



**UEPB**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CAMPUS I**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**  
**CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM QUÍMICA**

**BRUNO TAVEIRA DA SILVA ALVES**

**O CONTO *PÂTÉ DE FOIE GRAS* COMO RECURSO INSPIRADOR NO ENSINO  
DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

**CAMPINA GRANDE – PB**  
**2019**

BRUNO TAVEIRA DA SILVA ALVES

**O CONTO *PÂTÉ DE FOIE GRAS* COMO RECURSO INSPIRADOR NO ENSINO  
DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC -  
apresentada ao Departamento de Química  
da Universidade Estadual da Paraíba,  
como requisito à obtenção do título de  
Licenciado em Química.

**Orientador:** Prof. Me. Gilberlândio Nunes da Silva.

**CAMPINA GRANDE – PB  
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

A474c Alves, Bruno Taveira da Silva.  
O conto Pâté de foie gras como recurso inspirador no ensino de química na educação básica [manuscrito] / Bruno Taveira da Silva Alves. - 2019.  
67 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2019.  
"Orientação : Prof. Me. Gilbertândio Nunes da Silva, Departamento de Química - CCT."  
1. Ensino de Química. 2. Ficção científica. 3. Recursos didáticos. 4. Livro paradidático. I. Título

21. ed. CDD 372.8

BRUNO TAVEIRA DA SILVA ALVES

**O CONTO PÂTÉ DE FOIE GRAS COMO RECURSO INSPIRADOR NO ENSINO  
DE QUÍMICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC -  
apresentada ao Departamento de  
Química da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito à obtenção do  
título de Licenciado em Química.

Aprovada em: 13 / 12 / 2019

**BANCA EXAMINADORA**

Gilberlândio Nunes da Silva  
Prof. Me. Gilberlândio Nunes da Silva (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Francisco Ferreira Dantas Filho  
Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Bianca  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Bianca Viana de Sousa Barbosa  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Aos meus pais, Carlos e Ozinete, por todo o apoio dado durante a trajetória acadêmica, lutando por minha felicidade e educação; aos demais familiares que sempre estiveram presentes me incentivando na busca por conhecimento e aos amigos e companheiros que estiveram comigo ao longo dessa caminhada, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas, por ter me dado mais uma oportunidade de crescer e evoluir durante essa jornada terrena. Obrigado por ter me dado capacidade e determinação para meu crescimento acadêmico.

Aos meus pais **Carlos Antonio Pereira Alves** e **Ozinete Taveira da Silva Alves** por toda a educação que souberam me dar, me ensinando e ajudando sempre a lutar pelos meus objetivos e realizá-los e por todo o amor que sempre demonstraram ter por mim e por meus irmãos.

Aos meus queridos irmãos: **Camilla** e **Vitor**.

A meus avós: **Luzia Pereira Correia** (*in memoriam*), **Antonio Alves Correia Filho**; **Antônia Felipe Taveira da Silva**, **Orlando Taveira da Silva**, por todo apoio e incentivo no plano material e também no plano espiritual.

Aos meus amigos: **Hugo**, **Fabio**, **Jessica**, **Renata**, **Luanna** e **Allan** por todo o apoio dado.

Ao professor **Me. Gilberlândio Nunes da Silva** pela orientação e incentivo durante a execução deste trabalho de conclusão de curso.

À professora **M.<sup>a</sup> Maria Elidiana Onofre Costa Lira Batista** por ter dado as primeiras contribuições para a elaboração de trabalho, através da disciplina de Pesquisa e Ensino de Química.

Aos alunos do professor **Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho**, do programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, pela participação e sugestões através das respostas do questionário.

À minha orientadora no doutorado em Engenharia Química, professora **Dr.<sup>a</sup> Bianca Viana de Sousa Barbosa**, pelo incentivo na minha caminhada como aluno de licenciatura.

À Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), ao Departamento de Química (DQ).

"E o que significa a palavra qualidade? Para mim significa textura. Este livro tem poros. Tem feições. Este livro poderia passar pelo microscópio. Você encontraria vida sob a lâmina, emanando em profusão infinita. Quanto mais poros, quanto mais detalhes de vida fielmente gravados por centímetro quadrado você conseguir captar numa folha de papel, mais "literário" você será. Pelo menos essa é minha definição. Detalhes reveladores. Detalhes frescos. Os bons escritores quase sempre tocam a vida. Os medíocres apenas passam rapidamente a mão sobre ela. Os ruins a estupram e a deixam para as moscas. Entende agora por que os livros são odiados e temidos? Eles mostram os poros no rosto da vida. Os que vivem no conforto querem apenas rostos com cara de lua de cera, sem poros nem pelos, inexpressivos."

Ray Bradbury – Fahrenheit 451

## RESUMO

A literatura de ficção científica é um gênero que lida com conceitos ficcionais e especulativos, geralmente relacionados a ciência e tecnologia e seus impactos na sociedade, baseando-se em fatos e conceitos científicos reais para compor seu enredo. Na busca por alternativas de um ensino de química mais contextualizado, esse trabalho vem propor a utilização de um conto de ficção científica para melhorar a integração entre o aluno e o conhecimento científico, unindo diferentes áreas do conhecimento: a literatura e a química. Desse modo, procurou-se no conto *Pâté de Foie Gras* do escritor *Isaac Asimov* elementos ficcionais que poderiam ser utilizados para a explicação de conceitos da química. No conto pôde-se perceber que existe a possibilidade de interligar situações descritas no conto com explicações de conteúdos da química, relacionando com alguns livros didáticos utilizados no ensino de química. A complexidade de informações trazidas neste conto, amplia a possibilidade de os alunos entenderem como a ciência funciona e desenvolve no aluno a competência de leitura. A sequência didática proposta, para a aplicação do conto como um recurso para o ensino de química, foi avaliada por alunos do mestrado do programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, a partir do instrumento de coleta de dados que foi o questionário contendo nove itens baseados na escala de Likert e uma questão discursiva. Os resultados foram organizados em gráficos, que trouxe como resposta a excelente aceitação da proposta didática por parte dos participantes, que consideraram a proposta interdisciplinar, inovadora, capaz de desenvolver senso crítico e estimular a competência de leitura, tornando essa sequência didática aplicável ao ensino de química na educação básica.

**Palavras-Chave:** Conto. Ficção Científica. Ensino de Química. Literatura.



## ABSTRACT

Science fiction literature is a genre that deals with fictional and speculative concepts, generally related to science and technology and their impacts on society, relying on real scientific facts and concepts to compose their plot. In the search for alternatives of a more contextualized chemistry teaching, this work proposes the use of a science fiction tale to improve the integration between the student and scientific knowledge, uniting different areas of knowledge: literature and chemistry. Thus, we sought in the story *Pâté de Foie Gras* by writer Isaac Asimov fictional elements that could be used to explain concepts of chemistry. It was possible to realize that there is the possibility of linking situations described in the tale with explanations of chemistry contents, relating to some textbooks used in chemistry teaching. The complexity of the information brought in this tale increases the possibility for students to understand how science works and develops reading skills in the student. The proposed didactic sequence, for the application of the tale as a resource for the teaching of chemistry, was evaluated by students of the Master of Science and Mathematics Education Graduate program, from the data collection instrument that was the questionnaire containing nine items based on the Likert scale and one discursive question. The results were organized in graphs, which brought in response to the excellent acceptance of the didactic proposal by the participants, who considered the interdisciplinary proposal as innovative, capable of developing critical sense and stimulating reading competence, making this didactic sequence applicable to chemistry teaching in basic education.

**Keywords:** Tale. Science fiction. Chemistry teaching. Literature.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Se consideram a progressão dos conteúdos no conto satisfatória .....	34
Figura 2 – Se considera a metodologia proposta está adequada para aplicação. ....	35
Figura 3 – Se a sequência didática permite desenvolver o senso crítico do aluno ...	36
Figura 4 – Se a proposta engloba a interdisciplinaridade.....	36
Figura 5 – Se a proposta é aplicável no ensino de química da educação básica .....	37
Figura 6 – Como os sujeitos avaliam a proposta.....	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASF Astounding Science Fiction

AgCl Cloreto de Prata

AgNO<sub>3</sub> Nitrato de Prata

FC Ficção Científica

HCl Ácido Clorídrico

NaCl Cloreto de Sódio

RPG Role-playing game

SF Science Fiction

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1.1 Objetivo geral</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos</b> .....	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1 Literatura e ensino de ciências</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 O livro paradidático como recurso pedagógico</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3 Literatura de ficção científica e suas possibilidades para o ensino de química na educação básica</b> .....	<b>18</b>
<b>2.4 O gênero literário: Conto</b> .....	<b>20</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 Abordagem metodológica</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 Participantes da pesquisa</b> .....	<b>23</b>
<b>3.3 Motivação para a leitura</b> .....	<b>23</b>
<b>3.4 Proposta didática utilizando o conto <i>Pâté de Foie Gras</i></b> .....	<b>23</b>
<b>3.5 Instrumento de coleta de dados</b> .....	<b>26</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>27</b>
<b>4.1 Análise do Conto <i>Pâté de Foie Gras</i></b> .....	<b>27</b>
<b>4.2 Análise do instrumento aplicado aos professores de química em formação continuada</b> .....	<b>33</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>42</b>
<b>ANEXO A: Conto <i>Pâté de Foie Gras</i></b> .....	<b>46</b>
<b>APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO</b> .....	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A contextualização vem sendo cada vez mais abordado no Ensino de Ciências, pois é necessário integrar a realidade do aluno na aprendizagem, permitindo o aluno articular suas experiências de senso comum com o conhecimento científico.

No ensino tradicional, pode-se perceber a ciência como um conjunto de regras, equações e análises teóricas. Geralmente os professores fundamentam-se com livros didáticos, utilizando este recurso em suas aulas que traz, muitas vezes, o conteúdo de forma compactada e sem relação com a realidade do aluno. Os alunos, por sua vez, não conseguem relacionar tais conhecimentos com os fenômenos que ocorrem na natureza, tendo dificuldade para explicar a ciência de forma prática, assim como também dificuldades na interpretação de enunciados de questões mais contextualizadas que exigem argumentação e resolução a partir de textos discursivos, que revela a dificuldade com a escrita (FERREIRA, 2013).

Poucos são os brasileiros que possuem o hábito de leitura. Durante o ensino básico, por muitas vezes, a prática de leitura se destina apenas a disciplinas voltadas para a área de ciências humanas. As consequências podem ser observadas na qualidade de leitura, o que se percebe nas interpretações inadequadas do que está sendo lido, dificuldades em argumentar, exercer senso crítico e baixo entendimento nos enunciados de questões de provas como o ENEM. Quando se trata da leitura de artigos científicos a dificuldade de compreensão é ainda mais acentuada. É de concordância unânime que a leitura é essencial para o desenvolvimento intelectual nas diferentes áreas do conhecimento, para a ciência não é diferente.

A leitura é essencial para o desenvolvimento intelectual, o mesmo serve para as disciplinas consideradas científicas, uma vez que a leitura contribui para a formação científica e cultural, fazendo com que o leitor possa refletir sobre a relação homem-natureza, percebendo que os fenômenos naturais estão diretamente ligados a ação humana.

As obras literárias podem ser utilizadas no ensino como forma de gerar nos alunos sentimentos e emoções desejáveis, curiosidade científica, como também consciência crítica. Os textos literários aliados à disciplina de Química, permitem aos alunos perceberem de forma prática como a ciência atua em nossas vidas, tornando os conteúdos trabalhados em sala de aula mais fáceis de serem compreendidos pelos mesmos. Ainda não é uma prática comum dos professores das áreas de ciências

exatas utilizarem a literatura como uma ferramenta didática, trabalhando a interdisciplinaridade, estimulando nos alunos a prática da leitura e a sua capacidade interpretativa e crítica (BARROS; SILVEIRA, 2014).

Utilizando-se da literatura de ficção científica, é possível relacionar a linguagem com os conceitos científicos. Muitas vezes os fenômenos apresentados em obras de ficção científica são vistos como fatos impossíveis de ocorrer no mundo real, porém é necessário perceber que o imaginário pode ser utilizado no processo de construção do real, ou seja, do pensamento científico, despertando em quem lê a discussão sobre a possibilidade da ocorrência ou não de tal objeto ficcional e também pode aproximar situações da aplicação da ciência e a compreensão de como a tecnologia está inserida em nossa sociedade aproximando as pessoas que se encontram distante dessa realidade de avanço científico (MALUF; SOUZA, 2008).

Há uma necessidade de se desenvolver metodologias para a formação crítica através do incentivo da leitura, aprimorando a habilidade para a compreensão e interpretação da leitura. Como também, existe a necessidade de inserir questões humanísticas nas aulas das disciplinas da área de ciências exatas, facilitando a aprendizagem de conceitos científicos ao apresentar a ciência da forma como ela está disposta na nossa vida. A leitura também pode servir para estimular a curiosidade e a busca por mais conhecimento, devido a necessidade de se compreender os fenômenos envolvidos no que se está sendo lido.

A Ficção Científica, que é disseminada através da literatura, filmes, seriados e animações, pode tornar-se o elo de ligação entre literatura e ciência, unificando essas duas áreas do conhecimento que são vistas como distintas e até mesmo antagônicas. A literatura de ficção científica contextualiza muitos conceitos abordados pela ciência, utilizando um enredo que inclui mistério, aventura, drama, sátira e podendo ser também cômico, sendo assim uma maneira de atrair o aluno e produzir reflexões que podem auxiliar na construção do seu conhecimento e na sua capacidade de argumentação e entendimento sobre a ciência.

Dessa forma, pretende-se promover a interação entre literatura e ensino de química despertando uma participação mais ativa e crítica dos alunos na discussão do conhecimento científico, permitindo uma capacidade reflexiva e interpretativa do gênero textual literário ficção científica.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Elaborar uma sequência didática utilizando o conto de ficção científica *Pâté de Foie Gras* do escritor *Isaac Asimov* como recurso pedagógico para o ensino de química na educação básica, que será avaliada por professores de química em formação continuada.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Estimular a leitura de obras de ficção científica;

Promover o exercício da leitura e escrita de conceitos científicos;

Relacionar os fenômenos apresentados no conto com os conhecimentos científicos de química;

Avaliar com os professores em formação a metodologia e recursos utilizados na sequência didática através do instrumento de coleta de dados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Literatura e ensino de ciências

As ciências estão presentes perceptível ou imperceptivelmente em nosso cotidiano. Fazem-se presentes no que somos, fazemos ou pensamos fazer, no ato de pensar, de ler e escrever, na história vivida, no passado saudado e no futuro possível. A ciência é parte do homem assim como o homem faz parte da ciência, porém sua compreensão requer-se uma vida para conhecer uma pequena parcela, que ainda assim nunca se completará. O conhecimento e sua história, com benefícios e prejuízos, fazem parte da humanidade que se mantém em existência pela transmissão falada, escrita, gravada, filmada e conectada as novas e futuras gerações. Sendo assim a educação, um direito do ser humano (MARTINS, 2017).

A sociedade está imersa em um processo constante de inovações e transformações tecnológicas, pois o desenvolvimento das Ciências tem ocorrido de forma acelerada. No entanto, buscam-se, lentamente, avanços na forma de como e o que ensinar em ciências. Nesse cenário, aprender significativamente passa a ser uma necessidade, isso ocorre quando o docente cria possibilidades na qual o discente compreenda o que foi exposto dando sentido a ideia que foi apresentada ao invés de absorver o que foi transmitido pelo docente (SANTOS *et al.*, 2016). Para Freire (1996) “Ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar as possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (FREIRE, 1996, p.21).

Áreas distintas do conhecimento, como a ciência e a literatura, podem se relacionar harmoniosamente, tanto dentro como fora do ambiente escolar, propiciando às pessoas uma compreensão mais completa e efetiva do mundo. Sob o ponto de vista pedagógico, sabe-se da importância da divulgação científica, pois a ciência se faz onipresente na vida humana. Sua compreensão é essencial e de grande interesse para a humanidade, seja qual for o momento histórico, econômico, político e social. Se toda forma de leitura deve ser estimulada, permitindo a construção de sentidos pelos leitores, a importância da leitura científica deve ser enfatizada, pois assume-se a necessidade da compreensão efetiva da ciência, sem a qual o grau de alienação das pessoas tende a crescer, rodeados que estamos por seus produtos (FERREIRA, 2011).

De acordo com a proposta curricular do Estado de São Paulo:



A ficção científica estimula a imaginação do adolescente, instigando a busca pelo novo, pelo virtual e pelo extraordinário. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do Ensino Médio, não venham a ter qualquer contato com práticas científicas, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender o mundo em que vivem e participar dele, enquanto os que se dirigirem para as carreiras científico-tecnológicas terão as bases do pensamento científico para a continuidade de seus estudos e para os afazeres da vida profissional ou universitária. (SÃO PAULO, 2008, p. 42)

Utilizar a literatura no ensino das Ciências da Natureza quebra um paradigma estrutural, por romper com um formato exclusivamente tecnicista, e permitir o posicionamento reflexivo sobre a ciência seus meios e métodos por parte dos estudantes. Porém, no ensino de química há uma maior dificuldade de leitura, uma vez que a compreensão de enunciados depende de mais uma linguagem, causando dificuldades de interpretação de enunciados e leis, reduzindo-se a aplicações de equações e resoluções de problemas, mas pouca explicação sobre o que se está sendo estudado (FERREIRA, 2011). Piassi e Pietrocola (2007a) destacam a rara valorização da leitura e escrita no ensino de ciências, em detrimento da importância que as competências relacionadas a estas habilidades têm para um aprendizado sólido em qualquer disciplina escolar.

Nota-se que a junção da literatura e da ciência pode ser uma ótima alternativa para incorporar conceitos químicos entrelaçados a temáticas sociais, por meio da relação entre a cultura e a ciência, contribuindo para que os professores despertem no estudante o desejo de buscar o conhecimento a partir das mais variadas relações possíveis que a literatura e a ciência juntas podem oferecer. Desta forma, o conto pode inserir o aluno num contexto social, por meio da ficção, permitindo que o imaginário construa imagens da ciência como produto das ideias e das ações do homem (SILVEIRA, 2013). Nesse sentido, Zanetic (2006, p.47) lembra que “todo professor, independente da disciplina que ensina, é professor de literatura”.

A ficção científica tem se estabelecido como uma narrativa literária largamente utilizada como recurso didático para a problematização tanto em ciências, dando foco em conteúdo específicos, quanto sobre as ciências, enfatizando seus processos de construção. Operando o diálogo entre as culturas científica e literária. A literatura de ficção científica pode alimentar discussões que tomam as ciências como uma atividade viva e instigante despertando o interesse e a curiosidade dos estudantes (LARRYS; SEVERO, 2017).

## 2.2 O livro paradidático como recurso pedagógico

O livro didático pode ser entendido como precioso recurso para o professor, sendo o principal a ser utilizado. Muitas vezes os professores planejam suas aulas conforme o livro didático que habitualmente usam. Por outro lado, críticas podem ser feitas ao livro. Dentre elas, a principal aponta para a excessiva padronização, em grande parte dos livros, dos conteúdos, das ideias não declaradas, dos exemplos e das situações previstas. Nem sempre o livro se adapta às diferentes realidades dos diversos ambientes escolares e de seus alunos. Apesar das falhas que apresenta, o livro didático, no entender de muitos professores, cumpre em parte o papel de recurso a que se propõe: sistematizar conhecimentos (FRACALANZA *et al.* 1987). Muitos professores acabam se tornando reféns do livro didático limitando o planejamento de suas aulas conforme Fracalanza *et al.* (1987):

O livro didático, que muito eficazmente padronizou propostas curriculares de ciências, acabou por subjugar o ensino de ciências, tornando-se seu orientador exclusivo, e transformou-se de auxiliar didático em ditador de planejamento. (FRACALANZA *et al.*, 1987, p. 20).

O livro didático precisa ter seu papel redimensionado, diminuindo-se sua importância relativamente a outros instrumentos didáticos, como os textos paradidáticos, não-didáticos, jornais, revistas, redes informacionais, etc. A articulação de todos esses recursos, tendo em vista as metas projetadas para as circunstâncias concretas vivenciadas por seus alunos, é uma tarefa da qual o professor jamais poderá abdicar e sem a qual seu ofício perde muito de seu fascínio. É importante registrar que, ao pretender a diminuição da importância relativa do livro, situamo-nos bem distantes daqueles que, algumas vezes, pretendem sua simples eliminação. O livro mais precário é melhor do que nenhum livro, enquanto o mais sofisticado dos livros pode tornar-se pernicioso, se utilizado de modo catequético (MACHADO, 1996).

Segundo Assis e Carvalho (2008), um paradidático é um livro que possui uma estrutura não linear, uma vez que articula vários conteúdos, viabilizando assim que esses sejam trabalhados de forma desfragmentada, promovendo ainda a articulação de conteúdos de várias disciplinas. Em seus estudos, Beneti (2008) define o paradidático como um livro para ser usado paralelamente ao livro didático, sem compromisso com a formalidade científica, tendo como objetivo trazer informações da ciência de forma mais descontraída e informal. Para Toni e Ficagna (2005), o livro

paradidático é um recurso no qual encontramos temas com abordagens contextualizadas que motivam o aluno. Os livros paradidáticos utilizam uma linguagem mais simples e presente no cotidiano dos alunos (MUNAYER, 2018).

Ao utilizar livros paradidáticos é aberta a possibilidade de os alunos desenvolverem o senso crítico, através da ampliação de sua visão de mundo. Sobre isso, Farias (2006) afirma:

As histórias são importantes porque ensinam; educam; ampliam o conhecimento; provocam reflexões pessoais e coletivas; despertam sentimentos adormecidos; comovem; propiciam momentos de ludicidade; alimentam a cognição, o espírito e a alma; transmitem valores; recriam a memória; ativam a imaginação; aliviam as dores do coração, auxiliando na transformação pessoal e na cura dos ferimentos psíquicos; mantêm viva a tradição e expandem a linguagem, enriquecendo o vocabulário. Elas permitem, ainda, extrapolar os limites da compreensão lógica sobre o mundo, rompendo, assim, com o nosso modelo de educação escolar. (FARIAS, 2006, p.30).

A pedagoga espanhola Solé (1998) classifica a aprendizagem da leitura em três fases: a pré-leitura, a leitura e a pós leitura. No entanto, a pré-leitura deve se atentar para seis pontos: (1) a concepção que o professor tem sobre a leitura; (2) motivação para leitura; (3) objetivos da leitura, determinando a forma com que o leitor se situará frente ao texto e controlará a consecução do seu objetivo; (4) revisão e atualização do conhecimento prévio, ou seja, o que o leitor sabe sobre o texto; (5) estabelecimento de previsões sobre o texto baseadas nos aspectos do texto, ou seja, títulos, ilustrações, cabeçalhos, etc.; e (6) formulação de perguntas sobre o texto, que manterão os alunos absortos na leitura, contribuindo para melhorar a compreensão.

De acordo com o professor Daniel Cassany (2008) as atividades prévias à leitura têm muita importância porque preparam o aluno para ler. Ele defende a presença de alguns pontos pré-leitura como um objetivo pedagógico, uma motivação para ler e a presença de um conhecimento prévio e faz a seguinte observação:

Nunca conhecemos todas as palavras de um texto; sempre há vocábulos novos cujo significado deduzimos do contexto. Não temos dificuldade quando encontramos uma ou duas palavras desconhecidas, mas a leitura se complica quando tropeçamos em vários termos técnicos que ignoramos (CASSANY, 2008, p. 48).

### 2.3 Literatura de ficção científica e suas possibilidades para o ensino de química na educação básica

Atualmente a ficção científica pode ser encontrada em quadrinhos, videogames, filmes e RPG, mas foi na narrativa literária que esse gênero surgiu. A ficção científica herdou das narrativas de viagens e das fábulas a tarefa de contar histórias sobre seres maravilhosos ou extraordinários, fascinando assim seus leitores. Esse gênero é produto da Idade Moderna, e possui um teor ficcional, mas se compromete a produzir efeitos de realidade (OLIVEIRA, 2004).

Por muitos considerada um marco, *Frankenstein*, de Mary Shelley, publicada em 1816, talvez seja a primeira obra a captar com indiscutível clareza a preocupação com os caminhos trilhados pelo progresso científico, sinal de que a ciência e suas consequências, tanto as desejáveis quanto as nem tanto, estavam ingressando na pauta das indagações fundamentais sobre a vida. A associação da ciência com o mito de Prometeu, explícita no título do romance de Shelley, foi reencenada inúmeras vezes, dos mais variados ângulos na ficção do século XX, sobretudo após o advento da bomba atômica com sua aterradora realidade concretizada em Hiroshima e Nagasaki e suas não menos assustadoras possibilidades imagináveis (PIASSI, 2007b).

Mas foi em julho de 1929 que o termo "Ficção Científica" (*Science Fiction*) surgiu, difundido pelo editor norte-americano Hugo Gernsback quando criou a revista *Science Wonder Stories*. Antes, Gernsback chamou o gênero de *Scientifiction*, para designar o material empregado em uma revista anteriormente criada por ele, intitulada *Amazing Stories* – primeira revista especializada em FC. Gernsback a definiu esse termo do seguinte modo: "Por *Scientifiction* quero dizer o tipo de história escrita por *Jules Verne*, *H. G. Wells* e *Edgar Allan Poe* – um encantador romance entremeado de fato científico e visão profética". Pode-se assim perceber que este gênero começa a se estabelecer a partir do escritor francês Jules Verne, que escreveu um número imenso de obras como *20.000 Léguas Submarinas* e *Viagem ao Centro da Terra*, e do inglês Herbert George Wells, que escreveu histórias como *O Homem Invisível*, *A Guerra dos Mundos* e *A Máquina do Tempo* (CAUSO, 2003, p. 51-52).

Dessa origem literária, a ficção científica se espalhou por diversos meios dando origem a filmes de cinema, produções televisivas, histórias em quadrinhos, desenhos animados e, mais recentemente, jogos de interpretação de papéis (RPG) e

jogos de computador. A indústria cinematográfica e televisiva norte americana popularizou o gênero mundialmente através de séries como Jornada nas Estrelas (*Star Trek*) e filmes de enorme sucesso como Guerra nas Estrelas (*Star Wars*) e Matrix (*The Matrix*), entre inúmeros outros (PIASSI, 2007).

O Ph.D em química Isaac Asimov, um dos maiores escritores de ficção científica que tem como principais obras a Trilogia Fundação e Eu, Robô, surge nesse período de ascensão da Ficção Científica como um grande divulgador desse gênero, trazendo algumas obras com contos voltados para a disseminação do conhecimento científico. Em suas coletâneas de contos, ele estimula a investigação mais aprofundada dos conceitos científicos através de comentário escritos ao final de cada conto, apontado a sua validade ou, algumas vezes, explicando os erros cometidos, adicionando também uma série de sugestões e perguntas destinada a conduzir a curiosidade do leitor em direções possivelmente proveitosas, formulando, inclusive, perguntas cuja respostas ainda não são conhecidas, tornando-se assim um pioneiro na utilização de contos de ficção científica para o ensino de conceitos científicos (ASIMOV, 1979).

Isaac Asimov, elaborou uma coletânea de contos intitulado *Para onde vamos?*, nessa coletânea ele reúne contos destinados para estudantes serem inspirados a ter curiosidade e indagar sobre a ciência, ele considera a ficção científica como um instrumento em potencial, inspirador e útil para o ensino.

Em muitas histórias de ficção científica um princípio científico é deliberadamente distorcido, com a finalidade de tornar possível um determinado enredo. É uma realização que pode ser conseguida com perícia por um autor versado em ciência ou de modo canhestro por um outro menos versado na matéria. Em ambos os casos, mesmo no último, a história pode ser útil. Uma lei da natureza que é ignorada ou distorcida, pode suscitar mais interesse, algumas vezes, do que uma lei da natureza que é explicada. São possíveis os eventos apresentados na história? Se não o são, porque não? E ao tentar responder a tal pergunta o estudante pode algumas vezes aprender mais a respeito de ciência, do que com uma série de demonstrações corretas feitas em sala de estudo (ASIMOV, 1979, p. 5).

Piassi (2007b), relata que obras de ficção científica não só constitui uma leitura agradável e interessante, como também aborda questões como o papel da ciência na sociedade, possibilidades futuras, a realidade da física e da química, ou seja, temas gerais e filosóficos que pode se adequar à faixa etária dos adolescentes do ensino médio. Além disso, muitas histórias incorporam uma intensa discussão e análise de fenômenos físicos e químicos, realizada quase sempre de forma tecnicamente

competente sem perder o fio de uma leitura agradável. Quem assiste ou lê ficção científica, parece ser movido e motivado por questões científicas fundamentais que dizem respeito à nossa vida e que parecem ficar sempre de fora das aulas de ciência na escola.

## 2.4 O gênero literário: Conto

Define-se por conto o gênero literário que se caracteriza por uma curta história de ficção narrada em verso ou prosa com poucas personagens e com enredo, tempo e espaço reduzidos. Semelhante a um romance, exceto pela presença de um único momento de intriga e tensão. Um único clímax (BERNARDI, 1999). O conto pode apresentar a estrutura de uma situação inicial – ponto de equilíbrio na narrativa – seguida de um conflito, onde se revelam os motivos que desencadeiam a ação até o clímax que, por sua vez, representa o momento de maior tensão da narrativa. Por fim, o desfecho, que traz a resolução do conflito (BORGATTO; BERTIN; MARCHEZI, 2012).

Segundo Grillo (2004), o uso de discurso direto, indireto e indireto livre durante a narrativa do conto deve atender à valorização dos fatos e ações. Acreditamos que o conto deve preferencialmente apresentar a narrativa sob o discurso direto, pois este

busca conservar a integridade e a autenticidade do discurso do outro, por meio do desenvolvimento de estruturas sintáticas que delimitam fronteiras nítidas para o discurso citado, [enquanto o discurso indireto] procura dissolver as fronteiras entre contexto narrativo e o discurso citado, infiltrando a apreciação crítica do narrador (GRILLO, 2004, p. 114).

A teoria de Poe sobre o conto recai no princípio de uma relação: entre a extensão do conto e a reação que ele consegue provocar no leitor ou o efeito que a leitura lhe causa. O contista norte-americano parte do pressuposto de que “em quase todas as classes de composição, a unidade de efeito ou impressão é um ponto da maior importância”. A composição literária causa, um efeito, um estado de “excitação” ou de “exaltação da alma”. E como “todas as excitações intensas”, elas “são necessariamente transitórias”. Logo, é preciso dosar a obra, de forma a permitir sustentar esta excitação durante um determinado tempo. Se o texto for longo demais ou breve demais, esta excitação ou efeito ficará diluído. Torna-se imprescindível,

então, a leitura de uma só assentada, para se conseguir esta unidade de efeito (GOTLIB, 1999).

De acordo com Piassi (2015), o discurso ficcional pode ser considerado uma forma eficaz de apresentar ideias e situações em função de seus mecanismos próprios.

Nas palavras de Piassi,

O conto de ficção científica em geral é uma narrativa curta com uma ideia central forte e bem definida. Normalmente não há grandes digressões e toda a ação caminha para a solução final que a ideia central encerra, muitas vezes com o efeito de surpresa e também frequentemente apresentando uma dimensão polêmica (PIASSI, 2007b, p.407).

Para Júlio Cortázar (1974) o conto é uma máquina literária de criar interesse. Neste sentido, Martin-Diaz et al (1992) dizem:

Acreditamos fortemente que a ficção científica pode ser uma ferramenta muito útil para nos ajudar a atingir alguns objetivos na educação científica como aumentar a motivação e o interesse dos estudantes, desenvolver atitudes positivas em relação à ciência, promover a criatividade dos estudantes e uma mudança crítica de mentalidade, etc. (MARTIN-DIAZ et al. 1992, p.22).

Além disso, o conto é focado, rápido, e por ser um gênero escrito desenvolve a habilidade de leitura dos alunos. Os alunos se envolvem na narrativa e se identificam com os personagens, passando a viver o jogo ficcional e se projetando na trama do conto. A história consegue criar expectativa e interesse dos leitores e, assim, pode ser encarada como uma “mediadora” no processo de aprendizagem, já que, quando o conteúdo é prazeroso e faz sentido, levando o aluno a se aproximar do assunto (MUNAYER, 2018).

### 3 METODOLOGIA

Este trabalho tem a finalidade de elaborar uma proposta didática aplicável ao 3º ano do Ensino Médio, utilizando como recurso didático o conto de Ficção Científica: *Pâté de Foie Gras* escrito pelo americano *Isaac Asimov*. A sequência didática foi apresentada para professores de química da educação básica de uma turma de mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, que avaliaram a aplicabilidade da proposta através de um questionário com nove itens que compõem uma escala com cinco níveis de avaliação.

#### 3.1 Abordagem metodológica

Foi realizada uma pesquisa qualitativa de natureza exploratória, através de um estudo de caso, que têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores (GIL, 2017).

Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis (GIL, 2017, p. 27).

Em pesquisas definidas como estudos de campo, estudos de caso, pesquisa-ação ou pesquisa participante, os procedimentos analíticos são principalmente de natureza qualitativa.

A pesquisa qualitativa não se preocupa com representatividade numérica, mas, sim, com o aprofundamento da compreensão de um grupo social, de uma organização, etc. Os pesquisadores que adotam a abordagem qualitativa opõem-se ao pressuposto que defende um modelo único de pesquisa para todas as ciências, já que as ciências sociais têm sua especificidade, o que pressupõe uma metodologia própria. Assim, os pesquisadores qualitativos recusam o modelo positivista aplicado ao estudo da vida social, uma vez que o pesquisador não pode fazer julgamentos nem permitir que seus preconceitos e crenças contaminem a pesquisa (GOLDENBERG, 1997, p. 34).



### 3.2 Participantes da pesquisa

A pesquisa foi realizada com sete participantes, professores em formação continuada da turma de mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, campus Campina Grande.

### 3.3 Motivação para a leitura

A seguir será apresentado os procedimentos metodológicos pelos quais a proposta didática será conduzida. O presente trabalho tem como finalidade ser aplicado em uma turma de química do 3º ano do Ensino Médio.

Foi elaborada uma sequência didática, utilizando o conto *Pâté de Foie Gras* como um recurso pedagógico para o ensino de química na educação básica, discutindo a relação entre a obra de Isaac Asimov e o ensino de Química, analisando com base em alguns conceitos da teoria de Solé (1998).

Uma das primeiras perguntas a ser feita nesse trabalho é: Como trabalhar a leitura na sala de aula? Como já foi discutido, a leitura é uma ferramenta importante para se adquirir conhecimento em qualquer área do saber. E mesmo com todas as dificuldades imposta pelos alunos, existem algumas práticas que auxiliam o trabalho de leitura no ensino.

### 3.4 Proposta didática utilizando o conto *Pâté de Foie Gras*

A obra trabalhada no presente projeto, *Pâté de Foie Gras* de Isaac Asimov (1979), tem como principal objetivo discutir conceitos a respeito de reações químicas e reações nucleares. O procedimento utilizando para a aplicação da obra é descrito a seguir, e logo após será discutido com mais detalhes:

1. Leitura do conto em casa pelos alunos;
2. Alunos destacam as principais dúvidas presentes no texto;
3. Alunos identificam trechos onde conteúdos de química são necessários para o entendimento;
4. O professor promove a releitura em sala de aula motivando os alunos a pesquisarem as respostas de suas dúvidas;
5. As respostas são discutidas em sala de aula;
7. O professor faz revisão dos conteúdos de químicas presentes no conto;
8. Os alunos respondem questões conceituais;

9. O professor discute as questões;
10. Produção de texto dissertativo argumentativo.

Com a finalidade de despertar a curiosidade quanto a história contada no conto, primeiramente será feita uma apresentação prévia do conto, apresentando algumas ideias e concepções próprias sobre o texto, a título de introdução, com uma pequena sinopse e curiosidades sobre como o conto foi produzido por Asimov, dessa forma o aluno terá a curiosidade sobre o desenvolvimento da história.

Como o conto pode ser um pouco longo para ser lido em sala, será sugerido que os alunos façam a leitura do texto em casa, sempre destacando palavras e termos que não foram entendidos ou situações que não puderam ser compreendidos com os conhecimentos prévios que o aluno tem. Os alunos deverão fazer uma lista de dúvidas a respeito dos conceitos abordados no texto.

Será sugerido aos alunos que eles destaquem trechos do conto na qual conteúdos de química estão presentes, se fazendo necessário o entendimento desses conceitos para a melhor compreensão do conto.

Tendo lido o conto, o professor fará uma nova explanação em sala de aula, relembando trechos mais importantes. Os alunos deverão apresentar as principais dúvidas que dificultaram o entendimento da história. O professor deve incentivar para que os alunos busquem a respostas de suas principais dúvidas através da pesquisa, para que eles sejam capazes de responder conceitos como: isótopos estáveis e radioativos, reações químicas e reações nucleares.

O professor deverá apresentar os trechos do conto aos alunos, em que conteúdos de química estão presentes, seguido de sua explicação com os conceitos químicos e incentivando que os alunos participem através das respostas encontradas por eles na pesquisa, desse modo uma revisão geral de diversos conteúdos de química será realizada, de modo que os alunos possam entender de que modo tais informações estão inseridas no contexto do conto.

No conto *Pâté de Foie Gras*, o ganso não consegue chocar seus ovos devido a contaminação de uma alta concentração do íon cloraurato. Como o ganso consegue através de suas enzimas converter isótopos instáveis num isótopo estável, os cientistas ficam interessados em utilizar esse mecanismo para a remoção de resíduos radioativos, e com isso se faz necessário descobrir uma forma de reproduzir o ganso. Como eles não conseguem encontrar uma solução para o caso, o autor lança uma pergunta para que o leitor possa encontrar uma forma de solucionar esse problema.

É importante que o professor incentive os alunos a propor soluções para essa questão deixada ao final do conto. Neste momento o professor deve discutir em sala de aula as respostas das dúvidas que os alunos tiveram na leitura do texto, assim como promover a discussão de como seria possível replicar o mecanismo existente no ganso. A internet neste momento se torna uma grande aliada para que os alunos busquem soluções e ampliem seus conhecimentos a respeito dos conceitos tratados.

A partir de tudo que foi aprendido até aqui, os alunos deverão ser capazes de responder algumas perguntas como:

1. Como se diferem as reações nucleares das reações químicas comuns?
2. Quais argumentos podem ser apresentados contra (ou a favor) da possibilidade das reações nucleares em tecido vivo?
3. Irradiações violetas podem realmente provocar reações nucleares em tecido vivo (com quais efeitos)?
4. Por qual motivo o ouro é inerte ao ácido nítrico concentrado?
5. Quando o ovo foi submetido ao aquecimento, a porção da gema cozinhou quase que imediatamente, por que isso acontece?
6. O que são isótopos estáveis e isótopos radioativos?
7. Você tem alguma sugestão que possa ajudar a responder ao problema levantado no final do conto?

As respostas dessas questões devem ser trabalhadas em sala de aula, promovendo uma discussão a respeito para que haja uma troca de informações e conhecimentos por parte dos alunos. Cada aluno deverá relatar aos demais algumas de suas conclusões, se houver divergências, deve-se estabelecer a discussão para propor a melhor resposta. O professor será assim o mediador do debate, esclarecendo os conceitos, deixando também claro que a história se baseia em uma ficção através de hipóteses, não havendo indícios de que possa ser aplicada na realidade.

Como atividade avaliativa desta prática, será pedido para que os alunos escrevam um texto dissertativo argumentativo, dando sua opinião a respeito de como o problema proposto pelo escritor ao final do conto pode ser solucionado. Os alunos deverão acrescentar suas concepções e as discussões que foram feitas na sala de aula, para ajudá-lo na formulação das ideias.

### 3.5 Instrumento de coleta de dados

A proposta didática foi apresentada para a turma de mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, com a finalidade dos alunos participantes avaliarem a proposta através de um questionário, que se encontra nos apêndices, que visa determinar a aplicabilidade desta proposta no ensino de química na educação básica.

O questionário apresenta nove itens de múltipla escolha, desenvolvidos a partir da Escala de Likert. Trata-se de um instrumento de coleta de dados que se caracteriza por apresentar uma escala de cinco itens, das quais os sujeitos participantes da pesquisa, optam por uma resposta. Os itens que compõem esta escala são: péssimo, ruim, regular, bom e excelente (AMARO *et al.*, 2005).

Segundo Gil (1999), os questionários podem ser definidos como uma técnica de investigação composta por um número elevado de questões apresentadas por escrito às pessoas, que tem como objetivo o conhecimento de opiniões, crenças, sentimentos, interesses, expectativas situações vivenciadas, etc.

Os resultados dos questionários foram sistematizados representados em gráficos no Excel (2016) em seguida foram analisados e discutidos a luz dos referenciais teóricos da área deste objeto de estudo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Análise do Conto *Pâté de Foie Gras*

A análise do conto *Pâté de Foie Gras* foi realizada de modo a relacionar os trechos selecionados com os conteúdos de química no qual se enquadram. Baseado na teoria de Bakhtin (1997), pode-se dizer que o autor Isaac Asimov utiliza em suas narrativas uma linguagem bilateral, em que o discurso científico se entrelaça com o literário. É possível perceber no conto expressões que caracterizam situações fantasiosas que compõe a ficção-científica, porém todas essas situações são explicadas com base em conceitos químicos, físicos e biológicos reais que podem ser utilizados como recursos para a explicação de tais fenômenos, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem.

O primeiro contato com a química no conto *Pâté de Foie Gras* acontece quando o funcionário do departamento de agricultura apresenta o ovo de ganso contendo ouro para o seu chefe Louis, e ele descreve as primeiras experiências para atestar a veracidade do ovo de ouro:

[...] É um metal amarelo e podia ser latão; só que não, não é, porque é inerte ao ácido nítrico concentrado. Já fiz esta experiência. Há apenas uma casca de ouro, porque ela pode ser entortada com alguma pressão. [...] Foi fácil examinar um pedaço da casca. Carbonato de cálcio. (ASIMOV, 1979, p. 286).

No fragmento tem-se um exemplo de uma reação entre um metal e um ácido concentrado, é dada a informação sobre o caráter inerte do ouro que é tão nobre que não reage mesmo com agentes oxidantes fortes, como o ácido nítrico. Com esse trecho é possível colocar em prática os conhecimentos a respeito da reatividade dos metais, sabendo-se que alguns metais tem mais facilidade de reagir do que outros, na fila de reatividade o ouro se encontra como o menos reativo, sendo considerado um metal nobre. No livro de PERUZZO e CANTO (2006a), temos a comparação sobre o que acontece ao reagirmos Zn e Fe com HCl, que tem como produto da reação  $H_2$ , e a reação entre Cu e Au com o mesmo ácido, mostrando que não ocorre nenhuma reação devido ao caráter mais inerte desses metais.

Para determinar se havia alguma alteração na composição do ovo, foram realizadas análises de caracterização de seus componentes orgânicos, que apresentou composição orgânica normal aos demais ovos, isto é apresentado no seguinte trecho:

[...] As alíquotas foram analisadas e os componentes orgânicos eram razoavelmente normais. A clara tinha 9,7% de albumina. A gema tinha o complemento normal de vitelina, colesterol, fosfatídeo e carotenoide. Tiramos material suficiente para analisar os componentes de traço, mas mais tarde, com mais ovos à nossa disposição, fizemos a análise e nada incomum foi apresentado com relação ao teor de vitaminas, co-enzimas, nucleotídeos, grupos sulfídricos, etc, etc. (ASIMOV, 1979, p. 287).

A composição química dos alimentos compõe uma importante área da química orgânica, que é vista como uma introdução à bioquímica no ensino médio. O trecho destacado é um ótimo exemplo da aplicação das análises de componentes orgânicos em alimentos. O conhecimento no assunto de Lipídios, e suas diferentes classes como: os cerídeos, os glicerídeos e os esteroides, torna-se necessário para a compreensão desse trecho do conto. No livro didático de MORTIMER e MACHADO (2013c), o capítulo 2 tem como título Alimentos e nutrição: Química para cuidar da saúde, no qual se observa diversos conteúdos ligados a química dos alimentos interligando a química a diversas áreas como biologia, fisiologia e a anatomia. Esse capítulo está diretamente relacionado com o trecho do conto em destaque.

No trecho seguinte se percebeu que algo estava errado com o ovo quando o mesmo foi submetido ao aquecimento:

[...] Uma importante e flagrante anormalidade apresentada foi o comportamento do ovo no aquecimento. Uma pequena porção da gema, aquecida, “cozinhou” quase que imediatamente. Demos uma porção do ovo cozido para um rato comer. Ele sobreviveu. (ASIMOV, 1979, p. 287).

Nessa passagem do conto podemos perceber que a condutividade térmica para cada componente químico é diferente, graças a presença de íons metálicos do ouro na composição da gema do ovo, o mesmo teve um cozimento mais rápido do que o normal. Esse trecho poderia ser explicado pelos alunos através do conceito de transferência de calor por condução, sabendo-se que o ouro possui uma alta condutividade térmica. No livro de FONSECA (2013a), é apresentado uma tabela contendo alguns materiais e elementos químicos com suas respectivas condutividades térmicas, fazendo uma comparação e exemplificado como se dá o comportamento da transferência de calor devido a essa diferença na condutividade térmica.

A partir do trecho a seguir, é apresentado uma técnica de caracterização analítica instrumental, a análise espectrográfica:

[...] A análise espectrográfica final do ouro da casca chegou. Virtualmente pura. A única impureza detectável foi o ferro, que somava 0,23 por cento do total. O teor de ferro da gema do ovo também tinha sido o dobro do normal. (ASIMOV, 1979, p. 287-288).

Sabe-se que vários materiais podem emitir luz quando recebem energia. O que caracteriza a cor que observamos em uma substância é sua propriedade de adsorver certos comprimentos de onda e refletir outros. O Espectrógrafo é um aparelho capaz de identificar exatamente o tipo de luz emitida ou absorvida por determinado elemento ou substâncias (FONSECA, 2013a). O trecho destacado foi extraído do livro para ensino médio Química vol. 1 e nos apresenta a aplicação do espectrógrafo na identificação de elementos químicos em amostras, que pode ser utilizado para a explicação do funcionamento deste equipamento.

No seguinte trecho, é apresentado uma conclusão do relatório escrito por Finley que explica como o ouro metálico é obtido na casca do ovo e o porquê de existir íon clorurato dentro da gema do ovo:

[...] O íon clorurato é segregado pelo fígado dentro do fluxo sanguíneo. Os ovários funcionam como um alçapão para o íon, que é lá reduzido a ouro metálico, e depositado em forma de casca no ovo em desenvolvimento. Concentrações relativamente altas de íon clorurato não reduzido penetram na área do ovo em desenvolvimento. (ASIMOV, 1979, p. 289).

O trecho acima trata de reações de redução, na qual um íon metálico recebe elétron suficiente para ser convertido na sua forma metálica, testando o conhecimento de quem ler o conto sobre o assunto de oxidação-redução. FONSECA (2013b) trata sobre esse conteúdo em seu livro didático para o ensino médio, conceituando oxidação e redução e apresentando alguns exemplos de reações químicas que englobam esses conceitos, neste livro ele utiliza o funcionamento das pilhas como exemplo de aplicação prática desse conceito.

A equipe de pesquisa fez uma biópsia do fígado d'O Ganso e realizaram novos testes no sangue para obter informação sobre a composição química da hemoglobina do sangue, o resultado é apresentado no seguinte trecho do conto:

[...] Separamos o heme e em solução ácida, um pouco dele se precipitou na forma de uma substância laranja brilhante. [...] O composto laranja era similar ao heme, mas não era heme. O ferro no heme pode estar na forma de um íon ferroso duplamente carregado ( $\text{Fe}^{2+}$ ), ou íon férrico triplamente carregado ( $\text{Fe}^{3+}$ ), neste último, o composto é chamado hematina. O composto laranja

que tínhamos separado do heme tinha a porção de porfirina da molécula certa, mas o metal no centro era ouro, para ser específico, um íon áurico triplamente carregado ( $\text{Au}^{+++}$ ). (ASIMOV, 1979, p. 291).

Na primeira frase do trecho selecionado, lemos sobre a ocorrência de uma reação de precipitação, que é a formação de um sólido insolúvel como produto de uma reação. No capítulo 3 do livro de PERUZZO e CANTO (2006a), o conceito de reações de dupla troca com precipitação é exemplificado através da reação entre  $\text{AgNO}_3$  e  $\text{NaCl}$  formando com precipitado o composto  $\text{AgCl}$ , este conteúdo está relacionando com o trecho em destaque do conto.

Em seguinte, o trecho fala dos diferentes Nox que o ferro e o ouro podem ter, nesse momento é possível fazer um resgate do conceito do Nox de um elemento, que é a carga elétrica real que o elemento adquire quando faz uma ligação iônica ou o caráter parcial ( $\delta$ ) que ele adquire quando faz uma ligação predominantemente covalente (FONSECA, 2013a).

A equipe chega à conclusão de que provavelmente uma reação nuclear esteja acontecendo:

[...] O Ganso não substitua o ferro pelo ouro. Talvez ele *transforme* o ferro em ouro. [...] Para converter um grama de ferro num grama de ouro, gasta-se exatamente tanta energia quanto é produzida pela fissão de um grama de U-235. (ASIMOV, 1979, p. 292).

Mudanças no núcleo dos átomos podem levar à transformação dos átomos em outro elemento e resultar na liberação de energia. Quando estudamos as reações químicas, consideramos o núcleo atômico como imutável. Os núcleos, porém, também podem se modificar, e a química nuclear explora as consequências químicas dessas alterações. Um tipo de modificação é a fissão nuclear, isto é, a fragmentação de núcleos maiores em núcleos menores. Outro tipo de modificação é a fusão nuclear, a junção de núcleos menores para formar núcleos maiores (ATKINS, JONES, 2012). O trecho em destaque se refere ao acontecimento de uma fusão nuclear, que no momento ainda não se sabe exatamente como explicar a sua ocorrência. O conceito de transmutação nuclear pode ser encontrado no livro didático de PERUZZO e CANTO (2006b), que é a transformação de um nuclídeo em outro, provocada pelo bombardeamento com a partícula, pode-se perceber a partir disto, que o conteúdo trazido nesse trecho do conto, tem seu conceito trabalhado no ensino médio.



O funcionário do departamento de agricultura explica para o leitor do relatório como um elemento ocorre normalmente, sendo formado pela composição de diferentes isótopos no seguinte trecho:

[...] Terei que explicar novamente: o ferro, como ocorre normalmente, é feito de quatro isótopos diferentes. Estes isótopos são variedades de átomos que diferem de um outro em peso atômico. Os átomos do ferro com peso atômico de 56, ou  $\text{Fe}^{56}$ , produzem 91,6 por cento de todos os átomos do ferro. Os outros átomos têm pesos atômicos de 54, 57 e 58. (ASIMOV, 1979, p. 293).

Os átomos de um mesmo elemento químico podem apresentar massa atômicas diferentes, apesar disto os átomos apresentam as mesmas propriedades químicas, comprovando serem de um mesmo elemento. Deu-se a esse fenômeno o nome isotopia, e aos átomos que apresentavam massas atômicas diferentes chamou-se isótopos (FONSECA, 2013a). O trecho selecionado fala a respeito dos diferentes isótopos que compõe os átomos do ferro, sendo um recurso interessante para a explicação da atuação dos isótopos nos elementos químicos, em conjunto com o conceito apresentado pelo livro didático.

No seguinte trecho é explicado a diferença entre uma reação nuclear e uma reação química e o porquê de a primeira estar ocorrendo para que o ouro seja produzido:

[...] O  $\text{Fe}^{56}$  estava desaparecendo, enquanto que outros isótopos não estavam, e isto significava que estava se realizando uma reação nuclear. Uma reação nuclear podia tirar um isótopo e deixar outros. Uma reação química comum, qualquer reação química, teria que dispor igualmente de todos os isótopos. (ASIMOV, 1979, p. 293).

No capítulo 11 do livro de PERUZZO e CANTO (2013b), é tratado o assunto de Radioatividade, que é um fenômeno nuclear e as reações nucleares são processos e que o núcleo de um átomo sofre alteração. Neste mesmo capítulo vemos a diferença entre reações químicas, que estão relacionadas à eletrosfera, e reações nucleares, que provocam alterações no núcleo do átomo. Pode-se perceber que esses conceitos ajudam no entendimento do trecho do conto em destaque.

Finalmente a equipe de pesquisa consegue determinar como se está processando a reação nuclear no fígado d'O Ganso, para que o oxigênio-18 seja convertido em um isótopo de ouro-197, o seguinte trecho explica como o processo ocorre:

[...] Esta é uma prova corroborativa. O oxigênio-18 está sendo consumido. Ele está sendo fornecido constantemente na comida e água d'O Ganso, mas ainda está sendo consumido. O ouro-197 está sendo produzido. O ferro-56 é um intermediário e, visto que a reação que consome ferro-56 é muito mais rápida que aquela que o produz, ele não tem chance de alcançar uma concentração significativa e a análise isotópica mostra sua ausência. (ASIMOV, 1979, p. 294).

Neste trecho vemos mais um exemplo de como as reações nucleares se processam, através da explicação de como o ganso consegue converter o isótopo do O-18 em Au-197. No capítulo 2 do livro de MORTIMER e MACHADO (2013b), o assunto de termoquímica é tratado, há a explicação de como ocorre a obtenção de energia nuclear e sobre os riscos que pode causar ao meio ambiente. Neste capítulo o acidente de Chernobyl, na Ucrânia, é mencionado, podendo ser feito, assim, a ligação entre o livro didático com o trecho do conto.

Billings fala da importância da descoberta de como O Ganso consegue, através de enzimas no fígado, catalisar reações nucleares e como a reprodução deste ganso poderia ajudar na remoção de lixo radioativo, no seguinte trecho:

[...] O que importa – disse Billings – é que este processo nuclear catalisado por enzimas d'O Ganso consegue converter qualquer isótopo instável num isótopo estável. [...] Se pudéssemos descobrir o mecanismo e duplica-lo no tubo de ensaio, conseguiríamos um método perfeito de remoção de resíduos radioativos. [...] Se ao menos os ovos chocassem! Se ao menos pudéssemos conseguir um bando de Gansos reatores-nucleares! (ASIMOV, 1979, p. 296-297).

No trecho em destaque, pode-se observar que os conteúdos de catálise enzimática e isótopos instáveis e estáveis podem ser relacionados com conceitos apresentados em livros didáticos. No terceiro volume do livro didático de PERUZZO e CANTO (2006b), o conceito de enzimas é trabalhado, explicando-se que são catalisadores biológicos, ou seja, substâncias que aumentam a velocidade de reações bioquímicas sem serem efetivamente consumidas nessas reações. Já no primeiro volume do livro de PERUZZO e CANTO (2006a), tem-se no capítulo 6 informações a respeito de produtos originados da fissão do U-235, que são mais de duzentos isótopos pertencentes a 35 elementos diferentes, que apresentam grande risco a população, sendo os mais nocivos ao ser humano o Sr-90, o I-131 e o Cs-137.

O conto finaliza com uma questão deixado aos leitores, para que tentem descobrir uma maneira de reproduzir O Ganso modificado geneticamente para

promover reações nucleares, desse modo o ganso poderia converter os isótopos instáveis, que são considerados lixo nuclear e bastante prejudiciais ao homem e ao meio ambiente, em isótopos estáveis, dando fim a preocupação com esse tipo de lixo. Através de vários dados fornecidos durante as experiências feitas com O Ganso, essa questão é possível de ser respondida, de modo que estimularia a investigação e busca de resposta por parte dos alunos.

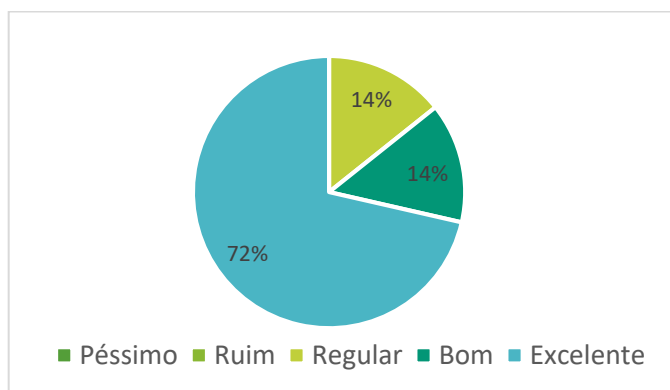
#### **4.2 Análise do instrumento aplicado aos professores de química em formação continuada**

Nesta sessão é apresentado os resultados referentes a pesquisa realizada com os estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da UEPB. Estes sujeitos responderam o instrumento de coleta de dados, este buscou respostas para os seguintes questionamentos: I – Se o sujeitos consideram a progressão dos conteúdos no conto satisfatória; II – Se consideram que a proposta de utilizar um conto é adequado para alcançar os objetivos da disciplina; III – Se considera a metodologia proposta está adequada para aplicação; IV – Se a proposta permite os alunos desenvolverem a competência de leitura; V – Se a sequência didática permite desenvolver o senso crítico do aluno; VI – Se a proposta engloba a interdisciplinaridade; VII – Se a proposta é considerada inovadora; VIII – Se a proposta é aplicável no ensino de química da educação básica; IX – Como os sujeitos avaliam a proposta; X – Se o sujeito mudaria alguma coisa na proposta e suas sugestões.

Os resultados são apresentados através de gráficos elaborados no Excel (2016) e discutidos na sequência.

A Figura 1 apresenta a opinião dos professores em formação continuada para a primeira questão.

**Figura 1** – Se consideram a progressão dos conteúdos no conto satisfatória.

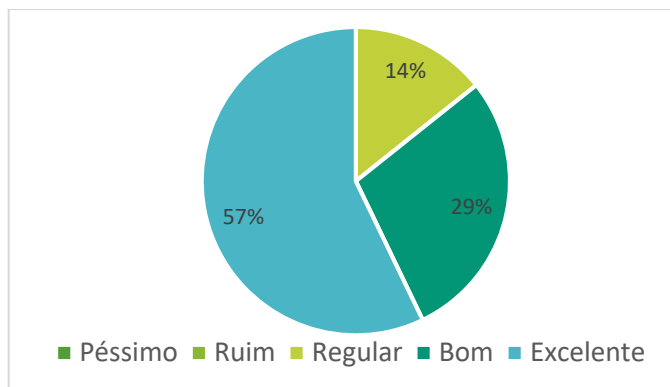


Fonte: O Autor (2019)

A partir da Figura 1, verifica-se que 72% dos participantes consideram excelente a progressão dos conteúdos de química no conto. 14% concordam ser bom e 14% consideram regular. Pode-se perceber que a maior parte dos participantes concordam com o desenvolvimento dos conteúdos de química presentes no conto, que começa com assuntos introdutórios do primeiro ano, como unidades de concentração e reatividade dos metais e vai progredindo até conteúdos mais complexos como reações nucleares, assim como também auxilia no processo de ensino-aprendizagem por apresentar uma sequência de conceitos que vão construindo o pensamento e estimulando a curiosidade investigativa. As avaliações boas e regulares se deram pelo motivo de o conto apresentar muitos conteúdos que podem ser trabalhados, o que poderia demandar um longo tempo de aulas para se ter uma abordagem satisfatória dos assuntos e causar certa confusão a depender do nível de entendimento dos alunos.

No item 2 todos os participantes concordaram que a sequência didática de aplicação de um conto de ficção científica no ensino química na educação básica é uma excelente proposta pedagógica. Pois proporciona uma interação entre diferentes conteúdos de química estudados ao longo de todo o ensino médio, como também com diferentes áreas do conhecimento. Uma característica importante do conto de FC, a ser trabalhado nesta sequência didática, é o grau de detalhamento e descrição dos fenômenos científicos que podem ser observados nas análises realizadas na investigação com O Ganso, de modo que a solução do problema é fundamentada de forma bastante coerente com base em argumentos lógicos e conceituais.

**Figura 2** – Se considera a metodologia proposta está adequada para aplicação.



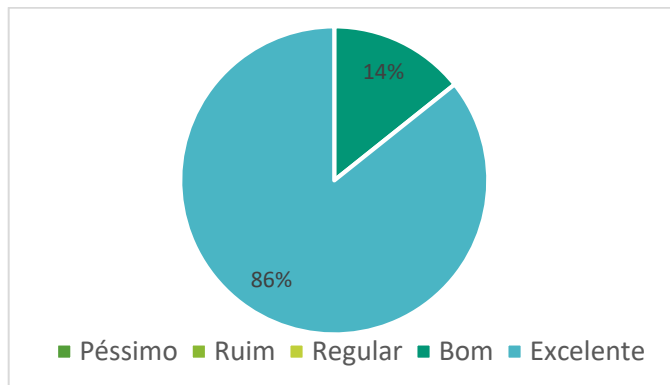
Fonte: O Autor (2019).

De acordo com a Figura 2, observa-se que 57% dos entrevistados consideram excelente a adequação da proposta para aplicação no ensino de química da educação básica. 29% concordam que seja uma boa adequação e 14% consideram ser regular. Apesar da maioria dos participantes acreditarem que a proposta é adequada, alguns comentários sobre esse item foram feitos. Um número significativo de participantes concordam ser uma ótima proposta pedagógica, porém que apresenta muitos conteúdos de química que pode causar dificuldade de entendimento na maioria dos alunos. Devido a extensão dos conteúdos, um longo tempo de aplicação da proposta seria necessário, o que poderia atrapalhar o andamento dos conteúdos previstos para a série em que esta proposta seria aplicada. Um participante comentou que essa sequência didática poderia servir como uma revisão final para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), sendo adequada se fosse aplicada próximo ao final do ano letivo.

Na quarta questão foi unânime a respostas dos participantes, ao considerar excelente a proposta didática para o desenvolvimento da competência de leitura. O trabalho com o conto de ficção científica permite que os alunos possam analisar a atuação da ciência em situações práticas e a conexão entre os diversos conteúdos estudados no ensino médio. O incentivo à leitura no ensino de química, desperta a curiosidade dos alunos para a leitura de textos científicos e a busca por conhecimento na área da química, a partir de uma leitura de forma dinâmica que facilita a compreensão de temas complexos da química. Ezequiel Teodoro da Silva defende o uso da literatura nas aulas de ciências e diz:

Todo professor, independente da disciplina que ensina, é professor de leitura e esta pode ser transformada numa atividade interdisciplinar envolvendo os professores de física, português e história (SILVA, 1998, p. 123).

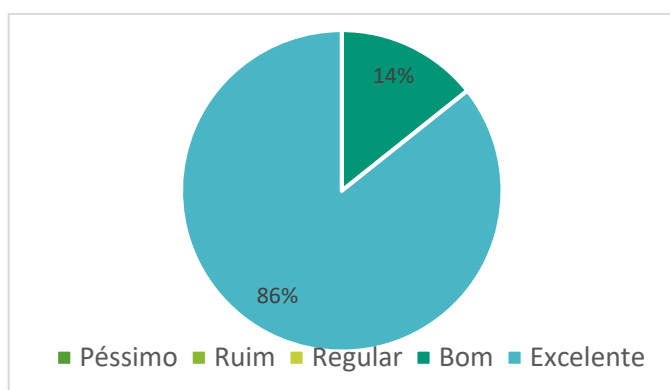
**Figura 3** – Se a sequência didática permite desenvolver o senso crítico do aluno.



Fonte: O Autor (2019)

Através da Figura 3, verificou-se que 86% dos participantes consideram que a proposta é excelente para desenvolver o senso críticos sobre como a química atua no cotidiano e 14% concordam ser é uma boa proposta para essa finalidade. O principalmente motivo deste resultado, é o fato de a proposta provocar a curiosidade dos alunos ao incentivar que eles busquem a respostas para os seus questionamentos ao ler o conto, assim como o debate em sala de aula para que juntos consigam construir o conhecimento necessário para o entendimento da leitura. Esta ferramenta didática pode provocar discussões críticas dos conteúdos presentes no conto de FC, desmistificando as ideias de senso comum ligadas aos conceitos abordados.

**Figura 4** – Se a proposta engloba a interdisciplinaridade.



Fonte: O Autor (2019)

Verifica-se através da Figura 4 que 86% dos participantes consideram excelente o quanto a proposta engloba a interdisciplinaridade, 14% dos participantes consideram bom neste quesito. Isto se deve ao fato do conto *Pâté de Foie Gras* englobar uma relação com diversos campos do saber, tendo a química com principal

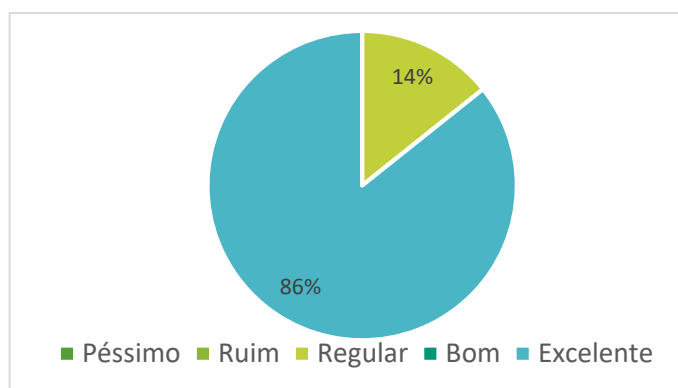
área a ser trabalhada, mas ainda assim apresenta informações sobre biologia e física, além de, ao trabalhar a leitura, proporcionando aprendizado na área de linguagens e códigos.

Este trabalho provoca debates e discussões que transcendem os conhecimentos químicos e proporcionam uma experiência interdisciplinar, tanto para o educador como para os educandos em situações de diálogo em sala de aula. Nessa perspectiva, a FC atravessa o status de recurso motivacional para fundamentar habilidades críticas e analíticas do pensamento, estabelece uma relação complexa e simbiótica com outros produtos da cultura humana e possui natureza interdisciplinar ao passo que é permeada por distintos saberes disciplinares (SILVEIRA, 2013; LAZ, 1996; EDITORIAL, 2007; BIXLER, 2007).

Na questão sete, 100% dos participantes consideram excelente no quesito sobre a proposta didática ser inovadora. Pois os participantes não tinham conhecimento sobre outros trabalhos que utilizam contos de ficção científica como recurso didático para o ensino de química, e utilizando uma abordagem problematizadora.

A utilização de Contos de FC para o Ensino de Química é tida como uma forma inovadora de se responder aos anseios do ensino moderno, assim como para aproximar o conhecimento químico da vivência do aluno de Ensino Médio. Dessa maneira, buscam-se os mais diversos assuntos que façam parte da grade curricular para contextualizar o ensino de Química, assim como se sugerem casos fictícios e situações do dia-a-dia para que a contextualização e a interdisciplinaridade ocorram, tudo isso, é claro, na direção de se contemplar o conteúdo programático de Química para o Ensino Médio, lançando mão de criatividade e imaginação (SANTOS FILHO, 2006).

**Figura 5** – Se a proposta é aplicável no ensino de química da educação básica.

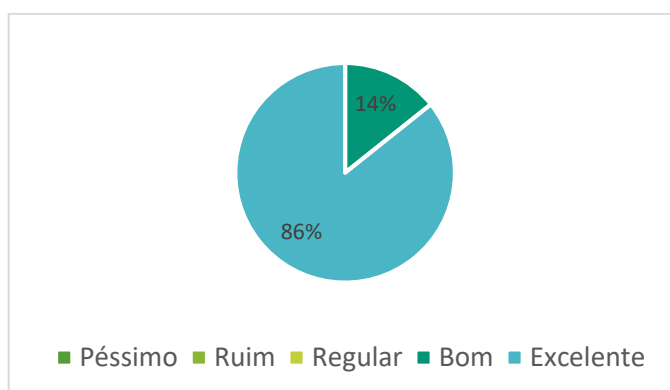


Fonte: O Autor (2019)

A partir da Figura 5, observa-se que 86% dos participantes concordam que a proposta é excelente para ser aplicada no ensino de química da educação básica e 14% dos participantes considera ser regular. A abordagem interdisciplinar, problematizadora e que estimula os alunos pela busca do conhecimento, foi o principal motivo para que essa proposta seja possível de ser aplicada no ensino de química, porém a deficiência de alguns alunos sobre diversos conceitos da química pode ser uma limitação para a aplicabilidade dessa proposta didática.

Algumas limitações podem ocorrer ao tentar aplicar essa sequência didática, pois muitos alunos encontram dificuldade em construir sentidos e compreensão para conceito científicos. Além de que, comum são os relatos sobre os estudantes apresentam baixa compreensão de leitura, pois há pouca valorização desta pratica no ensino das ciências, deixando os alunos pouco motivados para lerem textos científicos. Porém o incentivo da leitura de contos de FC, a partir desta sequência didática, pode minimizar essas dificuldades de aprendizagem dos alunos e trazer uma nova abordagem para o ensino de química.

**Figura 6** – Como os sujeitos avaliam a proposta.



Fonte: O Autor (2019)

Verifica-se através da Figura 6 que 86% dos participantes consideram essa proposta didática excelente e 14% dos participantes avaliam como uma boa proposta. Esta proposta passa a ser atrativa por incluir a literatura em uma área do conhecimento que não se há muito estímulo para leitura, assim como conecta o aluno à realidade da leitura científica. A maioria dos participantes consideram como mais motivante na proposta a variedade de conteúdos de química que podem ser trabalhados, seguindo da interdisciplinaridade entre as disciplinas de química e português.



O último item do questionário, pergunta aos participantes se mudariam algo na metodologia da proposta didática. A baixo segue as respostas dos participantes que optaram por responder este questionamento.

*“Tentaria trazer exemplos cotidianos por meio de reportagens, além da utilização de ferramentas tecnológicas na abordagem desses conteúdos mencionados nas análises dos livros didáticos.” (Participante 5)*

*“Não mudaria a metodologia abordada. Parabênzo por tamanho esforço e dedicação na elaboração desta proposta. Ouso propor fazer mais conexões com outros livros didáticos, tendo em vista a grande quantidade de livros utilizados por professores.” (Participante 4)*

*“Achei a proposta em si interessante. Porém, apesar de tantos conteúdos que podem ser trabalhados e que serão trabalhados diante dessa proposta, seria importante focar apenas em um ou dois conteúdos para que seja satisfatório o aprendizado do aluno, pois a quantidade de tempo que as vezes o professor fica em sala não é eficaz para se trabalhar com tantos conteúdos.” (Participante 1)*

## 5 CONCLUSÃO

A utilização de contos de ficção científica pode promover o debate e troca de ideias que ajudam a aprofundar conceitos científicos e visualizá-los de forma prática. Através da análise do conto *Pâté de Foie Gras* foi possível selecionar diversos trechos em que conteúdos de química podem ser exemplificados, como por exemplo: reatividade dos metais, reação de oxidação e redução, reação de precipitação e reação nuclear. Com isto, é possível proporcionar ao aluno, através da leitura, o desenvolvimento da capacidade de interpretar e explicar com mais facilidade assuntos científicos.

Pode-se perceber que o escritor Isaac Asimov, que é também professor de química, escreveu este conto na intenção de estimular os estudantes a investigar com mais profundidade os conceitos científicos tratado por ele neste conto, conduzindo através da curiosidade do leitor à descoberta de novos conhecimentos.

Os resultados obtidos a partir da aplicação do questionário apontam que os estudantes da pós-graduação consideram a proposta didática bastante interessante e excelente para ser aplicada no ensino de química da educação básica, contribuindo para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Os participantes consideram a proposta inovadora e que exercita a interdisciplinaridade entre diversas áreas do conhecimento, assim como também, uma excelente maneira de estimular o desenvolvimento da competência de leitura dos alunos, levando para eles o contato com a leitura científica.

Este projeto vem provar que é possível possuir uma prática interdisciplinar nas aulas de química, envolvendo inclusive textos literários sem necessariamente incluir a participação de outros professores. Tal prática pode inspirar os alunos a buscar a leitura de outros textos despertando uma formação mais integral e humana, suscitando a curiosidade. A ficção científica pode ser um recurso útil e inspirador na educação.

## SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Aplicar no ensino médio a proposta didática utilizando o conto *Pâté de Foie Gras* para avaliar a aceitação dos estudantes de química;

Elaborar uma proposta didática para se trabalhar com contos de ficção científica nas séries iniciais, estimulado aos alunos desde cedo a terem hábito de leitura científica;

Investigar outros contos de ficção científica que possam ser analisados para se elaborar uma proposta didática;

Utilizar essa metodologia de ensino em turmas de graduação em química e áreas afins, com a finalidade de inspirar futuros professores a trabalharem com esse tema;

Promover debates através de oficinas, minicursos ou mesas redondas sobre a utilização da leitura de ficção científica como um recurso didático para o ensino de química.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, A.; PÓVOA, A.; MACEDO, L. **A arte de fazer questionários**. 2005.
- ASIMOV, Isaac. **Para onde vamos?** São Paulo: Hemus, 1979.
- ASSIS, A., & CARVALHO, F. L. D. C. A postura do professor em atividades envolvendo a leitura de textos paradidáticos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.8, n.3, 2008.
- BARROS, Michely Pereria de; SILVERA, Marcelo Pimentel da. **Rios vermelhos: aproximações entre literatura e o ensino de química**. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, v. 1, 2014.
- BENETI, A. C. **Textos paradidáticos e o ensino de física: uma análise das ações do professor no âmbito da sala de aula**. 2008. 138p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru. 2008.
- BERNARDI, F. **As Bases da Literatura Brasileira: história, autores, textos e testes**. Ed. AGE, Porto Alegre, RS. 1999.
- BIXLER, A. Teaching evolution with the aid of science fiction. **The American Biology Teacher**, 59(6), 337–340. 2007.
- BORGATTO A. M.; BERTIN, T. C. H.; MARCHEZI, V. L. de C. **Projeto Teláris: Português**. 1 ed. São Paulo: Ática: 2012.
- CASSANY, D. **Oficina de textos: Compreensão e expressão escrita em todas as disciplinas e profissões**. Porto Alegre: Artmed. 2008.
- CORTÁZAR, J. **Alguns aspectos do conto**. In: Valise de cronópio. Tradução de Davi Arrigucci Júnior. São Paulo: Perspectiva, 1974.
- EDITORIAL. Parallel worlds galore [Editorial]. **Nature**, 448(7149), 1–1. 2007.
- FARIAS, C. A. **Alfabetos da alma: histórias da tradição na escola**. Porto alegre: sulina, 2006.
- FERREIRA, Júlio César David. **Aproximações entre a obra de Júlio Verne e o ensino de física**. 2011. 90 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011
- FERREIRA, Júlio César David. **A ficção científica de Júlio Verne e o ensino de física: uma análise de "vinte mil léguas submarinas"**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 1: p. 84-103, 2013.
- FONSECA, M. R. M. **Química**. 1. ed. v. 1. São Paulo: Ática, 2013a.
- FONSECA, M. R. M. **Química**. 1. ed. v. 2. São Paulo: Ática, 2013b.
- FONSECA, M. R. M. **Química**. 1. ed. v. 3. São Paulo: Ática, 2013c.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.
- GOTLIB, N. B. **Teoria do conto**. São Paulo: Ática, 1999.

GRILLO, S. V. de C.; **A produção do real em gêneros do jornal impresso**. Ed. Associação Editorial Humanitas. São Paulo - SP. 2004.

LARRYS, Mayara; SEVERO, Thiago Emmanuel Araújo. **A ficção científica como articulador do pensamento científico**. X Congreso Internacional Sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Sevilla. 2017.

LAZ, C. Science fiction and introductory sociology: the Handmaid in the classroom. **Teaching Sociology**, 24(1), 54–63. 1996.

MACHADO, N. J. Sobre livros didáticos: quatro pontos. **Em aberto**, Brasília, v. 16, n. 69, p. 4-10, jan/mar 1996.

MALUF, Marcilene Cristina Gomes; SOUZA, Aguinaldo Robison de. A ficção científica e o ensino de ciências: o imaginário como formador do real e do racional. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 271-282, 2008.

MARTINS, Tailur Mousquer. **A ficção científica como potencializador do ensino das ciências na educação básica**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão. v. 9, n. 12, 2017.

MARTIN-DIAZ, M. J. et al. Science fiction comes into the classroom: Maelstrom II. **Physics Education**, Bristol, v. 27, n. 1, p. 18-23, 1992.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. 2. ed. v. 1. São Paulo: Scipione, 2013a.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. 2. ed. v. 2. São Paulo: Scipione, 2013b.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química: ensino médio**. 2. ed. v. 3. São Paulo: Scipione, 2013c.

MUNAYER, T. L. A. **A utilização de contos de suspense e atividades investigativas no processo de ensino e aprendizagem de química na educação básica: uma proposta de um paradidático sobre ciência forense**. 2018. 178p. Dissertação (Mestrado profissional em ensino de ciências) – Universidade Federal de Ouro Preto. 2018.

OLIVEIRA, Fátima Régis. **A ficção científica e a questão da subjetividade homem-máquina**. ComCiência: Revista Eletrônica de Jornalismo Científico (<http://www.comciencia.br>). Disponível em: <<http://www.comciencia.br/reportagens/2004/10/08.shtml>>. Acesso em 18 de outubro de 2018.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. v. 1. São Paulo: Moderna, 2006a.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 3. ed. v. 2. São Paulo: Moderna, 2006b.

PERUZZO, F. M.; CANTO, E. L. **Química na abordagem do cotidiano**. 4. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 2006c.

PIASSI, L. P.; PETROCOLA, M. De olho no futuro: ficção científica para debater questões sociopolíticas de ciência e tecnologia em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 12, 2007a.

PIASSI, Luís Paulo de Carvalho. **Contatos: A ficção científica no ensino de ciências em um contexto sócio cultural**. 2007. 462p. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciência e Matemática) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. 2007b.

PIASSI, Luís Paulo de Carvalho. De Émile Zola a José Saramago: Interfaces didáticas entre as Ciências Naturais e Literatura Universal. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. V.15, n. 1, 2015.

SILVA, Ezequiel Theodoro da. Ciência, leitura e escola. In: ALMEIDA, Maria José P. M.de; SILVA, Henrique César da (orgs.). **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas: Mercado de Letras, 1998, p. 121/130.

SILVEIRA, M.P. **Literatura e ciência. Monteiro lobato e o ensino de química**. 2013. 297f..Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo, Faculdade de educação, 2013.

SOLÉ, I. **Estratégias de Leitura**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

SÃO PAULO (Estado), Secretaria da Educação. **Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Física**. Coord. Maria Inês Fini. São Paulo: SEE, 2008.

TONI, M.P.; FICAGNA, N.C. **Livro didático: deve ser adotado?** In: Encontro Ibero-Americano de coletivos escolares e rede de professores que fazem investigação na sua escola, 4, 2005, Rio Grande do Sul. Anais do IV Encontro ibero-americano de Coletivos Escolares e Redes de Professores que fazem investigação na sua escola. Rio Grande do Sul, 2005.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro – Posições**, Campinas, v. 17, n. 1(49), 2006.

**ANEXO**

**ANEXO A: Conto *Pâtê de Foie Gras***

---

**14. PÂTÊ DE FOIE GRAS*****Isaac Asimov***

Eu não lhes poderia dizer o meu verdadeiro nome se o quisesse, e sob as circunstâncias, eu não o quero.

Não me considero um escritor, a menos que vocês dêem importância ao tipo de coisa que é publicado num jornal científico, de modo que Isaac Asimov está escrevendo isto para mim.

Eu o escolho por várias razões. Primeiro, ele é um bioquímico, e entende o que lhe digo; de qualquer maneira, alguma coisa. Segundo ele escreve, ou pelo menos, publicou uma obra considerável sobre ficção, o que, é claro, pode não ser a mesma coisa.

Mas o mais importante de tudo, é que ele escreveu dois artigos sobre tiotimolina, e isto é exatamente o que preciso, por razões que se tornarão claras à medida que prosseguirmos.

Não fui a primeira pessoa a ter a honra de conhecer “O Ganso”. Esta pertence ao fazendeiro de algodão do Texas chamado Ian Angus MacGregor, que o possuía antes que se tornasse propriedade do governo. (Os nomes, lugares e datas que uso do deliberadamente fictícios. Nenhum de vocês será capaz de descobrir nada através deles. Não se dêem ao trabalho de tentar).

Aparentemente, MacGregor criava gansos no lugar porque eles comiam ervas daninhas, mas não algodão. Assim, ele tinha capinadeiras automáticas, que se abasteciam automaticamente e, além disso, produziam ovos, a preço reduzido, e, a intervalos regulares, ganso assado.

No verão de 1955, ele enviou uma dúzia de cartas ao Departamento de Agricultura pedindo informações sobre a incubação de ovos de ganso. O departamento enviou-lhe todos os folhetos atualizados sobre o assunto, mas suas cartas simplesmente tornaram-se mais veementes em suas referências ao “seu amigo”, o congressista local.

Minha ligação com isto, é que trabalho no Departamento de Agricultura. Tenho uma considerável experiência em química agrícola, e mais um conhecimento



superficial de psicologia de vertebrados. (Isto não lhes ajudará. Se pensam que com isto conseguirão descobrir minha identidade, estão enganados).

Quando eu estava assistindo uma convenção em San Antonio, em julho de 1955, meu chefe pediu-me para passar pela casa de MacGregor e ver o que eu podia fazer para ajudá-lo. Éramos empregados do público e além disso, tínhamos finalmente recebido uma carta do congressista de MacGregor.

Em 17 de julho de 1955, conheci “O Ganso”. Conheci MacGregor primeiro. Ele tinha seus cinquenta anos, um homem alto com um rosto enrugado cheio de suspeitas. Repeti todas as informações que lhe tinham sido dadas, expliquei sobre incubadeiras, os valores dos traços minerais na dieta, e mais algumas recentes. informações sobre Vitamina E, as cobalaminas e o uso de antibióticos.

Ele balançou a cabeça. Tinha tentado tudo isso e ainda assim os ovos não queriam chocar.

O que eu podia fazer? Sou um funcionário público e não o Arcanjo Gabriel. Disse-lhe tudo que pude e se os ovos ainda assim não chocassem, eles não chocariam e acabou-se. Perguntei-lhe educadamente se eu podia ver seus gansos, apenas para que ninguém pudesse dizer mais tarde que eu não tinha feito tudo o que podia fazer.

Ele disse: – Não são gansos, senhor; é um ganso.

Eu disse: – Posso ver esse ganso?

– Preferiria que não.

– Bem, então, não posso ajudá-lo em mais nada. Se é apenas um ganso, então há alguma coisa errada com ele. Porque se preocupar com um ganso? Coma-o.

Levantei-me e apanhei meu chapéu.

Ele disse: – Espere! – e fiquei parado lá enquanto seus lábios se comprimiam e seus olhos se franziam e ele lutava, caído, contra si mesmo.

Depois disse: – Se eu lhe mostrar algo, o senhor jura que manterá segredo?

Ele parecia ser do tipo de homem que confia na promessa de alguém de manter segredo, mas era como se ele tivesse chegado a um ponto tal de desespero que não tinha outra saída.

Eu disse: – Se não for nada criminoso.

– Nada desse tipo – falou asperamente.

E então fui com ele até um galinheiro perto da casa, cercado com arame farpado e com um portão trancado, contendo um ganso – “O Ganso”.

– Este é “O Ganso” – falou. Do jeito que ele disse isso, pude ouvir as letras maiúsculas.

Olhei para ele. Parecia-se com qualquer outro ganso, Deus me livre, gordo, vaidoso e irritadiço. Eu disse – Hum-m-m – na minha melhor maneira profissional.

MacGregor falou: – E aqui está um de seus ovos. Está na incubadeira. Não acontece nada. – Ele tirou de um grande bolso do macacão. Havia algo estranho na sua maneira de segurá-lo.

Estremeci. Havia algo errado com o ovo. Ele era menor e mais esférico do que o normal.

MacGregor disse: – Apanhe-o.

Estendi a mão e o apanhei. Ou tentei apanhá-lo. Imaginei que ele tivesse o peso de um ovo comum e ele apenas ficou lá aonde estava. Tive que fazer muita força e então consegui levantá-lo.

Agora eu sabia o que havia de estranho na maneira que MacGregor o segurou. Ele pesava aproximadamente duas libras. (Para ser exato, quando o pesamos mais tarde, descobrimos ser seu peso de 852.6 gramas.)

Olhei para ele enquanto estava lá, pressionando a palma da minha mão para baixo, e MacGregor deu um sorriso azedo. – Jogue-o no chão – ele disse.

Apenas olhei para ele, para que ele o tirasse de minha mão e o jogasse ele mesmo no chão.

Ele caiu no chão com um som abafado. Não se quebrou. Não havia salpicos de clara e gema. Ficou lá aonde tinha caído, com a base amassada.

Apanhei-o novamente. A casca branca do ovo tinha rachado onde tinha batido. Alguns pedaços dela tinham se descascado e o que brilhava era uma cor amarela opaca.

Minhas mãos tremiam. Era tudo o que eu podia fazer meus dedos se mexerem, mas consegui descascar um pouco do resto da casca e olhei espantado para o amarelo.

Eu não precisava correr para fazer nenhuma análise. Meu coração mo disse.

Eu estava frente à frente com “O Ganso”! O Ganso Que Pôs Os Ovos De Ouro!

Vocês não me acreditam. Tenho certeza disso. Vocês acham que este é mais um artigo sobre tiotimolina.

Ótimo! Estou contando com isto. Mais tarde explicarei.

No entanto, meu primeiro problema era conseguir que MacGregor desistisse daquele ovo de ouro. Eu estava ficando quase histérico com isso. Estava a ponto de surrá-lo e fugir com o ovo, se fosse preciso.

Eu disse: – Eu lhe darei um recibo. Garantirei seu pagamento. Farei qualquer coisa razoável. Você não pode negociar o ouro, a menos que explique como veio parar em suas mãos. Possuir ouro é ilegal. E como você tenciona explicar? Se o governo...

– Não quero o governo se intrometendo – disse, teimosamente.

Mas eu era duas vezes mais teimoso. Insisti. Implorei. Gritei. Ameacei. Gastei horas. Literalmente. No fim, assinei um recibo e ele me seguiu até o meu carro e ficou parado na estrada enquanto eu me afastava, seguindo-me com os olhos.

Ele nunca mais viu aquele ovo. Claro, ele foi recompensado pelo valor do ouro – \$ 654 47 com o desconto dos impostos – mas aquilo era uma pechincha para o governo.

Quando se considera o valor potencial daquele ovo...

O valor potencial! Esta é que é a ironia. Esta é a razão deste artigo.

O chefe da minha seção no Departamento de Agricultura é Louis P. Bronstein. (Não se dêem ao trabalho de procurar por ele. O P. significa Pittfield, se querem mais informações erradas.)

Ele e eu mantemos boas relações e eu senti que podia explicar as coisas sem me colocar sob observação imediata. Mesmo assim, não arrisquei. Eu tinha o ovo comigo, e quando cheguei à parte delicada, simplesmente o coloquei sobre a mesa que estava entre nós.

Ele tocou finalmente o ovo com seu dedo, como se ele estivesse quente.

Eu disse: – Apanhe-o.

Ele demorou bastante tempo, mas o fez, e eu o observei tentar duas vezes, como eu o tinha feito.

– É um metal amarelo e podia ser latão; só que não, não é, porque é inerte ao ácido nítrico concentrado. Já fiz esta experiência. Há apenas uma casca de ouro,

porque ela pode ser entortada com alguma pressão. Além disso, se fosse ouro sólido, o ovo pesaria mais de dez libras.

Bronstein disse: – Isto é alguma brincadeira. Tem que ser.

– Uma brincadeira com ouro verdadeiro? Lembre-se, quando eu vi esta coisa pela primeira vez, ela era totalmente coberta com uma autêntica casca de ovo intacta. Foi fácil examinar um pedaço da casca. Carbonato de cálcio. Esta é uma coisa difícil de se forjar. E se olharmos dentro do ovo – eu não quis fazer isso por minha conta, chefe – e descobrirmos um ovo verdadeiro, então entenderemos, porque isto seria impossível de se forjar. Sem dúvida alguma isto é digno de um projeto oficial.

– Como posso me aproximar do Secretário com... – Ele olhou para o ovo.

Mas no final, ele concordou. Fez chamadas telefônicas e esperou ansiosamente a maior parte do dia. Um ou dois funcionários da seção de latão veio para olhar o ovo. Tinha-se iniciado o Projeto Ganso. Era 20 de julho de 1955.

Para começar, eu era o investigador responsável e o encarregado titular em toda parte, embora os fatos rapidamente passassem adiante.

Começamos com o ovo. Seu raio médio era de 35 milímetros (eixo maior, 72 milímetros; eixo menor, 68 milímetros). A casca de ouro tinha 2,45 milímetros de espessura. Examinando outros ovos mais tarde, descobrimos ser este valor um pouco alto. A espessura média revelou-se ser de 2,1 milímetros.

Dentro era ovo. Ele se parecia com um ovo e cheirava como ovo. As alíquotas foram analisadas e os componentes orgânicos eram razoavelmente normais. A clara tinha 9,7% de albumina. A gema tinha o complemento normal de vitelina, colesterol, fosfatídeo e carotenóide. Tiramos material suficiente para analisar os componentes de traço, mas mais tarde, com mais ovos à nossa disposição, fizemos a análise e nada incomum foi apresentado com relação ao teor de vitaminas, co-enzimas, nucleotídeos, grupos sulfídricos, etc, etc.

Uma importante e flagrante anormalidade apresentada foi o comportamento do ovo no aquecimento. Uma pequena porção da gema, aquecida, “cozinhou” quase que imediatamente. Demos uma porção do ovo cozido para um rato comer. Ele sobreviveu.

Mordisquei um outro pedaço dele. Realmente, uma quantidade pequena demais para provar, mas me fez mal. Tenho certeza de que foi simplesmente psicossomático.

Boris W. Finley, do Departamento de Bioquímica da Universidade de Temple – um consultor do departamento – supervisionou estes testes.

Ele disse, referindo-se ao endurecimento: – A facilidade com que as proteínas do ovo são desnaturadas ao calor indica, em primeiro lugar, uma parcial desnaturação; considerando-se a natureza da casca, a culpa seria da contaminação do metal pesado.

E assim, uma porção da gema foi analisada por componentes orgânicos e descobriu-se que continha muito íon clorurato, que é um íon individualmente carregado contendo um átomo de ouro e quatro de cloro, cujo símbolo é  $\text{AuCl}_4^-$  (O símbolo “Au” para o ouro vem do fato de que a palavra latina para ouro é “aurum”.) Quando digo que o teor de íon clorurato era alto, quero dizer que ele tinha 3.2 partes por mil, ou 0,32 por cento. Isto é bastante alto para formar complexos insolúveis de “proteínas de ouro”, que se coagulam facilmente.

Finley disse: – É óbvio que este ovo não pode chocar. E nenhum outro ovo como este. Está envenenado com metal pesado. O ouro pode ser mais fascinante do que o chumbo, mas é igualmente venenoso para proteínas.

Concordei tristemente. – Pelo menos também não se decompõe.

– Inteiramente correto. Nenhum micróbio que se preza viveria nesta sopa cloruriferosa.

A análise espectrográfica final do ouro da casca chegou. Virtualmente pura. A única impureza detectável foi o ferro, que somava 0,23 por cento do total. O teor do ferro da gema do ovo também tinha sido o dobro do normal. Entretanto, no momento, a questão do ferro foi abandonada.

Uma semana após o início do Projeto Ganso, uma expedição foi enviada ao Texas. Cinco bioquímicos foram – vejam, o destaque ainda era a bioquímica – com três caminhões de equipamento e um exército de guarda pessoal. Eu também fui, é claro.

Logo que chegamos, isolamos a fazenda de MacGregor do mundo. Foi uma coisa acertada, sabem – as medidas de segurança que tomamos estavam certas desde o começo. O raciocínio estava errado, a princípio, mas os resultados foram bons.

O Departamento queria que o Projeto Ganso ficasse em segredo no começo, simplesmente porque havia sempre o pensamento de que isto pudesse ser uma peça muito bem planejada e, se fosse, não podíamos nos arriscar a uma má publicidade. E se não fosse uma brincadeira, não podíamos nos arriscar à perseguição dos jornais, que resultaria, definitivamente, num conto qualquer do ganso-dos-ovos-de-ouro.

Foi somente bem depois do início do Projeto Ganso, bem depois de nossa chegada à fazenda de MacGregor, que as verdadeiras implicações sobre o fato se tornaram claras.

Naturalmente, MacGregor não gostou que os homens e os equipamentos se instalassem ao seu redor. Não gostou que lhe dissessem que O Ganso era propriedade do governo. E nem gostou de ter seus ovos apreendidos.

Ele não gostou, mas concordou – se é que se pode chamar de acordo quando as negociações são feitas enquanto uma metralhadora está sendo montada no quintal de um homem, e dez homens, com baionetas caladas, estão marchando enquanto a discussão está se desenrolando.

Ele foi compensado, é claro. O que significa dinheiro para o governo?

O Ganso também não gostou de algumas coisas – como que lhe tirassem amostras de sangue. Nós não ousávamos anestesiá-lo, com medo de fazermos alguma coisa que pudesse alterar seu metabolismo, e foi preciso dois homens para segurá-lo todas as vezes. Já tentaram segurar um ganso zangado?

O Ganso foi posto vinte e quatro horas sob vigilância com a ameaça de corte marcial sumária para qualquer homem que deixasse alguma coisa acontecer com ele. Se aqueles soldados lessem este artigo, podiam vislumbrar repentinamente o que estava acontecendo. Se isso acontecesse, eles provavelmente terão o juízo de manter segredo sobre o assunto. Pelo menos, se soubessem o que é bom para eles, guardariam segredo.

O sangue d'O Ganso foi submetido a todos os testes imagináveis. Ele continha 2 partes por cem mil (0,002 por cento) de íon clorurato. O sangue tirado da veia hepática era mais rico do que o resto, quase 4 partes por cem mil.

Finley resmungou. – O fígado – disse.

Tiramos raios-X. No raio-X negativo, o fígado era uma massa cinza claro, mais claro do que a víscera próxima a ele, porque ele interceptava mais os raios-X por

conter mais ouro. Os vasos sangüíneos apresentaram-se mais claros do que o próprio fígado e os ovários eram brancos. Nenhum raio-X atingiu de modo algum os ovários.

Isto fez sentido e num recente relatório, Finley o expôs tão claramente quanto possível. Parafraseando o relatório, foi, em parte: O íon clorurato é segregado pelo fígado dentro do fluxo sangüíneo. Os ovários funcionam como um alçapão para o íon, que é lá reduzido a ouro metálico, e depositado em forma de casca no ovo em desenvolvimento. Concentrações relativamente altas de íon clorurato não reduzido penetram na área do ovo em desenvolvimento.

Quase não há dúvidas de que O Ganso acha este processo vantajoso como um meio de se livrar dos átomos de ouro que, se acumulados indubitavelmente o envenenariam. A excreção pela casca do ovo pode ser inusitada no reino animal, até mesmo única, mas não se pode negar que ela está mantendo O Ganso vivo.

Entretanto, o ovário está, infelizmente, sendo envenenado no local, por uma quantidade tal que poucos ovos são postos, provavelmente não mais do que o suficiente para livrar-se do ouro acumulado, e aqueles poucos ovos são, definitivamente, inchocáveis.

Isto foi tudo o que ele disse, por escrito, mas para nós, ele disse: – Isto nos deixa com uma pergunta peculiarmente embaraçosa.

Eu sabia qual era. Todos nós sabíamos.

De onde vinha o ouro?

Por um momento não houve resposta, exceto algumas provas negativas. Não havia ouro perceptível na alimentação d'O Ganso, nem havia nenhuma pedrinha dourada ao redor que pudesse ter sido engolida. Não haviam vestígios de ouro em nenhuma parte do chão e uma busca na casa e terreno não revelou nada. Não haviam moedas de ouro, jóias, baixelas de ouro, relógios de ouro ou alguma coisa de ouro. Nem mesmo ninguém na fazenda tinha tanto ouro em seus dentes.

Havia a aliança da Sra. MacGregor, é claro, mas ela tinha tido apenas uma em sua vida e a estava usando.

Então, de onde vinha o ouro?

As perguntas começaram a ser respondidas em 16 de agosto de 1955.

Albert Nevis, de Purdue, estava forçando tubos gástricos dentro d'O Ganso – outro processo ao qual a ave se opunha energicamente – com o propósito de testar a

área de seu canal alimentar. Era uma das nossas pesquisas de rotina para encontrar ouro exógeno.

O ouro foi encontrado, mas apenas vestígios dele e havia toda razão para se supor que aqueles vestígios tinham acompanhado as secreções digestivas e eram, portanto, endógenos – de dentro, isto é, na origem.

Entretanto, outra coisa surgiu, ou, seja como for, a falta dela. Eu estava lá quando Nevis entrou no escritório de Finley na construção temporária que levantamos durante a noite – quase – perto do cercado d'O Ganso.

Nevis disse: – O Ganso tem pouco pigmento biliar. A região duodenal não apresenta nenhum.

Finley franziu o cenho e disse: – A função do fígado foi provavelmente alterada devido à concentração do ouro. É possível que ele não esteja segregando bÍlis.

– Ele está segregando bÍlis – disse Nevis. – Os ácidos biliares estão presentes em quantidade normal. Em todo o caso, quase normal. São apenas os pigmentos biliares que estão faltando. Fiz uma análise fecal e isto foi confirmado. Nenhum pigmento biliar.

Deixe-me explicar uma coisa agora. Os ácidos biliares são esteroides segregados pelo fígado na bÍlis e via isto são despejados dentro da ponta superior do intestino delgado. Estes ácidos biliares são moléculas tipo purificadoras que ajudam a emulsionar a gordura em nossa dieta – ou na d'O Ganso – e se distribuem na forma de minúsculas bolhas pela área intestinal aquosa. Esta distribuição, ou homogeneização, se preferirem, torna a gordura mais fácil de ser digerida.

Os pigmentos biliares, as substâncias que estavam faltando n'O Ganso, são algo totalmente diferente. O fígado produz os pigmentos da hemoglobina, a proteína vermelha portadora de oxigênio do sangue. A hemoglobina usada dissolve-se no fígado, sendo a parte heme afastada. O heme é feito de uma molécula quase quadrada – chamada “porfirina” – com um átomo de ferro no centro. O fígado extrai o ferro e o armazena para usá-lo no futuro, depois dissolve a molécula que restou. Esta porfirina dissolvida é o pigmento biliar. Sua coloração é amarronzada ou esverdeada – dependendo de mudanças químicas adicionais – e é segregado na bÍlis.

Os pigmentos biliares não servem para nada no corpo. Eles são despejados na bÍlis como refugos. Passam através dos intestinos e saem com as fezes. Na verdade, os pigmentos biliares são responsáveis pela coloração das fezes.



Os olhos de Finley começaram a brilhar.

Nevis disse: – Parece como se o catabolismo da porfirina não estivesse seguindo o curso apropriado no fígado. Não lhe parece? Certamente que sim. Para mim também.

Depois disso, houve uma enorme excitação - Esta foi a primeira anormalidade metabólica, não envolvendo diretamente o ouro, que tinha sido encontrado no O Ganso! Fizemos uma biópsia do fígado (o que significa que tiramos um pedaço com formato cilíndrico do O Ganso, penetrando fundo no fígado). O Ganso sentiu dor, mas não ficou machucado. Também tiramos mais amostras de sangue.

Desta vez, isolamos a hemoglobina do sangue e pequenas quantidades dos citocromos das nossas amostras do fígado. (Os citocromos são enzimas oxidadas que também contêm heme.) Separamos o heme e em solução ácida, um pouco dele se precipitou na forma de uma substância laranja brilhante. Até o dia 22 de agosto de 1955, tínhamos 5 micro gramas do composto.

O composto laranja era similar ao heme, mas não era heme. O ferro ao heme pode estar na forma de um íon ferroso duplamente carregado ( $\text{Fe}^{++}$ ), ou um íon férrico triplamente carregado ( $\text{Fe}^{+++}$ ), neste último, o composto é chamado hematina. (A propósito, ferroso e férrico, vêm da palavra latina para ferro, que é “ferrum”).

O composto laranja que tínhamos separado do heme tinha a porção de porfirina da molécula certa, mas o metal no centro era ouro, para ser específico, um íon áurico triplamente carregado ( $\text{Au}^{+++}$ ). Chamamos este composto “aureme”, que é a abreviação de “heme áurico”. Aureme foi o primeiro composto orgânico já descoberto que contém ouro ocorrendo naturalmente. Normalmente, ele alcançaria as manchetes no mundo da bioquímica. Mas agora não era nada; absolutamente nada em comparação com os horizontes distantes que sua simples existência abria.

O fígado, parecia, não estava dissolvendo o heme em pigmento biliar. Em vez de o estar convertendo em aureme, estava substituindo o ferro pelo ouro. O aureme, em equilíbrio com o íon cloraurato, entrava no fluxo sangüíneo e era levado aos ovários, onde o ouro estava separado, e a porção de porfirina da molécula era eliminada por algum mecanismo até agora não identificado.

Análises posteriores mostraram que 29 por cento do ouro no sangue do O Ganso estavam no plasma na forma de íon cloraurato. Os restantes 71 por cento estavam nos corpúsculos vermelhos do sangue na forma de “auremoglobina”. Foi feita uma

tentativa de alimentar O Ganso com traços de ouro radioativo, para que pudéssemos apanhar a radioatividade no plasma e nos corpúsculos e ver com que rapidez as moléculas de auremoglobina eram manipuladas nos ovários. Parecia-nos que a auremoglobina devia ser eliminada muito mais lentamente do que o íon clorurato é dissolvido no plasma.

Entretanto, a experiência falhou, uma vez que nenhuma radioatividade foi detectada. Atribuímos isso à inexperiência, visto que não éramos homens isótopos, o que era muito desagradável, já que o fracasso realmente foi muito significativo, e por não percebê-lo, perdemos várias semanas.

A auremoglobina era, é claro, sem valor no que dizia respeito à condução do oxigênio, mas ela apenas produziu cerca de 0,1 por cento da hemoglobina total das células vermelhas do sangue, de modo que não havia nenhuma interferência na respiração d'O Ganso.

Isto ainda nos deixou com a pergunta de onde vinha o ouro, e foi Nevis quem primeiro fez a crucial sugestão.

– Talvez – disse ele numa reunião do grupo realizada na noite de 25 de agosto de 1955 – O Ganso não substitua o ferro pelo ouro. Talvez ele transforme o ferro em ouro.

Antes de conhecer Nevis pessoalmente naquele verão, eu o conhecia através de suas publicações – seu campo é a química biliar e a função do fígado – e o tinha sempre considerado uma pessoa lúcida e cautelosa. Quase cautelosa demais. Ninguém, por um minuto, o consideraria capaz de fazer uma tal afirmação completamente ridícula.

Isto apenas mostra o desespero e a desmoralização envolvidas no Projeto Ganso. O desespero era pelo fato de que não havia nenhum lugar, literalmente nenhum lugar, de que o ouro pudesse vir. O Ganso estava expelindo ouro à razão de 38,9 gramas por dia e vinha fazendo isso há meses. Aquele ouro tinha de vir de alguma parte e, com exceção disso, ele tinha de ser feito de alguma coisa.

A desmoralização que nos levava a considerar que a segunda alternativa era devida ao simples fato de que estávamos frente à frente com O Ganso Que Botava Os Ovos de Ouro; O Ganso incontestável. Com isto, tudo se tornou possível. Todos

nós estávamos vivendo num mundo de contos de fadas e todos nós reagíamos a ele perdendo todo o sentido da realidade.

Finley considerou seriamente a possibilidade. – A hemoglobina – disse – entra no fígado e um pouco de auremoglobina sai. A casca de ouro dos ovos tem no ferro a sua única impureza. A gema do ovo é alta em apenas duas coisas: em ouro, é claro, e também um pouco em ferro. Isto tudo não faz sentido. Vamos precisar de ajuda, homens.

Concordamos e isto significou uma terceira etapa da investigação. A primeira etapa consistiu de eu próprio sozinho. A segunda foi a forçatarefa bioquímica. A terceira, a maior e mais importante de todas, envolvia a invasão dos físicos nucleares.

Em 5 de setembro de 1955, chegou John L. Billings, da Universidade da Califórnia. Ele trouxe algum equipamento com ele e depois chegou mais nas semanas seguintes. Mais estruturas temporárias foram levantadas. Eu podia ver que dentro de um ano teríamos uma instituição de pesquisa completa construída ao redor d'O Ganso.

Billings participou da nossa conferência na noite do dia 5.

Finley o pôs a par dos fatos e disse: – Existem muitos problemas sérios envolvidos neste conceito de ferro para ouro. Em primeiro lugar, a quantidade total de ferro n'O Ganso apenas pode ser da ordem de meio grama, entretanto, cerca de 40 gramas de ouro estão sendo fabricadas por dia.

Billings tinha a voz clara e aguda. Ele disse: – Existe um problema pior do que esse. O ferro está mais ou menos no fim da curva da fração. O ouro está muito mais alto. Para converter um grama de ferro num grama de ouro, gasta-se exatamente tanta energia quanto é produzida pela fissão de um grama de U-235.

Finley, encolheu os ombros. – Deixarei o problema com você.

– Deixe-me pensar sobre ele – disse Billings.

Ele fez mais do que pensar. Uma das coisas feitas foi isolar amostras frescas de heme d'O Ganso, colher os resíduos e enviar o óxido de ferro para Brookhaven para análise isotópica. Não havia uma razão especial para fazer aquela coisa. Era só uma das várias investigações especiais, mas foi a única que apresentou resultados.

Quando os números voltaram, Billings ficou perturbado, e disse: – Não existe nenhum  $\text{Fe}^{56}$

– E sobre os outros isótopos? – perguntou Finley imediatamente.

– Todos presentes – respondeu Billings – nas taxas relativas adequadas, mas nenhum Fe56 detectável.

Terei que explicar novamente: o ferro, como ocorre normalmente, é feito de quatro isótopos diferentes. Estes isótopos são variedades de átomos que diferem de um outro em peso atômico. Os átomos do ferro com um peso atômico de 56, ou Fe56 produzem 91,6 por cento de todos os átomos do ferro. Os outros átomos têm pesos atômicos de 54, 57 e 58.

O ferro do heme d'O Ganso foi produzido de Fe<sup>54</sup> Fe<sup>57</sup> e Fe<sup>58</sup>. A dedução era óbvia. O Fe56 estava desaparecendo, enquanto que outros isótopos não estavam, e isto significava que estava se realizando uma reação nuclear. Uma reação nuclear podia tirar um isótopo e deixar outros. Uma reação química comum, qualquer reação química, teria que dispor igualmente de todos os isótopos.

– Mas é energeticamente impossível – disse Finley.

Ele estava dizendo aquilo com um ligeiro sarcasmo, com a observação inicial de Billings na mente. Como bioquímicos, sabíamos muito bem que várias reações continuavam no corpo, o que exigia uma admissão de energia e que isto era controlado pela ligação da reação exigindo energia, com uma reação produzindo energia.

Entretanto, as reações químicas emitiam ou absorviam algumas quilocalorias por molécula. As reações nucleares emitiam ou absorviam milhões. Por conseguinte, para fornecer energia a uma reação nuclear exigindo energia, era necessária uma segunda reação nuclear produzindo energia.

Não vimos Billings por dois dias.

Quando ele voltou, foi para dizer: – Vejam aqui. A reação produzindo energia deve produzir tanta energia por núcleon envolvido quanto consome a reação exigindo energia. Se ele produzir mesmo um pouquinho mais, então, considerando-se o número astronômico de núcleons envolvidos, o excesso de energia produzido evaporaria O Ganso numa fração de segundo.

– Então? – disse Finley.

– Então o número de reações possíveis é muito limitado. Fui capaz de encontrar apenas um sistema plausível. O oxigênio-18, se convertido em ferro-56 produzirá energia suficiente para transformar o ferro-56 em ouro<sup>197</sup>. É como descer um lado de uma montanha-russa e depois subir o outro. Teremos de testar isto.

– Como?

– Primeiro, acho que verificaremos a composição isotópica do oxigênio n'O Ganso.

O oxigênio é composto de três isótopos estáveis, quase todos eles  $O^{16}$ . O  $O^{18}$  compõe-se de apenas um átomo de oxigênio em 250.

Outra amostra de sangue. À água foi destilada em vácuo e um pouco dela submetida a um espectrógrafo de massa. Havia  $O^{18}$  lá, mas só um átomo de oxigênio em 1.300. Os 80 por cento que esperávamos encontrar, não estavam lá.

Billings disse: – Esta é uma prova corroborativa. O oxigênio-18 está sendo consumido. Ele está sendo fornecido constantemente na comida e água d'O Ganso, mas ainda está sendo consumido. O ouro-197 está sendo produzido. O ferro-56 é um intermediário e, visto que a reação que consome ferro-56 é muito mais rápida que aquela que o produz, ele não tem chance de alcançar uma concentração significativa e a análise isotópica mostra sua ausência.

Não estávamos satisfeitos, de modo que tentamos novamente. Mantivemos O Ganso durante uma semana na água que tínhamos enriquecido com  $O^{18}$ . A produção do ouro aumentou quase imediatamente. No final de uma semana ele estava produzindo 45,8 gramas, enquanto que o teor de  $O^{18}$  da água de seu corpo não estava mais alta do que antes.

– Não há dúvida sobre isto – disse Billings.

Ele mordeu seu lápis e ficou de pé. – Aquele Ganso é um reator nuclear vivo.

O Ganso era, obviamente, uma mutação.

Entre outras coisas, uma mutação sugeria irradiação, e esta trouxe à baila a lembrança dos testes nucleares realizados em 1952 e 1953 a muitas centenas de milhas de distância do local da fazenda de MacGregor. (Se lhes ocorrer que nenhum teste nuclear foi realizado no Texas, isto apenas quer dizer duas coisas: não estou lhes contando tudo e vocês não sabem de tudo.)

Duvido que em algum tempo na história da era atômica a irradiação de fundo foi tão meticulosamente analisada e o teor radioativo do solo tão minuciosamente examinado.

Até mesmo os registros meteorológicos foram examinados a fim de se seguir o comportamento dos ventos na hora dos testes nucleares.

Surgiram duas coisas.

Primeira: a irradiação de fundo na fazenda foi um pouco mais alta do que o normal. Nada que eventualmente pudesse causar algum prejuízo, apresso-me em acrescentar. Entretanto, haviam indicações de que na hora do nascimento d'O Ganso, a fazenda tinha estado exposta ao ângulo de deslocamento de pelo menos duas precipitações radioativas. Nada realmente perigoso, apresso-me novamente em acrescentar.

Segunda: O Ganso, isolado de todos os gansos da fazenda, na verdade, isolado de todas as criaturas vivas da fazenda que podiam ser testadas, incluindo os humanos, não apresentou nenhuma radioatividade. Olhem por este lado: tudo apresenta traços de radioatividade; isto é o que significa a radiação de fundo. Mas O Ganso não apresentou nenhuma.

Finley enviou um relatório em 6 de dezembro de 1955, que posso parafrasear como se segue:

O Ganso é a mutação mais extraordinária, nascido de um ambiente de alto nível de radioatividade que estimulou imediatamente mutações em geral, e que tornou esta determinada mutação benéfica.

O Ganso possui sistemas de enzimas capazes de catalisar várias reações nucleares. Não se sabe se o sistema consiste de uma ou mais enzimas. Nem se sabe qualquer coisa da natureza das enzimas em questão. Nem nenhuma teoria pode ser explicada no que diz respeito à possibilidade de uma enzima em catalisar uma reação nuclear, visto que estas envolvem determinadas interações com forças cinco ordens de grandeza mais altas do que aquelas envolvidas nas reações químicas comuns, normalmente catalisadas por enzimas.

A alteração nuclear total é de oxigênio-18 para ouro-197. O oxigênio-18 é abundante em seu ambiente, estando presente em quantidade significativa na água e em todos os víveres orgânicos. O ouro-197 é expelido via os ovários. Um intermediário conhecido é o ferro-56 e o fato de que a auremoglobina é formada no processo nos leva a crer que a enzima ou enzimas envolvidas podem possuir heme como um grupo prostético.

Tem-se pensado consideravelmente no valor que esta alteração total poderia ter para O Ganso. O oxigênio não é nocivo, e o ouro-197 é penoso de ser expelido,

potencialmente venenoso, e uma causa de sua esterilidade. Sua formação possivelmente poderia ser um meio de evitar um perigo maior. Este perigo...

Mas lendo-o no relatório, amigo, faz tudo parecer tão tranquilo, quase melancólico. Realmente, nunca vi um homem chegar tão perto da apoplexia e sobreviver, quanto Billings o fez quando descobriu sobre nossas próprias experiências com o ouro radioativo, que lhe contei antes – aquelas nas quais não detectamos nenhuma radioatividade no ganso, de modo que não consideramos os resultados, por serem inexpressivos.

Ele perguntou várias vezes como podíamos considerar sem importância o fato de termos perdido a radioatividade.

– Vocês são como o “foca” de jornal – disse – que foi enviado para cobrir um casamento da sociedade e ao retornar disse que não havia nenhuma reportagem porque o noivo não tinha aparecido.

– Vocês alimentaram O Ganso com ouro radioativo e o perderam. E não foi só isso; vocês não conseguiram detectar nenhuma radioatividade natural ao redor d’O Ganso. Nenhum carbono Nenhum potássio E vocês chamaram isto de fracasso.

Começamos a alimentar O Ganso com isótopos radioativos. A princípio, cautelosamente, mas antes do final de janeiro de 1956, o estávamos entalando de comida.

O Ganso permanecia sem radioatividade.

– O que importa – disse Billings – é que este processo nuclear catalisado por enzimas d’o Ganso consegue converter qualquer isótopo instável num isótopo estável.

– Vantajoso – eu disse.

– Vantajoso? É uma coisa esplêndida. É a defesa perfeita contra a era atômica. Ouçam, a conversão de oxigênio-18 em ouro-197 deveria liberar oito e uma fração de pósitrons por átomo de oxigênio. Isto significa oito e uma fração de raios gama assim que cada pósitron combine com um elétron. Nenhum ralo gama também. O Ganso deve ser capaz de absorver raios gama inofensivamente.

Irradiamos O Ganso com raios gama. Quando o nível aumentou, O Ganso apresentou uma ligeira febre e saímos correndo em pânico. Contudo, era apenas febre e não radiointoxicação. Um dia se passou, a febre baixou, e O Ganso estava tão bom quanto novo.

– Estão vendo o que conseguimos? – perguntou Billings.

– Uma maravilha científica – disse Finley.

– Puxa, vocês não vêem as aplicações práticas? Se pudéssemos descobrir o mecanismo e duplicá-lo no tubo de ensaio, conseguiríamos um método perfeito de remoção de resíduos radioativos. O inconveniente mais importante que nos impede de ir avante com uma economia atômica de grande escala é o problema de o que fazer com os isótopos radioativos fabricados no processo. Examine-os minuciosamente num preparado de enzimas em grandes cubas e é só.

Descubram o mecanismo, cavalheiros, e podem parar de se preocuparem com as precipitações radioativas. Descobriríamos uma proteção contra a radiointoxicação.

Alterem o mecanismo de alguma forma, e podemos ter Gansos expelindo qualquer elemento necessário, O que acham de cascas de ovos de urânio-135?

– O mecanismo! O mecanismo!

Ficamos sentados lá, todos nós, olhando para O Ganso.

Se ao menos os ovos chocassem! Se ao menos pudéssemos conseguir um bando de Gansos reatores-nucleares!

– Isto deve ter acontecido antes – disse Finley. – As lendas sobre os tais Gansos devem ter começado de algum modo.

– Vocês querem esperar? – perguntou Billings.

Se tivéssemos um bando de tais Gansos, podíamos começar separando alguns. Podíamos estudar seus ovários. Podíamos preparar tecidos em corte e tecidos homogêneos.

Isto poderia não dar nenhum resultado. O tecido de uma biópsia do fígado não reagiu com o oxigênio-18 sob quaisquer condições que tentamos.

Poderíamos então injetar um fígado intacto. Poderíamos estudar embriões intactos, e observar um deles desenvolver o mecanismo.

Mas com apenas um Ganso, não podíamos fazer nada disso.

Não ousávamos matar O Ganso Que Bota Ovos de Ouro.

O segredo estava no fígado daquele Ganso gordo.

Fígado de ganso gordo! Paté de foie gras! Não era uma iguaria para nós!

Navis disse, pensativamente: – Precisamos de uma idéia. Alguma saída radical. Algum pensamento crucial.



– Falar não vai adiantar nada – disse Billings com desânimo. E numa tentativa infeliz de fazer uma piada, eu disse: – Podíamos anunciar nos jornais – e isso me deu uma idéia.

– Ficção científica! – falei.

– O quê? – disse Finley.

– Ouçam, as revistas de ficção científica publicam artigos engraçados. Os leitores acham isso divertido. Eles se interessam por isso. – Eu lhes contei sobre os artigos sobre tiotimolina que Asimov escreveu e que eu tinha lido uma vez.

A atmosfera era fria, de desaprovação.

– Não estaremos nem mesmo quebrando as regras de segurança – eu disse – porque ninguém acreditará nisso. – Contei-lhes sobre aquela vez em 1944, quando escreveu um conto descrevendo a bomba atômica um ano antes de seu aparecimento e o FBI não se pronunciou.

– E os leitores de ficção científica têm imaginação. Não os subestime. Mesmo se pensarem que é uma piada, eles enviarão suas opiniões ao editor. E já que não temos nenhuma idéia própria, visto que estamos num beco sem saída, o que temos a perder?

Ainda assim eles não gostaram da idéia.

Então eu disse: – E vocês sabem – O Ganso não viverá para sempre.

Isto, de alguma forma, funcionou.

Tínhamos de convencer Washington; então entrei em contato com John Campbell e ele entrou em contato com Asimov.

Agora o artigo está terminado. Eu o li, aprovo, e recomendo a vocês todos a não acreditarem nele. Por favor, não acreditem.

Apenas...

Alguma idéia?

## APÊNDICE

## APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO

Atribua, no instrumento abaixo, a nota que reflete sua avaliação sobre os aspectos relacionados à proposta didática, utilizando a escala abaixo.

**1** – Péssimo; **2** – Ruim; **3** – Regular; **4** – Bom; **5** – Excelente;

**S.A.** – Não sei julgar esse quesito/Não se aplica

1. O conto foi escrito de modo a seguir uma certa progressão: começando por conteúdos mais básicos até chegar ao mais complexo. Você considera que essa progressão foi satisfatória?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

2. Você considera que a proposta didática de utilizar um conto de ficção científica no ensino de química foi adequado em relação aos objetivos da disciplina?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

3. Quanto a metodologia proposta, você considera que ela está adequada para aplicação na sala de aula?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

4. A atividade proposta permite que o aluno avance no desenvolvimento e competência de leitura?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

5. A atividade proposta permite que o aluno desenvolva senso crítico sobre como a química atua no cotidiano?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

6. Você considera que a proposta didática engloba a interdisciplinaridade?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

7. Você considera que esta é uma proposta didática inovadora?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

8. Você considera que a proposta didática é aplicável no ensino de química na educação básica?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

9. Como você avalia a proposta didática?

1	2	3	4	5	S.A.
Comentários e/ou sugestões:					

10. O que você considerou mais motivante na proposta?

*Numere por ordem de importância:*

- ( ) a variedade de conteúdos abordados;
- ( ) a interdisciplinaridade entre as disciplinas de química e português;
- ( ) a possibilidade de discussão do texto e dos conteúdos envolvidos pelos alunos;
- ( ) o incentivo a leitura de textos científicos;
- ( ) outro, justifique: