar estudantes para o mercado de trabalho acarreta metodologias de ensino que priorizam a transmissão unilateral de conhecimento, em que o professor é detentor do conhecimento que será transmitido ao aluno que, por sua vez, deverá absorvê-lo como se fosse uma tábula rasa (BECKER, 1994).

Particularmente no ensino de Física, este método tradicional de ensino é pautado pelo modelo da racionalidade técnica, em que a aprendizagem ocorre quando o aluno mostra ser capaz de resolver determinado exercício - em que a resposta já é conhecida pelo professor - através do uso excessivo de formulações matemáticas e da memorização. Então, este modelo é considerado instrumental por necessitar da aplicação de conhecimento teórico e técnico para que o resultado esperado seja alcançado (CONTRERAS, 2012, apud. DECONTO et. al. 2016, p.101).

Por conseguinte, as aulas de Física, que deveriam conquistar o interesse dos estudantes e oferecer vasta riqueza de conhecimento, se tornam monótonas e demasiadamente mecânicas. Com isso, a dialogicidade entre os integrantes da aula se torna praticamente nula, o que fortalece a denominada “educação bancária” e enfraquece a chamada “educação problematizadora” (FREIRE, 1992), uma vez que os problemas são propostos em formato de exercícios instrumentais. Por isso, não é raro encontrar nesses ambientes alunos cada vez mais desmotivados, por não se sentirem aptos a entenderem o que é transmitido e a resolverem os exercícios propostos, além de professores frustrados que não enxergam significado em suas profissões.

No entanto, por mais que seja vontade do docente mudar o paradigma vigente, muitos não sabem como fazer devido ao tipo de educação que lhes foi ofertada, a qual se torna parâmetro por ser a única referência didática e pedagógica experienciada ao longo de sua formação. Então, é preciso que o docente constantemente reflita-na-ação (PÉREZ GOMEZ, 1992) não apenas “o que” ensinar, mas também “como”, “para que” e “para quem” (CACHAPUZ et al, 2004). Porém, também é de conhecimento comum que os obstáculos impostos à carreira docente dificultam bastante o processo de inovação e vontade de ir além do normal. Algumas destas dificuldades são: baixos salários, condições precárias de trabalho, falta de reconhecimento, alunos desmotivados, intensificação de tarefas, estresse crescente, dentre outros (KUENZER, 2011).

Portanto, é fundamental que a pesquisa em ensino de Física considere a realidade docente e forneça conhecimentos que auxiliem a mudança do paradigma vigente, seja por meio de relatos de experiência, revisões bibliográficas, elaboração de materiais didáticos inovadores, e demais outros materiais de apoio. Assim, este profissional deve se deparar com desafios que o permita ir além do que sua zona de conforto permite, que possuam potencial de cumprir com os objetivos pedagógicos voltados para a educação problematizadora e colaborativa e, principalmente, que se enquadrem com sua realidade.

Diante disso, diversos pesquisadores propõem alternativas ao ensino tradicional, de modo a proporcionar aos estudantes uma AC de qualidade, de modo que se sintam entretidos e motivados a serem protagonistas no processo de construção do próprio conhecimento através da interação, argumentação, investigação etc. Por exemplo, os pesquisadores Martins (2007), Martins (2014) e Guerra (2016), defendem que uma possível alternativa às problemáticas apresentadas seja a contextualização do fazer científico, através da História e Filosofia da Ciência, no qual o estudante será capaz de humanizar a Ciência, tantas vezes vista apenas como disciplina de natureza exata, livre de qualquer influência externa.

Alguns outros estudiosos, como Auler; Bazzo (2001), Aikenhead (2004), Carvalho e Sasseron (2012) e Queiroz (2014), acreditam que o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) seja uma alternativa capaz de incentivar os alunos a terem uma visão diferente da que o senso comum costuma ter quanto às disciplinas das áreas de Ciências, de que estas são chatas, complicadas, inúteis, neutras, objetivas etc.

As pesquisas em Ensino de Ciências estão cada vez mais repletas de materiais enriquecedores, com diferentes abordagens e epistemologias, que atendem a diversos interesses didáticos. Diante disso, é de interesse da autora deste trabalho disponibilizar

um material que possa contribuir com a mudança de posicionamento do docente para a abordagem de temas que vão além do conteúdo proposto pelo título do trabalho. Isto será possível devido aos referenciais teóricos trazidos, bem como o planejamento e elaboração de uma sequência didática, além das discussões a respeito desta.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Desenvolver uma sequência didática composta por atividades investigativas, que possa ser utilizada por professores de Ciências, atuantes na educação básica. Além disso, o trabalho pretende ofertar auxílio aos docentes no processo de mudanças das metodologias de ensino consideradas tradicionais, por aquelas que priorizam o ensino por investigação.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Trazer referenciais teóricos que sejam fundamentais para o professor de Ciências transformar suas aulas tradicionais em investigativas e elaborar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) composta de cinco aulas, organizadas de modo a contemplar leituras e discussões de textos, realização de atividades investigativas guiadas por roteiros, apresentação de trabalhos, de vídeos e de imagens. Fornecer ao professor as ferramentas necessárias para aproximar os estudantes das escolas do conhecimento científico e, assim, caminhar da “ação manipulativa” para a “ação intelectual”, além de relacionar a Ciência e a Tecnologia com seus impactos na sociedade.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A relevância deste trabalho para o contexto do Ensino de Ciências se relaciona com as dificuldades que os professores das áreas de Ciências - em particular os da disciplina de Física - possuem em ministrar aulas que sejam interessantes para seus estudantes, de modo que sejam menos abstratas e façam sentido para estes. Isso ocorre porque não é raro encontrar professores de Física que são confrontados por alunos que perguntam constantemente “para que serve” aquele conteúdo que estão aprendendo, ou seja, qual é a importância daquele assunto para suas vidas. Então, para responder a este tipo de questionamento, o professor, às vezes, busca em sua zona de conforto a segurança em responder que “aprender Física é importante para passar no vestibular”.

Entretanto, aprender “Física” não serve apenas para conseguir resolver problemas cujas respostas são previamente determinadas e, menos ainda, para apenas capacitar o estudante a ingressar no mercado de trabalho. Esta disciplina deve ser capaz de contribuir, também, para o desenvolvimento cidadão daquele aluno, de modo que consiga atuar na resolução de problemas de sua comunidade. Ou seja, deve estar apto a discutir em grupo uma problemática em busca de uma solução que faça sentido para o bem-estar social e, para isso, precisa analisar o problema, elaborar um plano de ação em equipe, treinar e utilizar sua capacidade de argumentação, refutar etc.

Por isso, é fundamental que o professor possa auxiliar os jovens no desenvolvimento de sua cidadania, uma vez que aquele possui uma influência marcante no processo de formação do alunado. Desta forma, a relação a ser criada entre o professor e o estudante deve ser não apenas de autoridade – e não autoritarismo – mas também de respeito, carinho e colaboração.

Diante disso, o presente trabalho busca auxiliar professores de Ciências da educação básica a construir atividades que possibilitem a aprendizagem democrática de conceitos, de modo a fugir dos chamados “métodos tradicionais de ensino”. É preciso que os professores saibam “como” fazer e não apenas “o que” fazer e, por isso, um roteiro foi desenvolvido para que possam adaptá-lo às realidades de cada um ou para se guiarem na elaboração de atividades para conceitos que vão além daquele que será abordado nesta proposta.

### 1.2.1 Átomo de Bohr e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

O ensino do Átomo de Bohr nos anos finais do Ensino Fundamental contempla a unidade temática denominada “Matéria e Energia”, presente na BNCC (Brasil, 2018) e, para o nono (9º) ano esta unidade temática contempla as seguintes habilidades:

**(EF09CI02):** Comparar quantidades de reagentes e produtos envolvidos em transformações químicas, estabelecendo a proporção entre as suas massas.

**(EF09CI03):** Identificar modelos que descrevem a estrutura da matéria (constituição do átomo e composição de moléculas simples) e reconhecer sua evolução histórica.

**(EF09CI06):** Classificar as radiações eletromagnéticas por suas frequências, fontes e aplicações, discutindo e avaliando as implicações de seu uso em controle remoto, telefone celular, raio X, forno de micro-ondas, fotocélulas etc.

**(EF09CI07):** Discutir o papel do avanço tecnológico na aplicação das radiações na medicina diagnóstica (raio X, ultrassom, ressonância nuclear magnética) e no tratamento de doenças (radioterapia, cirurgia ótica a laser, infravermelho, ultravioleta etc.).

Diante disso, é possível compreender a importância do ensino do Átomo de Bohr nos anos finais do Ensino Fundamental II, de modo a fazer com que os estudantes compreendam a importância do estudo dos conteúdos científicos para além da sala de aula, sem que este seja realizado de forma canônica. Ademais, a compreensão dos estudantes a respeito de alguns pressupostos teóricos em conjunto com aplicações do cotidiano é fundamental não apenas para que o estudante esteja apto a estudar o assunto no Ensino Médio, mas também para que desenvolva a capacidade crítica e reflexiva para discutir assuntos em comunidade.

## 2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

### 2.1 Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS)

Em meados do século XX, após a Segunda Guerra Mundial, com o lançamento de bombas nucleares, e a utilização de armas químicas na Guerra do Vietnã, surgiu por parte da população a necessidade de refletir sobre o avanço da tecnologia em prol do bem estar social. Com isso, nasceu o movimento Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), cujo principal objetivo consiste em conscientizar os membros de uma sociedade a respeito do uso de tecnologia para o avanço social, de forma que se sintam capacitados a participar democraticamente das decisões que envolvam uso científico e tecnológico na comunidade.

Este movimento é bastante diversificado e plural, uma vez que sua implementação é dependente do contexto social, cultural, político e econômico de uma determinada região. No Brasil, uma das principais críticas a respeito de como a Ciência e a Tecnologia (C&T) afetaram, e ainda afetam, a sociedade dá-se pelo enorme atraso científico sofrido na época em que o país era colônia. Segundo Auler e Bazzo (2001), uma série de restrições foi imposta ao Brasil, de forma a excluí-lo de conhecer e acompanhar a Revolução Científica ocorrida na Europa. Este atraso foi responsável pelo desenvolvimento do pensamento imediatista, que ocasionou a desvalorização do cientista nacional devido às importações de Tecnologias estrangeiras, dentre outros problemas.

No que tange à Educação, as controvérsias que envolvem o uso de enfoque CTS (ou CTSA, com a inclusão do termo “Ambiente”) no ensino de Ciências surgem da busca em trazer significado para o aluno daquilo que é ensinado em sala de aula. Para isso, deve ser responsabilidade das instituições formadoras de professores focar no desvelamento de mitos que assombram a alfabetização científico-tecnológica atual (AULER e DELIZOICOV, 2001). Estes mitos normalmente conduzem a sociedade a crer em ideias salvacionistas da Ciência, determinismo tecnológico e superioridade da decisão de técnicos e, como consequência, a democracia cede espaço para a tecnocracia, na qual os cidadãos não se sentem aptos a contestar estes técnicos, por serem levados a acreditar que os avanços de C&T são incontestáveis e incontroláveis.

Segundo Paulo Freire (1992), estas ideias são fortalecidas pela educação bancária, que é caracterizada pelo ensino unilateral, na qual o professor possui papel de transmissor da informação e o aluno de receptor daquelas verdades proferidas. Assim, o filósofo defende a educação problematizadora, que é dialógica e reflexiva, na qual o aluno é

convidado a debater e problematizar, junto com o professor, as questões discutidas em sala, de forma a romper com a “cultura do silêncio”.

É de extrema importância que a alfabetização científica na perspectiva Freireana seja capaz de fazer com que o aluno entenda que nenhum processo decisivo é desconectado de crenças, valores e historicidade. Um exemplo disso se faz presente na abordagem da problemática que envolve a distribuição de alimentos no mundo, ou seja, é possível questionar a problemática da fome, tendo em vista que a Tecnologia existente atualmente é suficiente para acabar com tal problema. A partir desta questão, o processo de ensino aprendizagem com enfoque CTS deve levar os alunos a refletirem e discutirem sobre as seguintes perguntas: se a Ciência e a Tecnologia são desenvolvidas para trabalhar sempre em prol do bem-estar social, por que ainda existe miséria no mundo? O problema está na produção de alimentos ou na distribuição? Quem é responsável por esse processo?

Portanto, o movimento CTS é bastante plural e, na educação, o enfoque CTS pode ser realizado de diversas formas e em diversos níveis de ênfase (AIKENHEAD, 2003). Para Queiroz (2014), a utilização de arte é fundamental para motivar os alunos a aprenderem e serem capazes de ensinar através da expressão artística, seja pela realização de peças de teatro, encenação de reportagem, poemas, música etc. Já para Sales (2017), Sasseron; Carvalho (2012), Zompero; Lamburu (2011) e diversos outros autores, outra forma de motivar os estudantes é através da abordagem por meio do ensino investigativo, que surge a partir de uma situação problema a ser resolvida e, assim, insere o discente no universo a ser estudado, na busca pela resolução das questões que surgem ao longo do processo de ensino-aprendizagem, além de aproximar a investigação de situações reais vivenciadas.

Seja qual for a forma com que o enfoque CTS é abordado, é imprescindível enfatizar que este tipo de metodologia de ensino é uma das apostas entre os estudiosos para a AC na educação básica, a fim de educar cidadãos capacitados a dialogarem na busca pela substituição da tecnocracia pela democracia.

## 2.2 Ensino por Investigação

O ensino por investigação como abordagem didática é defendido por diversos pesquisadores que se preocupam com a melhoria da educação em Ciências. Sasseron (2015) sustenta a ideia de que esta metodologia de ensino possui grande potencial para aproximar o aluno da investigação científica, além de amadurecer concepções de forma que este compreenda Ciências como área de construção humana, a qual está inserida em contextos de ordem cultural, econômica, social, política etc. Portanto, a realização de atividades investigativas é essencial para colocar o aluno na posição de protagonista na construção de seu conhecimento, de maneira que, em cooperação com seus colegas, possa não apenas aprimorar seu raciocínio lógico e habilidades cognitivas na resolução das questões apresentadas (ZOMPERO; LABURÚ, 2011), mas também se aproximar do fazer científico e criar empatia pelos cientistas.

Entretanto, diversos são os fatores que podem dificultar a aplicação desta metodologia de ensino em sala de aula, pelos professores, como aqueles citados anteriormente por Kuenzer (2011). Esta problemática reflete na elaboração de atividades com caráter investigativo, uma vez que seu preparo exige que sejam realizados estudos aprofundados de bibliografias, de modo que seja possível aperfeiçoar, cada vez mais, a prática em sala de aula. Então, para aqueles professores que não possuíram contato com este tipo de abordagem durante a graduação, é necessário a busca de maneira independente ou através de cursos de formação continuada.

De modo a considerar a carência de materiais disponíveis com esse tipo de abordagem, Carvalho e Sasseron (2012) propuseram um material didático, denominado “Sequências de Ensino Investigativas (SEI)”, cujo objetivo é traduzir fenômenos físicos em problemas que sejam interessantes para os estudantes e, ao mesmo tempo, encaminhar estes rumo ao conhecimento científico. Assim, as autoras destacam a importância de considerar que esses problemas devam ser elaborados para proporcionar ao aluno liberdade para pensar, discutir e construir seu próprio conhecimento, em colaboração com seus colegas.

Desta forma, as SEI devem conter atividades que tenham como motivação um problema a ser resolvido por pequenos grupos, compostos pelos estudantes, nos quais o professor deverá observar e incentivar as discussões, para que todos participem de maneira a formular hipóteses e discutir em busca de uma solução para a situação apresentada. Assim, as autoras acreditam que as atividades investigativas servem para

que o docente observe a passagem da “ação manipulativa” para a “ação intelectual” na construção do conhecimento científico em sala de aula (CARVALHO; SASSERON, 2012, p. 153). Esta passagem é mediada pelo professor que, após a resolução dos problemas pelos grupos, deve incentivar a fala dos estudantes por meio de perguntas como: ‘por que deu certo desta forma?’ ou ‘como vocês chegaram a esta conclusão?’.

Por conseguinte, devido à preocupação em manter o interesse dos estudantes, é imprescindível que as atividades presentes nas SEI considerem aplicações que estejam relacionadas com a realidade destes, para que possam relacionar o que é visto dentro de sala com fenômenos que ocorrem no ambiente externo. Por exemplo, na elaboração de uma sequência voltada para ‘Navegação e Meio Ambiente’, em que a motivação foi “o problema do barquinho” (CARVALHO et. al, 1998, apud CARVALHO e SASSERON, 2012), Carvalho e Sasseron (2012) trouxeram discussões sobre as navegações e fizeram os alunos pesquisarem sobre os diferentes tipos de barcos existentes no mundo, como um navio pode flutuar, quais os impactos da vida marinha em relação às águas de lastro etc.

Por fim, é de extrema importância que o professor considere a escrita individual dos estudantes após a realização das atividades, para que este possa sintetizar o que foi discutido em sala, além de exercitar seu raciocínio lógico, pois a escrita também é um processo essencial na Ciência, a qual o cientista se expressa ao participar de congressos e elaborar artigos em que apresenta ao público sua pesquisa, com suas hipóteses, dados, conclusões etc. Além disso, ao escrever, o aluno necessitará de um maior esforço cognitivo, tendo em vista que a escrita é menos flexível ao uso de determinados termos quando comparada com a expressão oral (CARVALHO e SASSERON, 2012).

Então, este exemplo utiliza da construção de Sequências Investigativas com problematizações simples que caminham para discussões sobre o conhecimento científico, com questões que estimulam os alunos a refletirem e discutirem, seja a respeito de questões sociais, ambientais, ou de diversas outras. Também é possível observar o caráter interdisciplinar que as atividades oriundas das SEI são capazes de proporcionar como, neste caso, o encontro entre assuntos tratados nas disciplinas de Física e Biologia.

### 2.3 Da Atividade Tradicional à Atividade Investigativa

Ao considerar o foco deste trabalho, é fundamental que a sequência apresentada promova não apenas a familiarização dos estudantes com conceitos e termos científicos, mas também o entendimento a respeito da Natureza da Ciência (NdC) e a relação CTS existente nos temas abordados (SASSERON e MACHADO, 2017).

Portanto, é importante destacar que a substituição do ensino tradicional pelo investigativo requer que o professor esteja disposto a planejar atividades que demandam um elevado grau de comprometimento de sua parte. Por isso, Sasseron e Machado (2017) propuseram uma espécie de “guia” ao docente que deseja incentivar a AC de seus alunos através do ensino por investigação. Este guia é composto por uma série de perguntas a serem respondidas durante o planejamento das atividades, como mostra o Quadro 1.

**Quadro 1** – Perguntas para promover a AC:

<b>Quais conhecimentos a atividade oferece?</b>
<b>O que desejamos que o aluno aprenda?</b>
<b>Quais são os dados e as informações relevantes?</b>
<b>Que problema pode ser proposto?</b>
<b>Quais as possíveis hipóteses que os alunos trarão?</b>
<b>Como testar as hipóteses?</b>
<b>Quais as relações entre a natureza da Ciência e a experiência?</b>
<b>Quais as relações CTSA possíveis no experimento?</b>
<b>Que tipo de atividade investigativa melhor se adapta à montagem?</b>
<b>A que detalhes devemos nos atentar?</b>
<b>Como avaliar se os objetivos foram cumpridos?</b>

Fonte: ADAPTADO de Sasseron; Machado (2017, p. 86-89).

Entretanto, para cumprir com os objetivos da AC pretendida não se torna suficiente apenas responder às perguntas acima. Também é preciso que o docente saiba qual é o grau de liberdade que deseja que os alunos atinjam durante a realização das atividades e qual será a situação problema elaborada (CARVALHO, 2018). Para tornar a compreensão mais simples, o Quadro 2 ilustra a relação entre os graus de liberdade e a atuação do aluno e do professor frente às atividades realizadas em sala de aula.

**Quadro 2** – Graus de Liberdade do professor (P) para o aluno (A).

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de Trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

FONTE: Carvalho et al, 2010, p. 55

De acordo com o Quadro 2, o grau 1 representa a metodologia de ensino considerada tradicional, em que os alunos seguem um roteiro previamente determinado pelo professor e são responsáveis apenas pela coleta de dados. Este tipo de abordagem pode ser prejudicial aos objetivos desejados, uma vez que oferece ao aluno a falsa impressão de controle sobre os materiais e o isenta de refletir sobre os processos decorrentes da atividade. Consequentemente, o estudante normalmente encontra dificuldades em enxergar significado na tarefa realizada e, com isso, manipula os dados para concluí-la, uma vez que o objetivo do laboratório tradicional é voltado para a “comprovação” de teorias já existentes e, com isso, os alunos sabem o resultado a que devem chegar (BORGES, 2002).

O grau 2 de liberdade intelectual é aquele em que os alunos possuem uma pequena parcela a mais de liberdade do que no anterior, mas ainda assim representa o método tradicional de ensino, pois mesmo que os estudantes contribuam para discussões sobre hipóteses e planos de ação, ainda é o professor que propõe inicialmente o plano de trabalho e guia os alunos para o caminho de seu interesse.

A partir do grau 3, é possível considerar que as abordagens priorizam o ensino por investigação. Neste, o professor ainda contribui na mediação da atividade, porém o aluno é colocado na posição de protagonista do processo de esquematização do plano de ação. Com isso, o estudante adquire maior confiança para discutir com seus colegas e se dispõe a errar para testar seu raciocínio lógico, uma vez que não tenta adivinhar o caminho que o professor quer que ele percorra. Desta forma, o papel do professor é o de estimular a conversa e, caso ocorram erros, a busca por explicações e consertos destes.

A distinção entre os graus 4 e 5 se dá pela elaboração do problema. Enquanto no primeiro é o professor que propõe a situação a ser investigada, no segundo é o aluno quem

a determina. Este caso é mais comum em feiras de Ciências e projetos de pesquisa para além do ambiente escolar, como graduação, mestrado, doutorado etc. Em relação à elaboração de hipóteses, plano de ação, coleta de dados e conclusões, em ambos os graus de liberdade o aluno deve ser o protagonista da atividade.

Como as abordagens direcionadas aos graus 4 e 5 são positivamente utilizadas em salas de aulas em que os alunos já estão familiarizados com a metodologia voltada para o ensino investigativo, este trabalho foi baseado na coluna referente ao grau 3 de liberdade. Esta escolha baseou-se no interesse em apresentar possibilidades a professores que atuam na educação básica e desejam transformar suas atividades tradicionais em investigativas, de forma gradual, para que futuramente se sintam confiantes para proporcionar graus de liberdade intelectual superiores a seus estudantes.

Portanto, para mover o estudante da posição de receptor de informações para a de protagonista na construção de seu próprio conhecimento, o professor que utilizar esta sequência didática deverá priorizar a livre interpretação e atuação de seus alunos durante as atividades, para que adquiram o maior grau de liberdade intelectual possível de acordo com cada problema proposto. Desta forma, o professor deverá interferir somente quando necessário, ao mesmo tempo que coleta informações suficientes para provocar e motivar os estudantes.

É importante que as atividades sejam realizadas em pequenos grupos, para que as diversas possibilidades de interação contribuam efetivamente com as aulas, pois os alunos se sentem mais à vontade ao interagirem entre si. Por conseguinte, a cooperação entre os colegas de classe, através do trabalho em equipe, deve servir como incentivo nas elaborações de hipóteses, planejamentos para as investigações e diálogos que explorem a argumentação dos estudantes, na tentativa de sustentar ou refutar as hipóteses apresentadas, em busca de solucionar os problemas elaborados e apresentados pelo docente. Além disso, através do trabalho em grupos, os alunos devem compreender a importância da cooperação não apenas durante o fazer científico, mas também em situações do cotidiano.

## 2.4 Breve Histórico dos Modelos Atômicos

A definição de átomo é marcada por controvérsias históricas que começaram cerca de 450 anos a.C com Leucipo de Abdera e seu discípulo Demócrito e se estenderam até o ano de 1913, com o modelo atômico de Bohr. Estas discussões são marcadas pela tentativa de entender a matéria e sua composição, bem como a do Universo em geral, de forma determinística, na qual não seria possível provar sua existência através do mundo sensível, onde a realidade é imperceptível através dos sentidos.

O alto grau de complexidade deste assunto é responsável por reunir grandes cientistas e filósofos para desvendar este grande mistério. Alguns deles são Epicuro com sua ideia de realidade imperceptível, Platão e a geometrização, Aristóteles e o anti atomismo, Copérnico, Kepler, Galileu, Boyle, Newton e assim por diante.

Conforme a ideia de átomo se expandiu e se consolidou, surgiram os chamados “modelos atômicos”, cujas principais contribuições para a ciência atual foram aquelas propostos por Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

### 2.4.1 Átomo de Dalton (1808)

O trabalho de Dalton possui extrema importância na história do desenvolvimento das teorias a respeito do átomo por ser um dos primeiros a utilizar argumentos científicos, como a Gravitação Universal de Newton (NEWTON<sup>1</sup>, 1726 apud CARUSO e OGURI, 2016) e a determinação dos pesos das matérias de Lavoisier (LAVOISIER<sup>2</sup>, 1789 apud CARUSO e OGURI, 2016), ao invés de especulativos como era de costume na Antiguidade.

A ideia inicial do modelo atômico baseou-se na seguinte afirmação:

*As partículas últimas de todos os corpos homogêneos são  
perfeitamente semelhantes em peso, forma, etc. Em outras  
palavras, toda partícula de água é como qualquer outra partícula  
de água; toda partícula de hidrogênio é como qualquer outra  
partícula de hidrogênio(...)*

(CARUSO e OGURI, 2016, p.31)

---

<sup>1</sup> NEWTON, I. 1726. Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica. Rule 3, Book 3, third edition.

<sup>2</sup> LAVOISIER, A. 1789. Traité Élémentaire de Chimie, présenté dans un ordre nouveau, et d'après des découvertes modernes 1 ed.

Para Dalton, todo elemento químico é composto de átomo, que é maciço, indivisível e indestrutível. Além disso, todos os átomos de um mesmo elemento apresentam mesma propriedades e os átomos de diferentes elementos possuem propriedades diferentes. Isto significa que em um composto químico, os números relativos de átomos são definidos e constantes. Por isso, o modelo de Dalton é conhecido por se aproximar dos modelos da antiguidade, na questão da indivisibilidade e eternidade.

Além disso, Dalton afirmava que para dois elementos se juntarem a fim de formar um terceiro, apenas 1 átomo de cada elemento seria suficiente na reação química. Por exemplo, a água, composta por hidrogênio (H) e oxigênio (O) teria sua fórmula escrita como HO ao invés de  $H_2O$  como já conhecemos. Entretanto, diferentemente dos filósofos antigos, a teoria de Dalton baseia-se em resultados experimentais quantificados. Através da Figura 1 são ilustrados os símbolos e os pesos atômicos considerados por Dalton.

Figura 1 – Elementos de acordo com a teoria de Dalton.

ELEMENTOS					
		p.a.		p.a.	
	Hidrogênio	1		Estrôncio	46
	Nitrogênio	5		Bário	68
	Carbono	5,4		Ferro	50
	Oxigênio	7		Zinco	56
	Fósforo	9		Cobre	56
	Enxofre	13		Chumbo	90
	Magnésio	20		Prata	190
	Lima	24		Ouro	190
	Soda	28		Platina	190
	Potássio	42		Mercúrio	167

p.a. - peso atômico

Fonte: (CARUSO e OGURI, 2006, p.33)

#### 2.4.2 Átomo de Thomson (1899)

O modelo de Thomson possui grande relevância nos avanços dos estudos relacionados às estruturas dos átomos justamente por ser o primeiro a considerar a dinâmica dentro destas estruturas.

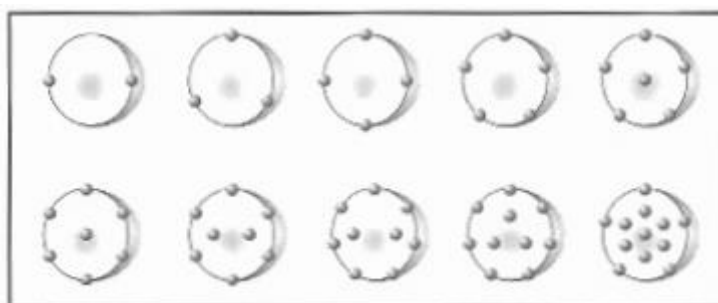
Diferentemente de Dalton, o modelo atômico de Thomson considerava as cargas das partículas constituintes do átomo, uma vez que dois anos antes (1897) este cientista foi responsável por medir a razão carga/massa do elétron, que foi fundamental para os avanços de sua teoria.

Para Thomson, o átomo seria composto de diversas partículas de carga negativa (elétron) e “algum tipo” de partícula positiva que fosse capaz de equilibrar toda a quantidade de elétrons ali presentes. A estrutura atômica desenvolvida por este cientista baseou-se em anéis imersos em uma esfera carregada, na qual os elétrons estariam presentes nestes anéis, com igual espaçamento angular para a situação de equilíbrio.

Este modelo permitiu explicar a radiação eletromagnética emitida por corpos em temperaturas acima do zero absoluto, devido a hipótese de que as cargas no interior do átomo se moveriam de maneira acelerada. Além disso, Thomson acreditava que a massa total do átomo seria devido ao somatório apenas das massas dos elétrons, desconsiderando a massa da tal partícula positiva.

Diferentemente da teoria de Dalton, esta foi a primeira a considerar as cargas das partículas na distribuição espacial do átomo. Neste modelo, os elétrons estariam organizados em anéis concêntricos, nos quais os mais externos possuiriam mais elétrons que os mais internos, conforme representado na Figura 2.

Figura 2 – Esquema da distribuição de elétrons no modelo de Thomson.



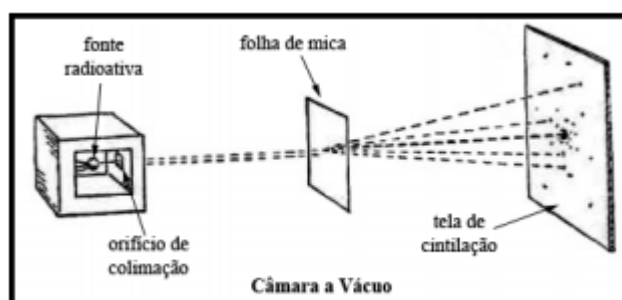
Fonte: (CARUSO e OGURI, 2016, p.357)

### 2.4.3 Átomo de Rutherford (1911)

O modelo atômico de Rutherford, também conhecido como “modelo planetário do átomo”, consistia em um núcleo central, de raio 10.000 vezes menor que o raio total do átomo, envolto por uma esfera onde os elétrons estariam orbitando. Assim, este modelo consegue explicar o espalhamento a grandes ângulos de partículas  $\alpha$  por átomos.

O experimento que marcou o modelo atômico proposto por este cientista consistiu em uma amostra emissora de radiação alfa dentro de uma câmara com um orifício de colimação do feixe, que seria registrado em uma placa metálica fluorescente, com área circular bem definida e de diâmetro igual ao do orifício (TAVARES, 2011). Ao colocar uma folha de mica de espessura bem fina entre o orifício de colimação e a tela fluorescente, a radiação registrada possuía região maior, com bordas não definidas, como mostra a Figura 3.

**Figura 3** – Esquema de montagem do experimento de Rutherford



Fonte: (TAVARES, 2011, p.3)

Baseado com o que foi observado neste experimento, Rutherford desenvolveu o modelo planetário, de forma que o átomo apresentasse grandes espaços vazios, tendo em vista que grande parte da radiação atravessou a folha sem sofrer desvios. Os poucos desvios sofridos poderiam ser explicados pela presença de uma partícula positiva de raio bem pequeno.

Por mais que o modelo de Rutherford fosse coerente para o experimento acima, ele não se preocupou em explicar a incoerência que relaciona a emissão de radiação devido à aceleração centrípeta do elétron e sua estabilidade no átomo, anteriormente levantada por Thomson, uma vez que a emissão de radiação eletromagnética causaria perda de energia, culminando na imersão dos elétrons ao núcleo.

#### 2.4.4 Átomo de Bohr (1913)

As falhas no modelo de Rutherford devido às equações de Maxwell exigem a necessidade de reelaborar o modelo atômico e incluir as devidas correções. As contribuições de Bohr foram fundamentais para revolucionar o pensamento sobre o modelo atômico, uma vez que mostrou ser necessária uma teoria que superasse as ideias clássicas até então previstas. Com isso, o modelo atômico proposto pelo cientista corrige o problema da instabilidade do átomo de Rutherford, ao se basear em ideias quânticas.

Neste modelo, os elétrons descrevem órbitas elípticas ao redor do núcleo e não perderiam energia por radiação. Para isso, estes estão posicionados em determinados níveis de energia denominados “estados estacionários” ou “estados fundamentais”, onde cada nível corresponde a um valor de energia quantizado, que corresponde a energia do elétron que o ocupa. Os estados com níveis de energia superiores são denominados “estados excitados”. Entre este e aquele existe um vazio, onde não há a presença de elétrons.

Bohr postulou que, ao passar de um nível de energia para o outro, o elétron emite ou absorve um “quantum” de energia correspondente à diferença necessária para saltar de um estado fundamental para um excitado.

A Mecânica Quântica introduzida por Bohr teve influência direta nas ideias de Heisenberg e Louis de Broglie e indireta nas de Schrodinger, que futuramente corrige a questão do espectro de emissão de outros átomos, além do hidrogênio, em que Bohr não foi capaz de explicar.

## **2.5 Radiação**

As discussões a respeito do caráter da luz se intensificaram no início do século XVII, no qual alguns cientistas, como Isaac Newton, acreditavam que a luz seria formada por um composto de partículas e outros, como Christiaan Huygens, defendiam a ideia de que esta radiação se comportava de maneira ondulatória.

Como ambas as teorias satisfaziam os fenômenos da refração e reflexão, as controvérsias existiram por mais três séculos, envolvendo diversos outros cientistas como Fresnel, Maxwell, Young, Planck e Einstein, cujas contribuições ajudaram muito a acrescentar material para a teoria final proposta por Louis de Broglie, em 1924, da dualidade onda-partícula. Esta teoria afirma que a luz pode se comportar das duas formas,

dependendo do experimento a ser realizado. Por exemplo, em experimentos envolvendo o Efeito Fotoelétrico de Einstein a luz se comporta como um feixe de partículas – os fótons, enquanto em experimentos de difração de fenda dupla, a luz se comporta como onda eletromagnética, por ser composta por oscilações transversais entre campo magnético e elétrico, além de viajar em meios materiais e não materiais.

O espectro eletromagnético é bastante amplo, com radiações que variam desde as ondas de rádio até os raios gama, e a equação fundamental da onda (eq.1) nos mostra a relação entre velocidade ( $v$ ), frequência ( $f$ ) e comprimento ( $\lambda$ ) de uma onda.

$$v = \lambda \cdot f \quad (1)$$

em que a relação entre frequência e comprimento de onda da luz é de proporcionalidade inversa em um mesmo meio, ou seja, quanto maior for o primeiro menor será o segundo e vice-versa.

## 2.6 Efeito Fotoelétrico

Einstein acreditava na teoria corpuscular da luz, ou seja, que a radiação eletromagnética era um composto de partículas, denominadas fótons, que viajam na velocidade da luz. Sua contribuição através da proposição do Efeito Fotoelétrico foi fundamental para o conhecimento dos efeitos da radiação ao entrar em contato com a matéria e, por isso, o cientista foi premiado com o Nobel da Física em 1921 devido à explicação de sua teoria.

O efeito fotoelétrico é um fenômeno que ocorre quando a radiação entra em contato com uma placa metálica e é capaz de arrancar elétrons desta. Isto ocorre porque, ao entrar em contato com os átomos do material, os fótons incidentes possuem energia suficiente para ocorrência deste efeito, que deve ser no mínimo igual à energia do elétron arrancado de um dos níveis de energia. A energia do fóton é descrita pela eq. (2):

$$E = h \cdot f \quad (2)$$

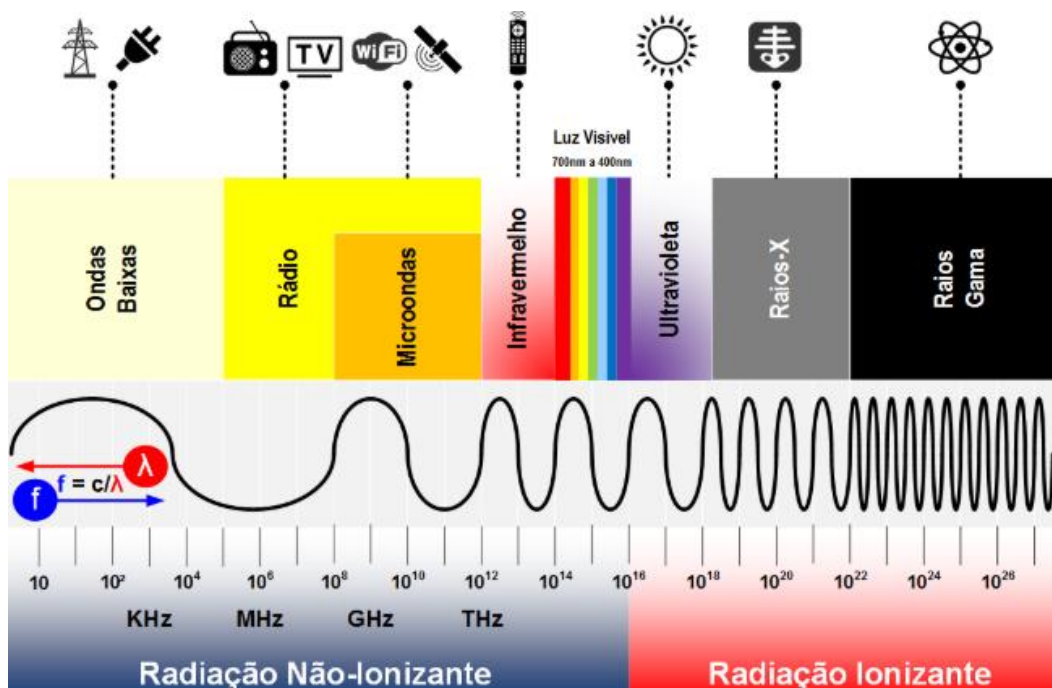
em que  $E$  equivale à energia do fóton correspondente (denominada “Função Trabalho”),  $h$  é a constante de Planck (igual a  $6,63 \times 10^{-34} J \cdot s$ ),  $f$  é a frequência da radiação. Ao considerar o caráter ondulatório da luz, podemos unir as eqs. (1) e (2), e

fazendo  $v = c$  (velocidade da luz igual a  $3 \times 10^8$  m/s no vácuo). Desta forma, obtém-se a eq. (3):

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} \quad (3)$$

A energia do fóton caracteriza as radiações ionizantes das não-ionizantes, ou seja, aquelas que são capazes de realizarem o fenômeno do efeito fotoelétrico daquelas que não são. A Figura 4 detalha o espectro magnético de acordo com o comprimento e a frequência da onda, bem como a energia do fóton incidente.

Figura 4 – Espectro Eletromagnético



Fonte: [<https://medium.com/ubntbr/como-o-sinal-wifi-%C3%A9-propagado-na-natureza-d87daef39575>]; Acesso em 22/06/20.

## 2.7 Interação da Radiação com a Matéria e Transições Eletrônicas

Como visto na sessão 3.1.4, o modelo atômico de Bohr organiza os átomos de forma que os elétrons orbitam o núcleo posicionados em níveis de energia, chamados estados estacionários. Quando a radiação incidente perturba a configuração de equilíbrio do átomo, duas situações podem ocorrer dependendo da energia do fóton: Efeito Fotoelétrico ou transição do elétron de um nível menor de energia (estado estacionário) para um nível maior (excitado). Em ambas as situações, ocorre a emissão de radiação.

O Efeito Fotoelétrico ocorre quando o fóton incidente possui energia suficiente para ionizar o átomo, ou seja, arrancar um de seus elétrons, de forma a criar uma vacância naquele nível de energia antes ocupado. Esta vacância é então preenchida por um dos elétrons presentes em um dos níveis de energia mais excitado que aquele. Como os níveis de energia são quantizados para cada átomo, ou seja, possuem valores definidos, ao transitar de um estado para o outro o elétron emite radiação com energia equivalente à diferença de energia entre o estado final e o de origem, como mostra a eq. (4).

$$\Delta E = E_{vacância} - E_{origem} \quad (4)$$

Por exemplo, um elétron viajando da camada K de um átomo de molibdênio ( $E_K = -20keV$ ) até a camada L ( $E_L = -2,87 keV$ ) emite radiação com energia equivalente a:

$$\begin{aligned} E_{fóton} &= E_L - E_K \\ E_{fóton} &= -2,87 - (-20) = 17,13 keV \end{aligned}$$

em que  $1 eV = 1,602 \times 10^{-19}J$ . Pela eq. (2) ou (3), podemos concluir que a radiação emitida na transição deste elétron equivale aos raios X.

Quando a radiação incidente em um átomo não é capaz de arrancá-lo do material, mas ainda assim fornece energia suficiente para o elétron “saltar” de uma camada menos energética para outra mais energética, ela também ocasiona a emissão de radiação, uma vez que o nível mais energético não corresponde ao equilíbrio do sistema e o elétron precisa voltar para seu estado fundamental. Portanto, ao retornar, o elétron emite radiação da mesma forma que na eq. (4).

### 2.7.1 Espectro de Emissão e Fluorescência

O fato de os níveis de energia de um átomo serem quantizados permite que sua identificação seja facilitada devido à incidência de radiação no material composto por este átomo. Isto se torna muito útil em diversas áreas como astronomia, medicina diagnóstica, perícia, etc.

A frequência da radiação emitida durante a transição do estado excitado para o fundamental, assim como o comprimento de onda é específico de cada transição. Por exemplo, ao transitar da camada K para a camada L, o comprimento de onda da radiação emitida por um átomo de molibdênio, de acordo com a eq. (3), é:

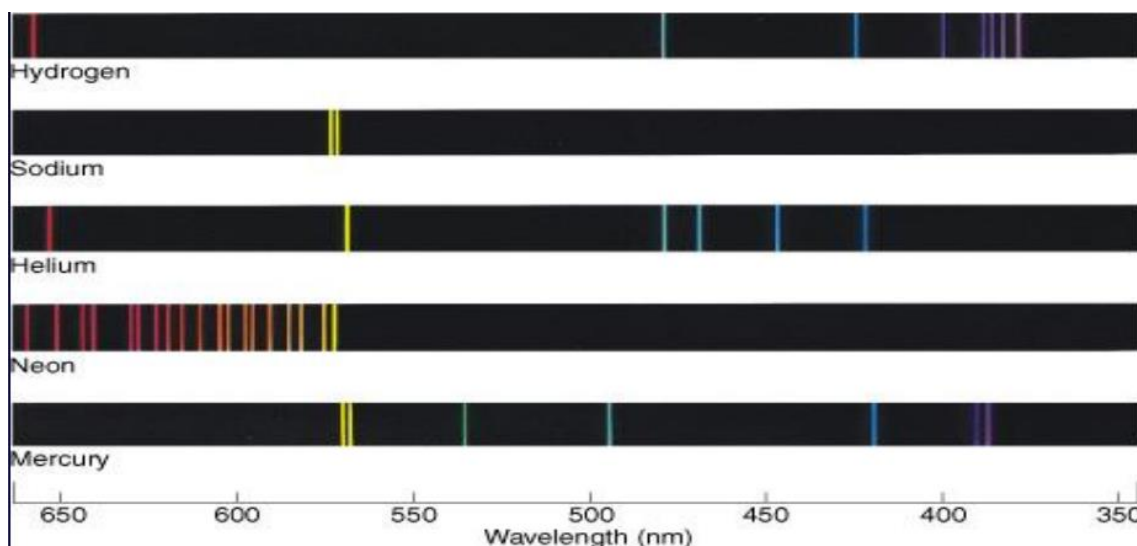
$$\lambda = \frac{h \cdot c}{h \cdot f} = 0,0725 \text{ nm}$$

cujo valor é exclusivo para este átomo.

Para saber qual é o espectro de emissão de determinada substância, é realizado um experimento que consiste em uma ampola com gás referente ao átomo, em que esta é submetida a uma diferença de potencial responsável por excitar os elétrons ali presentes. Desta forma, a radiação emitida de acordo com a energia depositada determina o espectro de emissão daquele gás.

O espectrômetro é configurado para que a emissão daquele gás seja bem definida, de forma a separar os diferentes comprimentos de onda com a ajuda de fendas e um prisma óptico. Uma lâmpada incandescente, por exemplo, emite um espectro de luz contínuo, uma vez que é composta por todas as cores. Entretanto, nem todos os átomos se comportam da mesma forma. Por exemplo, a Figura 5 mostra o espectro de emissão de alguns outros elementos.

**Figura 5** - Espectro de emissão de algumas substâncias.



Fonte: [<http://macbeth.if.usp.br/~gusev/espectro.pdf>]; Acesso em 22/06/20.

A fluorescência é um dos fenômenos ocasionados pela excitação dos elétrons para camadas mais energéticas. Ela ocorre quando as substâncias são iluminadas por radiação ultravioleta, ou raios X, e os elétrons que as compõem são impulsionados para camadas mais energéticas. Então, ao retornarem para seus estados fundamentais, estes emitem radiação localizada na faixa espectral visível. Este fenômeno possui grande relevância em diversas áreas de atuação, dentre elas a medicina, pois facilita análises de estruturas através da emissão de radiação correspondente.

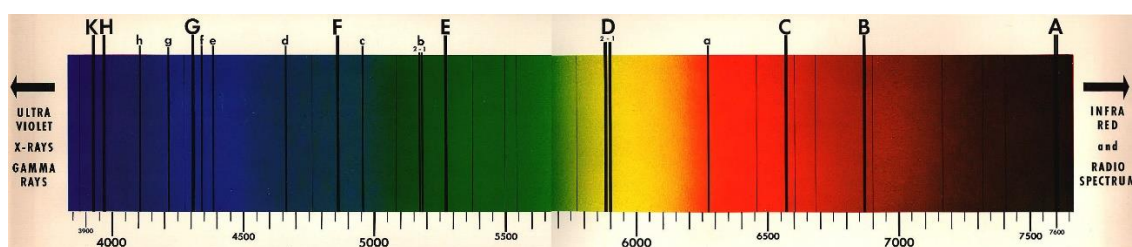
Por exemplo, uma das técnicas de fluorescência utilizadas na medicina é a injeção de contraste para avaliar o fluxo sanguíneo de uma região. Este contraste, normalmente composto por iodo, ao receber raio X, tem seus elétrons excitados e emitem radiação característica. Assim, a estrutura observada se torna mais nítida para ser analisada. Além disso, esta técnica pode ser promissora para a realização de novas descobertas, uma vez que contribui para pesquisas, por exemplo, das alterações elementares na estrutura do fêmur causadas pelos quimioterápicos utilizados para o tratamento de câncer de mama (PICKLER et. al, 2015) ou então para a verificação dos efeitos de anti-hipertensivos nas alterações químicas das estruturas de artérias coronárias (PICKLER et. al, 2019).

### 2.7.2 Espectro de Absorção

Além de emitir radiação, os átomos também são capazes de absorvê-las. Isto ocorre quando uma fonte luminosa de espectro contínuo incide em um gás. Este gás irá absorver as radiações cujas frequências são iguais às que estão presentes no espectro de emissão daquele gás. Desta forma, é possível determinar a faixa de absorção de um átomo ao analisar o espectro formado após a emissão da radiação incidente em um gás, que agora será irradiada por ele. A parte do espectro referente àquela absorvida pelo gás aparece como linhas pretas neste.

A emissão de radiação proveniente do Sol não é integralmente contínua, uma vez que seu espectro de absorção foi analisado em 1802 por Wollaston e, 10 anos mais tarde, por Joseph Fraunhofer, ao realizar um estudo mais detalhado destas linhas, que ficaram conhecidas como “Linhas de Fraunhofer” (SUTTON, 1988). A análise destas linhas revela a composição química proveniente do Sol, bem como a de outras fontes primárias, como as estrelas. A Figura 6 mostra o espectro de absorção solar.

Figura 6 – Linhas de Fraunhofer solares.



Fonte: [<http://www.coseti.org/solatype.htm>]; Acesso em 08/08/20.

Legenda: O comprimento de onda está representado em Å, que equivale a  $10^{-1}nm$ .

### 2.7.3 Lâmpadas Fluorescentes

Outra exemplificação a respeito do funcionamento do método de fluorescência, que está bastante relacionado com situações cotidianas, é o uso de lâmpadas fluorescentes (ou luz negra). Esse objeto é utilizado tanto para diversão, em festas com tinta neon, como para assuntos mais sérios, que é o caso da perícia policial.

O funcionamento da luz negra está basicamente atrelado à emissão de radiação ultravioleta (UV) para excitação de objetos chamados de “fluorescentes”. Estes objetos possuem fósforo em sua composição e, quando em contato com a radiação ultravioleta, tem seus elétrons excitados de forma a emitir radiação com frequência e comprimento de onda característicos da luz visível.

A diferença da luz fluorescente, que usamos no dia a dia para iluminar ambientes, e a luz negra está na camada que envolve estas lâmpadas. Enquanto as lâmpadas convencionais tem suas paredes revestidas por pó do elemento fósforo, as outras não possuem esta camada, deixando que a radiação UV atravesse o material. Além disso, a luz negra também é envolta por uma camada de cor violeta, responsável por impedir a passagem das outras cores presentes no espectro visível, que não seja a própria cor violeta - uma vez que a cor de um objeto representa a única cor que ele não absorve.

A luz negra possui grande utilidade em diversas áreas do conhecimento, para além da simples diversão de ver objetos fluorescentes brilharem. A exemplo disso temos a grande eficácia deste aparato na investigação criminal, uma vez que alguns fluidos fisiológicos como sêmen, urina e saliva possuem fósforo em sua composição e, desta forma, destacam-se na presença de luz negra, bem como fragmentos de dentes e ossos. O sangue, mesmo não tendo fósforo em sua composição, também pode ser visto com o uso deste tipo de luz, por possuir o componente Ferro (Fe) em abundância que, ao reagir com o luminol (elemento utilizado pela perícia), também tem seus elétrons excitados pela radiação UV e produz luz visível.

### 3 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

A abordagem do tema fluorescência como atividade investigativa se apresenta como uma possibilidade para a realização de um ensino-aprendizagem eficiente, no qual o aluno terá oportunidade de analisar problemas, investigar, questionar e interagir com seus colegas de forma a chegar a uma solução. Desta forma, a proposta apresentada neste trabalho possui caráter qualitativo, uma vez que a investigação não depende de operações com variáveis, mas sim, da análise de fenômenos em toda sua complexidade (BOGDAN e BIKLEN, 1994).

Para isso, foi escolhido o tema “Átomo de Bohr e Ciência Forense: Uma abordagem através de Atividades Investigativas para estudantes do Ensino Fundamental II.” com o objetivo de relacionar conteúdo e forma (DECONTO et al, 2016) através de atividades que proporcionem aos estudantes a capacidade de atuarem com liberdade na busca pela resolução de problemas propostos pelo professor. Assim, foi elaborada uma sequência didática, detalhada na Tabela 1, para ser aplicada em turmas de 9º ano do Ensino Fundamental II. É importante ressaltar que cada aula citada na Tabela 1 possui o equivalente a 2 tempos de aula em uma escola tradicional, totalizando 100 minutos por aula.

Através desta proposta, é desejado proporcionar aos estudantes o entendimento de como a Ciência e a Tecnologia estão presentes na Sociedade através da construção do conhecimento, por meio de um processo gradual de participação ativa em sala de aula e mediação do professor. Este processo será construído na realização de atividades investigativas que explorem a leitura, o debate, o manuseio de materiais e a pesquisa extraescolar. Os Roteiros de Atividades propostos para a realização da sequência podem ser encontrados no Apêndice deste trabalho.

Tabela 1 – Planejamento das aulas

AULA	PLANEJAMENTO
1	<p style="text-align: center;"><b>Texto 1:</b> “Ciência contra o crime” (disponível em: <a href="https://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-contra-o-crime/">https://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-contra-o-crime/</a> )</p> <p style="text-align: center;"><b>Texto 2:</b> “Como a química ajuda na solução de crimes” (disponível em: <a href="https://www.otempo.com.br/interessa/como-a-quimica-ajuda-na-solucao-de-crimes-1.1612578">https://www.otempo.com.br/interessa/como-a-quimica-ajuda-na-solucao-de-crimes-1.1612578</a>)</p> <p style="text-align: center;"><b>Debate sobre os textos</b></p>
2	<p style="text-align: center;">Entrega do Roteiro de Atividades para os grupos</p> <p style="text-align: center;"><b>Roteiro de Atividades: Parte I</b></p>
3	<p style="text-align: center;"><b>Roteiro de Atividades: Parte II</b></p> <p style="text-align: center;">Devolução dos Roteiros devidamente preenchidos pelos grupos.</p>
4	<p style="text-align: center;"><b>Divulgação do conhecimento:</b> Apresentação de Trabalhos</p> <p style="text-align: center;"><b>Debate:</b> Ciência e Tecnologia no nosso cotidiano</p> <p style="text-align: center;"><b>Texto motivador:</b> “INSPECÇÃO FORENSE / SEGURANÇA UV” (disponível em: <a href="https://spectroline.com/pt/forensic-security-inspection/">https://spectroline.com/pt/forensic-security-inspection/</a>)</p> <p style="text-align: center;"><b>Vídeo:</b> Perícia do caso Isabela Nardoni (disponível em <a href="https://www.youtube.com/watch?v=nF8T-q0PnUM&amp;t=222s">https://www.youtube.com/watch?v=nF8T-q0PnUM&amp;t=222s</a>)</p> <p style="text-align: center;"><b>Imagens:</b> Luz Negra em objetos fluorescentes;</p>
5	<p style="text-align: center;">Entrega do segundo Roteiro de Atividades</p> <p style="text-align: center;">Feedback a respeito dos roteiros e das aulas anteriores</p>

### **3.1 Aula 1: Leitura de textos e Debate**

Esta aula introdutória foi desenvolvida para apresentar aos alunos a Ciência Forense e suas contribuições para o bem-estar da sociedade na investigação para a resolução de crimes. Neste momento, é proposto que os alunos realizem a leitura de dois textos, intitulados “Ciência contra o crime” e “Como a Química ajuda na solução de crimes”. Após a leitura destes textos, o professor deverá organizar a sala de modo a incentivar a realização de um debate, que será mediado por ele através de perguntas norteadoras, que deverão estimular não apenas o raciocínio dos estudantes em relação à leitura, mas também o diálogo e o posicionamento frente às questões problematizadas.

Desta forma, as perguntas devem trazer reflexões sobre a possível diferença entre a radiação emitida pela lâmpada fluorescente e pela lâmpada incandescente – para além da cor emitida –, também sobre a influência do comprimento de onda incidente no comportamento dos materiais, sobre como a reação entre substâncias pode provocar comportamentos fluorescentes, etc. É fundamental que em todo momento as questões busquem relacionar os textos e o conteúdo a ser aprendido com o cotidiano dos estudantes, para que eles entendam a presença e a importância da Ciência, como um todo, em suas vidas.

### **3.2 Aulas 2 e 3: Roteiro de Atividades**

As aulas dois (2) e três (3) foram organizadas em três atividades investigativas que demandam interação dos estudantes com os materiais levados para sala de aula pelo professor. Desta forma, é recomendado que a turma seja dividida em grupos de 4 a 5 pessoas, em que os alunos devem dialogar com seus colegas na tentativa de resolver os problemas propostos pelo roteiro de atividades, bem como elaborar seus próprios questionamentos. No final do preenchimento dos roteiros, os alunos deverão entregá-los ao professor, que irá guardá-los para posterior reutilização.

Portanto, o material necessário para a realização desta aula e as sugestões para realização das atividades são explicitados a seguir.

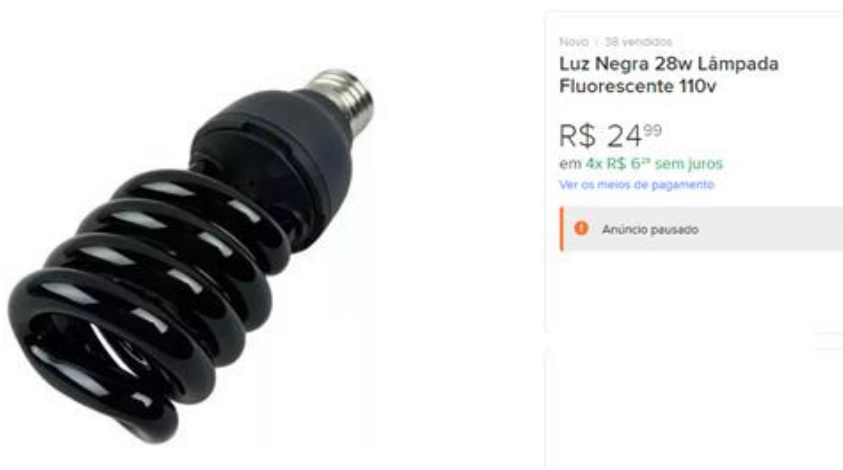
## **Aula 2: Agindo sobre o Material**

### **a) Primeira Atividade – Meu dinheiro é falso?**

O material necessário para esta atividade é:

- Cédulas de dinheiro verdadeiras
- Lâmpada de Luz Negra (pode ser encontrada em lojas que vendem lâmpadas LED ou pela internet, como mostra a Figura 7).

Figura 7 – Luz Negra à venda na internet



Fonte: [[http://bit.ly/luznegra\\_ML](http://bit.ly/luznegra_ML)]; Acesso em: 08/08/20.

Para esta atividade, o professor deve colocar em cima de sua mesa cédulas de dinheiro verdadeiras, com diferentes valores e pedir para que os estudantes sigam o roteiro de atividades. Desta forma, os alunos deverão entrar em consenso sobre a melhor maneira de identificar a veracidade das cédulas para encontrar a maior quantidade de elementos possível e, assim, preencher os campos sugeridos pelo Roteiro de Atividades.

### **b) Segunda Atividade – A Brilhante Festa**

Para esta atividade, será necessária a utilização dos seguintes aparatos:

- Tubo de pulseiras com líquido neon e acessórios neon (podem ser encontrados em lojas de itens festas ou pela internet, como mostra a Figura 8).
- Luz Negra (utilizada na atividade anterior).

Figura 8 – Pulseiras Neon à venda na internet<sup>3</sup>



Fonte: [ [https://bit.ly/kit\\_neon](https://bit.ly/kit_neon)]; Acesso em: 08/08/20.

Os acessórios serão distribuídos aos alunos, que deverão seguir as instruções presentes no Roteiro de Atividades.

### **Aula 3: Agindo sobre os Materiais**

Esta aula foi desenvolvida com o intuito de dar continuidade à investigação, através de uma atividade lúdica denominada “Gincana”. Os materiais necessários para esta atividade e as sugestões para realização das atividades são explicitados a seguir.

#### **a) Atividade – Gincana**

Os itens necessários para a realização desta atividade são:

- Caneta “mágica” (Figura 9)
- Lanterna de luz negra (encontra-se disponível na internet) ou Lâmpada de Luz Negra.

<sup>3</sup> Disponível em: [https://bit.ly/kit\\_neon](https://bit.ly/kit_neon)

Figura 9 – Caneta “mágica” à venda na internet



Fonte: [ [http://bit.ly/caneta\\_luz\\_negra](http://bit.ly/caneta_luz_negra)]; Acesso em: 08/08/20.

Nesta atividade, o professor irá distribuir papéis pela escola com uma série de dicas dispostas em sequência de modo a criar uma atividade lúdica em analogia à brincadeira “caça ao tesouro”. Desta forma, estas dicas devem ser escritas com caneta “mágica”, cuja leitura só é possível após a iluminação por luz negra<sup>4</sup>. Esta atividade é dependente de cada contexto em sala e, por isso, cabe ao professor lançar mão de sua criatividade e envolvimento com a turma para que as dicas sejam divertidas e motive a participação dos alunos na gincana. De modo a exemplificar a proposta, a Tabela 2 apresenta três possíveis dicas a serem utilizadas.

Tabela 2 – Exemplos de dicas que podem ser utilizadas na Gincana.

Dica	Frase	Resposta
Dica 1	<i>“É aqui que algumas teorias podem ser observadas com bastante cautela e concentração.”</i>	Laboratório de Física
Dica 2	<i>“Aqui a fome não tem vez. Recarrego as energias dos estudantes para as próximas aulas.”</i>	Refeitório
Dica 3	<i>“Sou um ambiente onde o aprendizado ultrapassa os limites da sala de aula. Posso correr, pular, brincar enquanto aprendo.”</i>	Quadra de Esportes

Ao fim da gincana, os alunos deverão refletir sobre a seguinte pergunta, para discutirem na próxima aula:

<sup>4</sup> A fim de economizar o custo com os materiais, a lâmpada negra pode ser reaproveitada das atividades anteriores. Entretanto, esta precisa estar conectada na tomada, de modo que os alunos deverão voltar à sala de aula toda vez que encontrarem uma dica, para poder ler o que está escrito pela caneta “mágica”. Por isso é aconselhável a distribuição das lanternas.

*“Por que as mensagens da Gincana se tornaram visíveis após serem iluminadas pela lâmpada de luz negra?”*

Além disso, o professor deve solicitar que os grupos realizem pesquisas sobre a atuação da Ciência Forense e como estas contribuem, ou prejudicam, a Sociedade. Através desta pesquisa, os estudantes devem coletar mídias – sejam estas por meio de imagens, vídeos, notícias de jornal etc – e organizar uma apresentação que seja capaz de colaborar para a discussão em sala de aula.

### **3.3 Aula 4: Divulgação do Conhecimento e Debate**

A quarta aula consiste na apresentação das pesquisas realizadas pelos alunos e no posterior debate a respeito de substâncias luminescentes no dia a dia. Para isso, o professor deve incentivar as falas dos estudantes através dos trabalhos apresentados e pelo uso de imagens e de vídeos. Desta forma, a importância desta aula consiste na exploração das aplicações de técnicas que utilizam a fluorescência de objetos no cotidiano e sua importância, seja para realização de festas temáticas, de perícia policial ou até mesmo de exames médicos. Desta forma, o professor é responsável por mediar as apresentações e contribuir com informações que fomentem a discussão a respeito dos temas apresentados.

Para isso, as Figuras 10 e 11 representam sugestões de como essa abordagem pode ser realizada através da exibição de imagens que ilustram o fenômeno de fluorescência em situações cotidianas. Além disso, o vídeo sugerido na Tabela 1 para esta aula contribui para a explicação dos procedimentos utilizados na perícia do caso Isabella Nardoni, com utilização da substância chamada “luminol” e, por isso, torna-se importante para fomentar o debate a respeito deste assunto.

Durante toda a aula o professor deve se posicionar como mediador e fomentador das discussões para que questões importantes sejam trazidas e outras não desviem o objetivo desta atividade.

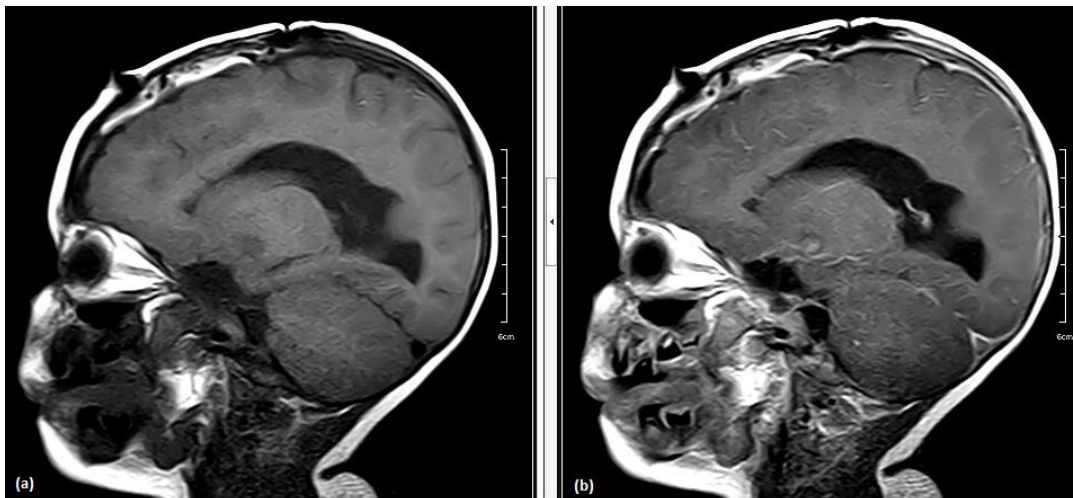
Figura 10 – Utilização de tintas que são fluorescentes na presença de Luz Negra.



Fonte: Conhecimento Científico - R7 notícias

Disponível em: [<https://conhecimentocientifico.r7.com/aprenda-fazer-luz-negra-com-seu-celular/>]

Figura 11 – Imagens obtidas pela técnica de Tomografia Computadorizada.



Legenda: Imagens resultantes de um exame de tomografia com (a) e sem (b) utilização de contraste.

Fonte: [<http://anatpat.unicamp.br/rpgglioma27.html>]; Acesso em: 08/08/20.

### 3.4 Aula 5: Entrega dos Roteiros e Debate

A quinta e última aula foi organizada de maneira que os grupos recebessem os roteiros preenchidos na aula 2 e refletissem sobre suas respostas, tendo em vista as aulas anteriores. Este momento será importante para que o professor possa sistematizar e relacionar o conceito de Átomo de Bohr, de maneira sucinta, além de estimular a reflexão dos alunos, quanto à construção do conhecimento de forma geral. Isso significa que o estudante precisa estar de acordo que não basta apenas ter uma concepção sobre algo, mas sim, que deve estudar a fundo e buscar novas respostas constantemente.

Por fim, o professor deverá ouvir as opiniões dos alunos a respeito das atividades realizadas durante as aulas, de maneira a sempre motivar o posicionamento destes para que seja possível coletar os *feedbacks* da sequência apresentada.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS DADOS ESPERADOS

Uma vez que a presente proposta didática não pôde ser aplicada, devido ao contexto pandêmico alarmante em que o país está inserido, a autora deste trabalho optou por apresentar e discutir os dados esperados de modo a esclarecer suas expectativas com o referido trabalho. Desta forma, as seções presentes neste capítulo buscam responder às perguntas do Quadro 1 e desenvolver o que se espera com a realização de cada atividade da sequência.

### 4.1 Respondendo às Perguntas do Quadro 1

As perguntas de Sasseron e Machado (2017) foram utilizadas como referência para a elaboração e organização das atividades aqui apresentadas. Com isso, o Quadro 3 contém as perguntas presentes no Quadro 1, juntamente com as respostas da autora que auxiliaram na elaboração da proposta apresentada.

#### Quadro 3 – Objetivos pretendidos com a sequência apresentada

<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quais conhecimentos a atividade oferece?</b> Átomo de Bohr, excitação de elétrons, transição de camadas, emissão e absorção de energia, reação de compostos químicos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>O que desejamos que o aluno aprenda?</b> Os alunos devem agir em grupos a fim de dialogar, investigar e pesquisar sobre os problemas propostos pelos roteiros, para que possam explicar como algumas substâncias fluorescem na presença da radiação ultravioleta ou quando interagem com outros elementos químicos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quais são os dados e as informações relevantes?</b> Radiação utilizada (visível ou ultravioleta), comportamento dos objetos antes e depois da interferência da radiação incidente e da reação química.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Que problema pode ser proposto?</b> A divisão da sequência em aulas com diferentes abordagens foi esquematizada para que o diálogo fosse o principal colaborador para a construção do conhecimento dos estudantes. Por isso, algumas perguntas – para além daquelas que estão presentes nos roteiros – podem ser levantadas pelo docente, como:</li> </ul>

<p>Por que só conseguimos enxergar a marca d'água da cédula de dinheiro através da luz negra? Qual a diferença entre esta luz e a que ilumina a sala? E se a luz da sala fosse apagada e fizéssemos a análise novamente, haveria diferença? Qual a relação entre os estalos das pulseiras e seu brilho? Por que você acha isso? Fulano, você concorda com o que Sicrano acabou de dizer?</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quais as possíveis hipóteses que os alunos trarão?</b></li> </ul> <p>Para explicar o aparecimento da marca d'água após o uso da luz negra e responder às perguntas do professor, os alunos podem afirmar que: a) a luz negra é composta por substâncias que fazem os objetos brilharem; b) a marca d'água tem uma substância que é sensível apenas à luz negra; c) se apagar a luz da sala, a marca d'água vai brilhar mais; d) as pulseiras brilham devido à mistura entre as substâncias dentro dela.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Como testar as hipóteses?</b></li> </ul> <p>O professor pode: a) apontar a lâmpada ultravioleta para objetos que não ficarão fluorescentes em sua presença; b) apagar a luz da sala para que os alunos observem a diferença na visualização da marca d'água; c) chacoalhar a pulseira para misturar os compostos em seu interior.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quais as relações entre a natureza da Ciência e a experiência?</b></li> </ul> <p>É fundamental que os alunos possuam conhecimento sobre a evolução dos modelos atômicos para que possam compreender a Ciência como construção humana, de modo a desmistificar visões positivistas como se esta fosse imutável, objetiva e neutra, ou que o cientista é um gênio incompreendido e dono de uma razão absoluta. Com isso, o professor também pode propor que cada grupo realize uma pesquisa a respeito de um modelo atômico e traga suas pesquisas para a sala de aula, para que possa ocorrer o debate a respeito do processo de fazer Ciência.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Quais as relações CTS possíveis no experimento?</b></li> </ul> <p>Hoje, o modelo atômico de Bohr e a técnica de excitação de elétrons para emissão de radiação visível são muito utilizados em diversos campos da sociedade. A busca pelas validações das cédulas de dinheiro, com a utilização da lanterna de luz ultravioleta, e a relação entre os “estalos” da pulseira neon e sua fluorescência podem fazer com que os alunos compreendam a importância da perícia para a resolução de crimes de assassinato, busca por identidades</p>

falsificadas, circulação de dinheiro falso etc. Além disso, a luz negra é demasiadamente importante na descontaminação da água, devido à sua ação germicida, que altera o DNA das bactérias e vírus até que eles não sejam mais capazes de se reproduzir. Assim, evita a proliferação de doenças como cólera, febre tifóide, diarreia e outras doenças mortais.

- **Que tipo de atividade investigativa melhor se adapta à montagem?**

Laboratório aberto e Leitura investigativa.

- **A que detalhes devemos nos atentar?**

É importante que o professor esteja sempre atento à forma com que os alunos dialogam entre si para que possa intervir quando julgar necessário. Desta forma, deve incentivar aqueles que estão mais retraídos e provocá-los com problematizações. Em relação às atividades experimentais, é importante que o professor fique atento aos planos de ação para resolução dos problemas, para que os estudantes não danifiquem as cédulas de dinheiro ou quebrem as pulseiras neon.

- **Como avaliar se os objetivos foram cumpridos?**

A avaliação neste tipo de proposta deve ser feita a todo momento, através da análise dos comportamentos dos alunos durante as atividades, das discussões abertas para a turma e da análise das respostas dos roteiros.

## 4.2 Resultados esperados em cada etapa

É esperado que os Roteiros de Atividades a serem preenchidos confrontem os estudantes com perguntas a respeito das atividades, para que reflitam e discutam sobre as possíveis explicações, tendo como base suas experiências pessoais de vida, fora do contexto escolar. Por exemplo, espera-se que a Segunda Atividade seja de conhecimento prévio de pelo menos um dos alunos de cada grupo, ou seja, que este já tenha presenciado uma situação em que fossem utilizadas pulseiras, ou acessórios, neon em algum momento de sua vida. Assim, as experiências já vivenciadas, em qualquer que seja o contexto, devem ser exploradas ao máximo, para que seja possível reconstruí-las, a fim de que sejam ampliados e compartilhados seus conhecimentos.

Portanto, as atividades investigativas presentes nas Partes I e II desta sequência, além de incentivarem os estudantes a se tornarem protagonistas na construção do próprio conhecimento, através do trabalho em equipe, também devem preparar os alunos para amadurecerem ideias, de modo que suas concepções prévias se tornem coerentes com o conhecimento científico (ZOMPERO; LAMBURÚ, 2011). Por isso, a próxima etapa da sequência, que consiste na Aula 3, possui o objetivo de explorar estas concepções ao abordar fenômenos que se relacionam, de alguma forma, com aqueles explorados nas atividades investigativas. Logo, as situações apresentadas deverão causar inquietação dos alunos, na busca por respostas, que expliquem como algumas substâncias, sejam elas reagindo com outras ou independentemente, podem causar efeitos luminescentes ao serem iluminadas pela luz negra.

A realização de debates, ainda durante a Aula 3, é imprescindível para que a discussão entre os participantes seja explorada e temas de importância social sejam abordados como facilitadores deste processo. Assim, os professores devem instigar e analisar os recursos utilizados pelos alunos para argumentar de maneira a defender ou contrapor uma ideia. Além disso, também é interessante que as discussões abordem a interdisciplinaridade presente nos assuntos, como a relação entre Física, Química e Biologia, de maneira que o aluno consiga associar as reações que ocorrem entre o luminol e a hemoglobina presente no sangue, por exemplo, para que esta mistura brilhe e dê informações importantes para o processo de perícia e, também, que este mesmo processo pode explicar o brilho das pulseiras neon, da Segunda Atividade, após “estalarem”.

Dando por sequência o planejamento, a Aula 4 foi organizada de maneira que o professor exponha aos estudantes os conceitos científicos por trás das atividades

realizadas anteriormente. Entretanto, por mais que a aula tenha caráter expositivo, o professor deverá atuar, mais uma vez, como mediador e evitar responder às questões apresentadas pelos roteiros, ou relacionar o conteúdo com as atividades anteriores, de forma a abrir espaço para que os próprios estudantes conversem entre si e reúnam as informações que “montem o quebra-cabeça” responsável por relacionar os conceitos a partir dos trabalhos apresentados por eles.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta das SEI visa a contribuir para a transformação de aulas tradicionais naquelas consideradas investigativas, ministradas por professores da educação básica. Desta forma, a presente sequência foi elaborada de modo que os estudantes atinjam o grau 3 de liberdade intelectual (CARVALHO et al, 2010) por meio da participação ativa nas discussões com foco na criação de planos de ação para a resolução de problemas propostos.

Por isso, a proposta foi dividida em cinco aulas, devido à importância de explorar as bagagens culturais dos estudantes, por meio de suas vivências, de forma que o docente possa utilizá-las durante sua abordagem. Esta metodologia é fundamental para aproximar o aluno do objetivo desejado, uma vez que o motiva a participar da construção da aula através de seus relatos.

Portanto, é possível crer que cada aula é capaz de colaborar para que a relação entre o professor e os estudantes – bem como entre eles e seus colegas – seja construída sob o modelo pedagógico relacional (BECKER, 1994), pois a exploração do material levado pelo professor para sua turma deve ser capaz de incentivar a troca entre os saberes de ambas as partes, de forma que o discente consiga ensinar e o professor aprender e vice-versa. Será através desta exploração que o processo de problematização e sistematização dos assuntos irão se intensificar e, assim, se aproximar das intenções pedagógicas do docente e das motivações dos discentes.

É importante destacar que a sequência desenvolvida neste trabalho busca ser o mais completa possível para contribuir com o processo de ensino aprendizagem do tema proposto. Entretanto, é de conhecimento geral que a realidade de cada docente é diferente e, por isso, a proposta deve ser adaptada conforme tal. Por exemplo, caso o professor não consiga ministrar o conteúdo em mais de duas aulas, as aulas 1 e 2 são suficientes para que este consiga discutir com a turma e colocar os estudantes para refletirem e conversarem entre si, durante as atividades. É imprescindível frisar que a sequência é apenas um modelo para aqueles professores que desejam mudar suas metodologias tradicionais de ensino e, por isso, esta pode ou não ser utilizada fielmente conforme consta neste trabalho.

Por fim, esperamos que esse trabalho possa ser explorado e reutilizado por docentes da educação básica – que devem realizar as devidas adaptações para cada realidade de aplicação – e possa contribuir substancialmente para a melhoria do ensino


de Física Moderna, com foco em Átomo de Bohr e Ciência Forense. Além disso, esperamos também que este trabalho sirva como referência para a criação de possíveis outros, que possuam o mesmo objetivo de engajar os estudantes, ao ofertar abordagens que façam sentido para eles e, desta forma, colaborar cada vez mais com pesquisas que visem melhorar o Ensino de Ciências na educação básica.

## REFERÊNCIAS

- AIKENHEAD, G. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, v. 16, n. 2, p. 114-124, 2003.
- AULER, D.; BAZZO, W. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência & Educação*, v.7, n.1, p.1-13, 2001.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê? Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências, v.3, n.1, p.122-134, 2001.
- BECKER, F. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. *Educação e Realidade*, v. 19, n. 1, p. 89-96, 1994.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- BOGDAN, R. C. & BIKLEN, S. K. *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e métodos*. Porto, Portugal: Porto Editora, 1994.
- BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n.3: p.291-313, 2002.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da Educação em Ciências às Orientações para o Ensino das Ciências. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)*. 18(3), 765–794. Dezembro, 2018.
- CARUSO, F. e OGURI, V. *Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*, 2 ed., Rio de Janeiro, LTC, 2006.
- CARUSO, F. e OGURI, V. *Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos*, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2006.
- CARVALHO, A. M. P.; RICARDO, E. C.; SASSERON, L. H.; ABIB, M. L. V. S., PIETROCOLA, M. *Ensino de Física*. São Paulo; Cengage Learning, 2010.
- CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Sequências de Ensino Investigativas – SEI: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, G.; SILVA, J. A.. (Org.). *Educação em Ciências: epistemologias, princípios e ações educativas*. Curitiba: CRV, 2012.
- DECONTO, D. C. S.; CAVALCANTI, C. J. H.; OSTERMANN, F. Incoerências e contradições das políticas públicas para a formação docente no cenário atual de reformulações das diretrizes curriculares nacionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, i. 33, n. 1, 2016.
- FREIRE, P. *Pedagogia da Esperança: Um Reencontro com a Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, edição e número de páginas, 1992.
- KUENZER, A. Z. A formação de professores para o ensino médio: velhos problemas, novos desafios. *Educação & Sociedade*, i. 32, n. 116, p. 667-688, 2011.
- PICKLER, ARISSA ; MANTUANO, ANDREA ; MOTA, CARLA L. ; TANURE, TAYANE ; SERQUEIRA, LUANNA ; FERREIRA-MACHADO, SAMARA ; LAU, CLÁUDIO S.C. ; SALATA, CAMILA ; DE ALMEIDA, CARLOS E. ; NASCIMENTO, ALESSANDRO ; SENA, GABRIELA ; FIDALGO, GABRIEL ; COLAÇO, MARCOS V. ; ALTISSIMO, MATTEO ; BEDOLLA, DIANA E. ;

- GIANONCELLI, ALESSANDRA ; BRAZ, DELSON ; BARROSO, REGINA C. .  
Effects of angiotensin II receptor blockers in the coronary arteries of hypertensive rats: Analysis of elemental distribution using LEXRF. X-RAY SPECTROMETRY, v. -, p. 1-10, 2019.
- PICKLER, A.; MOTA, C.L.; MANTUANO, A.; SALATA, C.; NOGUEIRA, L. P.; ALMEIDA, A. P.; ALESSIO, R.; SENA, G.; BRAZ, D.; ALMEIDA, C. E. V.; BARROSO, R. C. X-ray microfluorescence as a tool to analyze elemental changes in femur head induced by chemotherapy drugs for the treatment of breast cancer. Radiation Physics and Chemistry, Volume 116, November 2015, Pages 257-261.
- PÉREZ GÓMEZ, A. O pensamento prático do professor: a formação do professor como prático reflexivo. In: NÓVOA, A. (Ed.) Os professores e sua formação. p. 93- 114. Lisboa/PT: Dom Quixote, edição e número de páginas, 1992.
- QUEIROZ, G. et al. A abordagem CTS-Arte nos estudos das estações de tratamento de esgoto: uma prática no ensino fundamental. Revista Práxis, n. 11, p. 67-80, 2014.
- SALES, V. C. H.; VIANNA, D. Uma proposta para o ensino de hidrostática através de atividades investigativas com enfoque C-T-S. Física em Revista: Cadernos de Ensino do Colégio Pedro II, v. 1, n. 1, 2017.
- SANTOS, W. L. P. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. Alexandria Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, v.1, n.1, p. 109-131, mar. 2008.
- SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. Revista Ensaio, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.
- SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. Alfabetização Científica na Prática: Inovando a Forma de Ensinar Física. São Paulo: Livraria da Física, 1. ed., 108 p., 2017.
- SUTTON, M. A. The Early History of Spectroscopy: Platinum contributes to its development. Platinum Metals Rev., 1988, 32, (1).
- TAVARES, O. A. P. Ernest Rutherford e o Átomo Nuclear. CBPF-CS-002/11

## APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA PROPOSTA

	<p><b>COLÉGIO PEDRO II</b>  <b>CAMPUS SÃO CRISTÓVÃO III</b>  <b>FÍSICA MODERNA - ÁTOMO DE BOHR</b>  <b>TURMA:</b>  <b>PROFESSORES:</b> Roberta Lucena e Vitor Sales</p>
<p><b>NOMES:</b></p>	

### Aula 1

Você já ouviu falar em “Ciência Forense” e suas contribuições para a sociedade?

Antes de mais nada, vamos para a leitura dos textos a seguir:

#### Texto 1: Ciência contra o crime

Simon Moran, 38 anos, costumava ser um bom assaltante. Ele tinha uma experiência profissional adequada, como ex-funcionário de uma empresa de instalação de portas e janelas, sempre usava luvas e só arrombava casas de velinhos. A combinação de competência e cuidado fez que ele só fosse preso uma vez, apesar de ter cometido mais de 100 assaltos. Sua experiência era tão grande que, em setembro de 2006, ele seguiu em frente com um roubo mesmo dando de cara com uma senhora de 83 anos ao arrombar uma casa nos arredores de Manchester, na Inglaterra. O susto só veio dias mais tarde, ao saber que uma gota de suor havia sido suficiente para revelar sua identidade: depois de secar a testa com a luva, ele mexeu num saco plástico onde a octogenária costumava guardar sua bolsa.

Há menos de 5 anos, a polícia precisaria de até 500 células de um criminoso para conseguir uma amostra de DNA decente. Com as técnicas mais modernas, apenas algumas bastam. O material colhido no saco plástico passou pelo sistema de isolamento e amplificação conhecido como DNA LCN, sigla em inglês para “baixo número de cópias de DNA”. Ela foi criada pelos pesquisadores do Serviço de Ciência Forense do Reino Unido para viabilizar testes com amostras que antes não forneceriam volume suficiente de material genético. A técnica é tão sensível que, depois de uma fase inicial de automatização e barateamento do processo, ela tem sido usada para solucionar casos com amostras antes desprezadas, como aquela gota de suor ou, ainda, restos de tecidos epiteliais encontrados em objetos em que o criminoso tenha apenas encostado, como bitucas de cigarro, palitos de fósforo, roupas e armas.

(...)

A gotícula que incriminou Simon só pôde ser encontrada porque os peritos mandaram o saco para ser analisado em laboratório. Mas há cada vez menos pistas invisíveis em uma cena de crime.

Os novos Sherlock Holmes trocaram as lupas por luzes forenses. São lanternas portáteis ou lâmpadas de maior porte que emitem luzes de diferentes comprimentos de onda, ajudando a revelar coisas que normalmente passariam despercebidas. As fibras sintéticas ficam fluorescentes na maioria dos comprimentos de onda, especialmente nos 300 nanômetros da luz ultravioleta. Já materiais orgânicos, como fibras de algodão, saliva, urina, sêmen e ossos, ficam opacos e esbranquiçados sob a luz negra. “Investigando um caso de estupro, analisei o banco de um carro que não tinha sinais evidentes. Com a luz, pude ver e coletar uma amostra de sêmen e identificar o material genético que incriminou um suspeito”, diz Rosângela Monteiro, da Polícia Científica de São Paulo.

Mas isso não é nada perto do que já é possível fazer com impressões digitais. Sim, porque a coleta dessas provas essenciais não é tão simples quanto parece. A maioria delas não é visível a olho nu e, dependendo do suporte, era impossível identificá-las.

Superfícies molhadas, por exemplo, sempre foram uma barreira para os peritos. Problema resolvido com o desenvolvimento de nanopartículas de óxidos de zinco, usadas em um pó que reage com a gordura deixada pelas digitais mesmo na presença de água. Depois, é só iluminar a região desejada com luz ultravioleta e a digital, brilhante, está pronta para ser registrada numa foto.

Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/ciencia-contr-o-crime/>.

Acesso em fev.2021

## Texto 2: Como a Química ajuda na solução de crimes

“A química forense é a aplicação dos conhecimentos da química e da toxicologia no campo legal ou judicial”, explicou Adriana. “As técnicas são utilizadas para ajudar a compreender a face sofisticada e complexa dos crimes, sejam eles assassinatos, roubos ou envenenamentos, adulterações de produtos ou processos que estejam fora da lei”, completou.

Entre os instrumentos utilizados pelos químicos durante uma investigação criminal no seriado norte-americano, foram citados e comentados três. “Temos o famoso luminol (luz negra usada para achar vestígios de sangue), a análise de impressões digitais e a espectrometria (exame de substâncias de baixa concentração)”, contou Adriana.

As pesquisadoras também explicaram o processo de operação de análise forense. “Há uma cena com um cadáver, por exemplo, e não é possível saber se foi homicídio ou suicídio. Vestígios como sangue, digitais, cabelo, saliva ou vísceras (do corpo) serão levados para o laboratório”, disse Clésia. A partir daí, várias análises – entre elas, a toxicológica – são feitas para determinar se a pessoa encontrada foi envenenada ou dopada para montar a cena do crime e forjar um suicídio, explicou Clésia.

Durante a conversa entre as especialistas e o público, houve um momento para que fossem esclarecidas algumas dúvidas. Clésia falou sobre o que ela chamou de “efeito CSI”. “O sucesso da série é tão grande nos últimos anos que a demanda por alunos de graduação e pós-graduação na área de química aumentou, a ponto de termos filas de espera para ingressar nos cursos”, disse.

Disponível em: <https://www.otempo.com.br/interessa/como-a-quimica-ajuda-na-solucao-de-crimes-1.1612578/>.

Acesso em fev.2021

**Perguntas norteadoras para o debate:****Bloco 1: Uso da radiação ultravioleta na perícia do crime de Simon**

- Como a troca da lupa pela luz fluorescente ajudou a solucionar o crime cometido por Simon?
- A luz branca é de mais fácil acesso do que a fluorescente, então não seria mais fácil utilizá-la na perícia?
- Como o comprimento de onda da radiação emitida influencia na investigação dos crimes?

**Bloco 2: Reações químicas na resolução de crimes**

- Por que a água pode ser um problema na investigação pericial?
- O uso exclusivo de luz fluorescente em meios molhados é o suficiente para identificar digitais na região iluminada?
- Como as nanopartículas de óxido de zinco e o luminol contribuem para a identificação de substâncias que não podem ser vistas a olho nu?

**Bloco 3: Ciência Forense na Medicina**

- Alguém aqui já fez uma radiografia?
- E uma tomografia?
- Você, ou algum familiar seu, já fez injeção de contraste para exames?
- Qual exame foi realizado?
- Por que o contraste foi necessário para a realização do exame?
- Qual seria a diferença, caso o exame fosse feito sem contraste?

## Aula 2

### MEU DINHEIRO É FALSO?

#### Introdução:

A pandemia pelo novo coronavírus, o SARS-CoV2, causador da doença COVID-19, foi fundamental para o mundo se reorganizar, de modo a combater os casos que se espalham cada vez mais rápido pelo globo. Foi necessário que houvesse mudanças de hábitos, como os de higiene, a forma com que as pessoas se relacionam, os lugares que frequentam etc.

Com a urgência para a instauração da quarentena, os governos dos países precisaram garantir à população estabilidade financeira necessária para que estes evitassem ao máximo sair de casa, com o objetivo de erradicar a proliferação do vírus. No Brasil, a proposta do “Auxílio Emergencial” surgiu para assegurar uma renda mínima, de R\$600,00, aos brasileiros que se enquadram nos critérios da Lei nº 13.982 de 02 de abril de 2020.

Contudo, a pouca circulação de dinheiro em espécie aumentou a demanda por estas, para o pagamento do auxílio e FGTS emergenciais e, por isso, o Banco Central criou a nota de R\$ 200,00 como uma alternativa a esta necessidade. Porém, menos de um mês depois da emissão das novas cédulas de dinheiro, a Polícia Federal (PF) apreendeu, em Ituiutaba (MG), mais de 500 mil reais em notas falsas, que englobava não apenas as notas de R\$200, mas também de R\$10, R\$20, R\$ 50 e R\$100. Por mais que a apreensão tenha sido expressiva, a PF estima que o laboratório teria produzido mais de R\$ 10 milhões em dinheiro falso.

Por isso, é imprescindível que a população saiba identificar a veracidade das notas de dinheiro que circulam pelo país, para que não seja enganada e prejudicada devido à má conduta daqueles que não se preocupam com o bem estar geral da população.

Sua tarefa é contribuir na identificação de cédulas falsas. Vamos lá!

#### Material

- Cédulas de dinheiro
- Lâmpada Ultravioleta

#### Esquema Experimental

Com as cédulas de dinheiro distribuídas pelo professor, discuta com seus colegas qual metodologia deverá ser utilizada para que seja possível identificar a maior quantidade possível de elementos que possam validar as notas. Em seguida, marque na ilustração abaixo as posições referentes aos elementos encontrados na análise:



Agora, preencha os campos a seguir:

1) Descreva, em linhas gerais, o procedimento utilizado para identificar os elementos das cédulas verdadeiras.

2) Por que o grupo optou pelo procedimento anterior?

3) A presença da lâmpada negra foi útil a esta atividade? Em caso afirmativo, justifique.

## A BRILHANTE FESTA

### Introdução

A moda da década de 1980 é marcada pela intensidade e inovação nas vestimentas, que transmitem vivacidade, alegria e diversão pela composição de suas cores. O que hoje chamamos de “estilo retrô” nada mais é do que a releitura desta época, na qual a população usava e abusava de acessórios e roupas coloridas. Ainda hoje, este estilo é frequentemente encontrado em festas com a presença de tintas e acessórios que brilham em determinados ambientes e divertem todos os convidados com suas inúmeras combinações e possibilidades de utilização.

### Material

- Acessórios para festa neon
- Lâmpada Negra
- Pulseiras de neon com solução química em seu interior

### Esquema Experimental

O professor irá controlar a luminosidade da sala. Portanto, observe o comportamento dos acessórios para festa nas diversas configurações, seja quando a luz estiver acesa ou apagada e iluminada por luz negra em ambas as situações etc. Em seguida, preencha o formulário abaixo:

1) O que foi observado? O que pode justificar os fenômenos observados?

2) Pegue a pulseira cilíndrica, que possui um líquido em seu interior, e a torça, de maneira a ouvir “estalos”. Descreva o que você e seu grupo observam conforme este procedimento é realizado.

3) Descreva, em linhas gerais, qual a possível justificativa para os fenômenos observados no passo 2.

### Aula 3

#### GINCANA

**Para refletir:** Por que as mensagens da gincana se tornaram visíveis após serem iluminadas pela lâmpada de luz negra?

Tabela 2 – Exemplos de dicas que podem ser utilizadas na Gincana.

<b>Dica</b>	<b>Frase</b>	<b>Resposta</b>
Dica 1	<i>“É aqui que a “magia” acontece. Algumas teorias podem ser observadas com bastante cautela e concentração.”</i>	Laboratório de Física
Dica 2	<i>“Aqui a fome não tem vez. Recarrego as energias dos estudantes para as próximas aulas.”</i>	Refeitório
Dica 3	<i>“Sou um ambiente onde o aprendizado ultrapassa os limites de sala de aula. Posso correr, pular, brincar enquanto aprendo.”</i>	Quadra de Esportes

**Para a Aula 4:** Juntamente ao seu grupo, pesquise quais são as áreas de atuação da Ciência Forense, bem como quais são suas contribuições e seus atrasos – se houver – para a sociedade. Reúna as informações obtidas - seja através de imagens, vídeos, notícias de jornal etc. - para divulgar com seus colegas e contribuir para a divulgação científica na próxima aula.

### Aula 4

Discussão aberta a respeito das pesquisas realizadas pelos alunos e feedback a respeito da sequência.