

Simone dos Santos Ribeiro

**ARTICULAÇÕES ENTRE LITERATURA E
EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Florianópolis
2016

Simone dos Santos Ribeiro

**ARTICULAÇÕES ENTRE LITERATURA E
EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-graduação em
Educação Científica e Tecnológica
(PPGECT) da Universidade Federal
de Santa Catarina
Orientador: Prof. Dr. Fábio Peres
Gonçalves

Florianópolis
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária
da UFSC.

A ficha de identificação é elaborada pelo próprio autor

Maiores informações em:

<http://portalbu.ufsc.br/ficha>

Simone dos Santos Ribeiro

ARTICULAÇÕES ENTRE LITERATURA E EXPERIMENTAÇÃO
NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT)/UFSC.

Florianópolis, 31 de março de 2016.

Prof. Carlos Alberto Marques, Dr.
Coordenador do Curso

Prof. Fábio Peres Gonçalves, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Marcelo Pimentel da Silveira, Dr.
Universidade Estadual de Maringá (Videoconferência)

Prof. Patrícia Montanari Giraldi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Karine Raquiel Halmenschlager, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

*Dedico este trabalho a todos que me acolheram como aprendiz ao longo
dessa vida...*

Ao lindo...

*A minha amada Ana Flor, minha maior professora e que,
surpreendentemente, tenho a função de educar...*

A meus pais...

À minha família de longe e de perto...

À E.B.M. Batista Pereira, que é feita de pessoas...

AGRADECIMENTOS

Reservo este momento para agradecer, e o farei em duas partes:

Primeiramente, agradeço a todos que proporcionaram condições materiais para que esta pesquisa se realizasse. Ao meu orientador Fábio Peres Gonçalves por aceitar me guiar por esses dois anos.

Ao programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) por me oferecer um ambiente de aprendizagem.

À prefeitura de Florianópolis por me conceder licença por vinte e quatro meses e a possibilidade de realizar a pesquisa em uma de suas escolas.

Ao Observatório da Educação (OBEDUFSC), que por meio da Capes me concedeu bolsa de estudos, e um grupo de discussão e trabalho, que tanto contribui para minha formação. Agradeço especialmente ao professor Cicero José Marques de Farias, que me ofereceu condições e local para que esta pesquisa pudesse ser realizada; ao diretor e aos estudantes participantes da pesquisa.

Aos professores Marcelo Pimentel da Silveira, Prof. Karine Raquel Halmenschlager, Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli e Patrícia Montanari Giraldi, que buscaram qualificar este trabalho com sua leitura e contribuições. Sem as oportunidades proporcionadas pelo intermédio dessas pessoas e instituições este trabalho não seria possível. Sou imensamente grata a todos!

Como acredito que o percurso acadêmico é vida, nesta segunda parte, estão todas as pessoas que constituíram, de algum modo, minha trajetória no mestrado. Também permanecem quem já citei, só que agora misturados... Os motivos de agradecimento são outros, não menos importantes. Considero aqui os olhares, os sorrisos, as conversas, as falas, escutas e os mais variados tipos de presença.

À turma de mestrandos de 2014, meus agradecimentos pelos conhecimentos e conversas compartilhados.

Ao Professor **Fábio Peres Gonçalves**, por achar que o que ele faz é simplesmente trabalho...

As minhas companheiras de orientação: **Beatriz Biagini**, pelo exemplo de coragem e atrevimento que tanto me inspiram; **Renata Isabelle Guaita**, pelo exemplo de dedicação; **Ivani Cristina Voos**, por ser tão guerreira; **Daiane Quadros de Oliveira**, pela escuta e doçura. Torço por vocês, sempre estarão no meu coração.

Ao **grupo do OBeduc**, por tantos aprendizados e amizades.

À Professora **Sylvia Regina Pedrosa Maestrelli**, pelo sorriso e voz doce nas aulas, o que tanto contribui para a estruturação da pesquisa.

À Professora **Patrícia Montanari Giraldi**, pelo carinho desde o primeiro dia, com contribuições que me fazem refletir.

À Professora **Tatiana da Silva**, pelo olhar acolhedor em um momento de tanta insegurança.

À Professora **Suzani Cassiani**, pelo acolhimento.

Ao Professor **Jose André Peres Angotti**, pelas discussões que me inquietavam o coração.

À Professora **Adriana Mohr**, por me mostrar que a maneira de olhar o mundo pode trazer passividade ou responsabilidade, é só uma questão de escolha.

À Professora **Ana Araújo**, por suscitar em mim autoconfiança.

À **Silvia Oliveira**, por impulsionar esse caminho.

Ao **Cicero José Marques de Farias**, pela amizade que se formou.

À **Mara**, por estar sempre por perto e por ter trazido o Chico.

Ao **Amaro**, pelas correções e pelo Chico.

Aos Amigos, sou imensamente grata pelos sonhos, pelas duas doses, a contemplação do mar e a loucura de pensamentos novos: **Rose Pinheiro de Aguiar e Silva** (parceira); **Zeneide Pinheiro, Elika Silva e Ricardo Pinho**.

À **Tânia Violato Girol**, minha mais nova professora, tão brava!

Ao **Wagner Moreno**, por segurar firme minha mão e soltar quando eu preciso.

À minha filha **Ana Flor**, pela impaciência que me enche de vontade de terminar logo.

Sou muito grata pela oportunidade de estudar em uma universidade pública e gratuita.

*“Não entendo. Isso é tão vasto que ultrapassa qualquer entender.
Entender é sempre limitado.
Mas não entender pode não ter fronteiras.
[...] Só que de vez em quando vem a inquietação:
quero entender um pouco. Não demais:
mas pelo menos entender
que não entendo”*
~ **Clarice Lispector**, em *“A Descoberta do Mundo”* (1967*1973)

RESUMO

Investigamos como determinada obra literária brasileira e seu uso em aulas de Ciências podem contribuir para a abordagem da experimentação na qualidade de um conteúdo para o Ensino de Ciências. Para tanto, com base nos procedimentos da análise textual discursiva (ATD), procedemos à análise do potencial do livro *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis, escrito em 1954, no que se refere à abordagem da experimentação. Foram obtidas categorias de análise que favoreceram discussões sobre experimentação em animais humanos e não humanos, questões de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) ligadas à experimentação e aspectos epistemológicos associados à experimentação. Em seguida, apresentamos a proposta de duas atividades que articulam partes da leitura do livro e atividades experimentais à componente curricular Ciências da Natureza para os anos finais do ensino fundamental. Como atores desta etapa da pesquisa, distinguimos dois grupos de estudantes (sétimo e nono anos) de uma escola da rede pública municipal de Florianópolis. As atividades de leitura e experimentação foram inspiradas, respectivamente, nas estratégias de leitura de Solé (2009) e na estratégia predizer, observar e explicar (POE) de Gunstone (1990). Foram submetidos à análise textual discursiva materiais escritos pelos estudantes durante as duas atividades. Na análise, expõem-se categorias *a priori* desencadeadas na parte II desta pesquisa. Discute-se o material dos estudantes em dois momentos: compreensões discentes antes da leitura do texto de José Reis e compreensões discentes depois da leitura e discussão do texto de José Reis e da realização da atividade experimental. Perante as análises foi possível estabelecer relações com compreensões presentes no texto de José Reis e o entendimento dos estudantes, configurando a literatura como um rico instrumento para abordagens de questões sobre a natureza da experimentação científica.

Palavras-chave: Literatura. Experimentação. José Reis. Ensino de Ciências

ABSTRACT

We investigated how a certain Brazilian literary work and its use in Science classes can contribute to the approach of experimentation as a content for Science Education. Therefore, based on the procedures of discursive textual analysis, we proceeded to analyze the potential of *Aventuras no mundo da ciência*, book written in 1954 by José Reis, to enrich approaches to experimentation. Analysis led to the creation of categories, which provided discussions on experimentation with human and nonhuman animals, issues of Science, Technology and Society and epistemological aspects associated with experimentation. After analyzing the book, we present the proposal for two activities that articulate the reading of parts of the book and experimental activities to the curricular component Natural Sciences for the final years of elementary school. As actors of this stage of the research, we distinguish two groups of students (from seventh and ninth school years) of a municipal public school in Florianópolis, Brazil. The reading and experimentation activities were inspired, respectively, in Solé's reading strategies (2009) and in the strategy Predict, Observe and Explain (POE) of Gunstone (1990). Materials written by the students during the two activities underwent discursive textual analysis. In the analysis, we expose *a priori* categories triggered by part II of this research and discuss the material produced by the students in two stages: students' understandings before and students' understandings after the reading and discussion of José Reis's text and the experimental activity. In view of the analysis, it was possible to establish relations between comprehensions of the text of José Reis and understandings of students, setting literature as a rich instrument for approaching questions about the nature of scientific experimentation.

Keywords: Literature. Experimentation. José Reis. Science teaching.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 — Artigos identificados no acesso ao sítio dos periódicos e na consulta ao Google acadêmico

Quadro 1.2 — Autores e obras citadas

Quadro 1.3 — Publicações sobre José Reis em periódicos nacionais

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 — Produções por período de publicação

Tabela 1.2 — Produções por nível de ensino

Tabela 1.3 — Publicações por gênero textual

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADIC — Associação Brasileira de Divulgação Científica
ATD — Análise Textual Discursiva
CAPES — Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq — Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
ECA/USP — Escola De Comunicação e Arte da Universidade de São Paulo
FAPESP — Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo
IBRASA — Investimentos Brasileiros S/A
IDEB — Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
OBEDUC — Observatório da Educação
OBEDUFSC — Observatório da Educação da Universidade Federal de Santa Catarina
SBPC — Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
TCLE — Termo de Consentimento Livre Esclarecido
UFSC — Universidade Federal De Santa Catarina
UNESCO — Organização para a Educação, a Ciência e a Cultura das Nações Unidas
Saeb — Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 — Categorização dos artigos por temática central

Figura 1.1 — (apêndices) Fotografia de José Reis

Figura 1.2 — (apêndices) Imagem do livro *Aventuras no mundo da ciência*

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	27
INTRODUÇÃO.....	31
1 LITERATURA E ENSINO DE CIÊNCIAS	35
1.1 PROCEDIMENTOS DE BUSCA	35
1.2 ARTICULAÇÃO ENTRE LITERATURA E ENSINO DE CIÊNCIAS NO ÂMBITO NACIONAL.....	37
1.3 DISCUSSÃO DOS TRABALHOS POR CATEGORIAS	46
1.4 UM OLHAR EM TESES E DISSERTAÇÕES	59
1.5 JOSÉ REIS EM PERIÓDICOS NACIONAIS	63
2 ANÁLISE DAS AVENTURAS NO MUNDO DA CIÊNCIA.....	67
2.1 JOSÉ REIS	67
2.2 A OBRA DE JOSÉ REIS: <i>AVENTURAS NO MUNDO DA CIÊNCIA</i>	69
2.3 PROPOSTA PARA A ANÁLISE	71
2.4 UM DIÁLOGO COM AS AVENTURAS NO MUNDO DA CIÊNCIA	73
2.4.1 <i>Experimentação em animais não humanos e humanos</i>	73
2.4.1.1 Experimentação em animais não humanos.....	73
2.4.1.2 Experimentação em humanos.....	81
2.4.2 <i>Aspectos CTS ligados à experimentação</i>	84
2.4.3 <i>Aspectos Epistemológicos associados à experimentação</i>	88
3 PROPOSTA DE EXPERIMENTO ARTICULADA COM A LEITURA DE TEXTOS LITERÁRIOS.....	93
3.1 UMA PROPOSTA PARA A LEITURA.....	93
3.2. UMA PROPOSTA PARA AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	95
3.3 ARTICULAÇÃO ENTRE ATIVIDADE EXPERIMENTAL E LEITURA DE UM TEXTO LITERÁRIO.....	97
3.3.1. <i>Atividades de cultura de bactérias</i>	98
3.3.2 <i>Atividades de cultura de bactérias e indicadores químicos</i> ..	99
3.4 OS SUJEITOS DA PESQUISA	100
3.5 INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	101
3.6 ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA DA PRODUÇÃO DISCENTE.....	101
3.7 UM DIÁLOGO COM ESTUDANTES SOBRE EXPERIMENTAÇÃO.....	102
3.7.1. <i>Compreensões discentes antes da leitura do texto de José Reis</i>	102
3.7.2 <i>Compreensões discentes depois da leitura e discussão do texto de José Reis e da realização da atividade experimental</i>	111

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	122
REFERÊNCIAS	123
APÊNDICES	140
APÊNDICE A - TCLE	141
APÊNDICE B – PLANO DE AULA - LEITURA: CULTIVANDO BACTÉRIAS	145
APÊNDICE C – PLANO DE AULA – EXPERIMENTO: CULTIVANDO BACTÉRIAS	149
APÊNDICE D – PLANO DE AULA - LEITURA: BACTÉRIAS E INDICADORES QUÍMICOS.....	151
APÊNDICE E – PLANO DE AULA - EXPERIMENTO: BACTÉRIAS E INDICADORES QUÍMICOS.....	155
APÊNDICE F– ROTEIRO DE LEITURA: CULTIVANDO BACTÉRIAS	159
APÊNDICE G – ROTEIRO DE ATIVIDADE DE EXPERIMENTO DIDÁTICO: CULTIVANDO BACTÉRIAS	175
APÊNDICE H – ROTEIRO DE LEITURA: BACTÉRIAS E INDICADORES QUÍMICOS	181
APÊNDICE I – ROTEIRO DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL DIDÁTICA: BACTÉRIAS E INDICADORES QUÍMICOS	193

Apresentação

Com a intenção de delinear os caminhos que trouxeram até a presente pesquisa, pretendo contar um pouco da minha história. Para isso, peço permissão para expressar meus pensamentos, neste momento, em primeira pessoa.

Toda história tem um início, porém, no decorrer da escrita desta investigação, noto que não consigo precisar com exatidão quando realmente iniciaram os interesses aqui expressos: ciências, experimentação e literatura. Recordo-me da curiosidade por ciência e experimentos na infância, e os livros de literatura eram, para mim, um encanto e ao mesmo tempo objetos de desejo. Desta maneira, propositalmente ou não, minha vida profissional foi se tornando reflexo dos meus interesses de infância, o que, de certa forma, acredito ter influenciado algumas escolhas profissionais e acadêmicas.

Em vista dos interesses aqui expressos, considero que a proposição de estruturar um estudo que vincula a experimentação didática ao desenvolvimento da leitura dos estudantes foi tomando forma a partir de questionamentos no decorrer da minha atuação como professora. Sou licenciada em Ciências Biológicas e, desde 2010, atuo como docente no cargo de Professora Auxiliar de Ensino de Atividades de Ciências, em uma escola básica da rede Municipal de Ensino de Florianópolis.

Sou responsável, entre outras atribuições, pela organização e direção de atividades no laboratório escolar de ciências. Nesta função, trabalho especificamente com “atividades práticas” (experimentação didática), auxiliando os professores nos processos de ensino e aprendizagem, possibilitando a inclusão destas atividades em seus planejamentos de ensino, tanto nos anos iniciais como nos anos finais do Ensino Fundamental. Este é um dos motivos que explicam o foco deste trabalho na experimentação didática.

Nos anos iniciais, de acordo com os planejamentos das pedagogas, indico “atividades práticas” no laboratório escolar de ciências ou fora dele, com atividades ao ar livre, cuidados com a horta escolar ou em outros ambientes da escola ou do seu entorno. Leciono, também, aulas em momentos nos quais as professoras pedagogas solicitam.

Ainda, nos anos finais, eventualmente, participo dos planejamentos e organizo as “atividades práticas” que são solicitadas pelos professores de Ciências da Natureza. Também atendo, semanalmente, turmas fixas de projetos integrais.

No decorrer da experiência docente surgiu o reconhecimento de que as “atividades práticas”, muitas vezes as de experimentação, a meu ver, não proporcionavam uma aprendizagem satisfatória. Ao contrário do que eu esperava, essas atividades não asseguravam a aprendizagem, por parte dos estudantes. Repetidamente, depois de uma aula preparada exaustivamente, observava através dos registros (avaliações e/ou roteiros) que os estudantes não conseguiam se expressar ou definir satisfatoriamente os conceitos abordados. Desenvolvia vários experimentos vinculados a um único conceito, em que utilizava, por exemplo, diferentes indicadores químicos, com uma conformação mágica e colorida, que enchiam os olhos dos estudantes. As atividades se tornavam momentos lúdicos e dinâmicos. Porém, no momento das avaliações os conceitos não eram expressados. Noto que este aspecto já é amplamente observado e discutido por vários autores, como Izquierdo, Sanmartí e Espínet (1999) quando referem que simplesmente fomentar atividades práticas de experimentação, por si só, não garante a assimilação dos conhecimentos.

Com a participação efetiva na vida escolar e na relação com outros profissionais, em colegiados de classe e em trabalhos interdisciplinares, pude constatar que as dificuldades com o desenvolvimento de leitura e escrita dos estudantes se configuravam como um grande nó existente na escola.

Com o esclarecimento deste problema, configurava-se de maneira mais clara um grande desafio profissional: de que maneira, por meio de “atividades práticas” de ciências, meu trabalho poderia contribuir no processo de desenvolvimento de conceitos científicos e de leitura e escrita dos estudantes?

Busquei, então, formas de tentar esclarecer estas questões. Tive a oportunidade de participar, em 2012, de um breve curso, oferecido pela Secretaria de Educação do Município de Florianópolis (SME), que abordava leitura e escrita nas aulas de Ciências. Lá, com a professora Silvia Oliveira, pude perceber que os trabalhos, nos laboratórios escolares de Ciências, necessitavam de um olhar cuidadoso, e diferenciado, já que é um local onde se espera trabalhar com “atividades práticas”.

A proposta seria, além da utilização de textos didáticos, disponibilizar a leitura de variados gêneros textuais. Tal proposta de leitura permite que o estudante utilize suas memórias, inclusive de leituras e experiências prévias, vinculando-as, se possível, aos conceitos, em textos que permitam essa relação, como: livros de literatura, poesia, música e outros. Examino que tal perspectiva de leitura vem ao encontro

das teses defendidas por Solé (2009) quando se refere à leitura como um processo interativo em que o leitor faz uso do conhecimento do mundo e do próprio texto para ir construindo uma interpretação. Tal perspectiva ressalta a necessidade de o estudante processar o texto nos diversos aspectos (regras sintáticas, os significados das palavras no contexto e a maneira de escrever as palavras).

Quanto ao desenvolvimento da atividade, seria importante que essa desafiasse os estudantes, porém, os deixasse seguros para a expressão escrita. O professor pode diminuir a utilização de roteiros de “atividades práticas” como “receitas” e ir abrindo para expressões criativas da escrita. Entretanto, é necessário ressaltar que a apropriação de conhecimentos não acontece simplesmente por meio de atividades experimentais. Essas atividades podem ser trabalhadas frente a discussões de situações sociais, econômicas e culturais que permitam o desenvolvimento não só de conceitos. Nessa lógica, Piassi e Araújo (2012) exemplificam que, em um simples experimento de germinação de feijão, após observações, suposições e explicações os estudantes podem ainda ser estimulados a pensar e discutir como são as plantações de feijão. Quem faz as plantações e colheitas? Que tipo de máquinas e usos tecnológicos são utilizados nesse processo até que o feijão possa chegar às nossas mesas? Este é um exemplo entre outros que podem ser abordados.

Ainda, é possível notar acordo entre o pensamento explicitado e a literatura especializada. Por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) defendem que não se trata somente de ensinar a ler e escrever para que os alunos possam aprender Ciências, mas também de fazer uso das Ciências para que os alunos possam aprender a ler e a escrever (BRASIL, 1997). Assim posto, as “atividades práticas” de experimentação podem ser momentos que venham qualificar também os trabalhos de leitura e escrita dos estudantes.

Por gosto individual pela literatura e o anseio de trazer textos e estratégias, diferentes dos tradicionais, para o laboratório de Ciências, iniciei então um curso de contação de histórias. Aproveitava este aprendizado com os estudantes dos anos iniciais. Antes das aulas práticas utilizava um livro de literatura infantil como pano de fundo, fazia uma roda no chão e contava a história com o livro nas mãos, sempre interligando os conceitos trabalhados com a literatura utilizada, através de exemplos, contraexemplos ou algum aspecto social ou cultural que pudesse ser apresentado. Entretanto, ao trabalhar com os anos finais, não me sentia segura para lançar mão de recursos específicos para fomentar a leitura e escrita.

Contudo, estimulada a desenvolver meu trabalho de maneira mais assertiva, participei de um curso de especialização na modalidade a distância em Ensino de Ciências oferecido pelo Instituto Federal de Santa Catarina. Quando iniciei as pesquisas para a elaboração da monografia tive acesso às publicações do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e seus pesquisadores.

As dificuldades encontradas na minha trajetória profissional encaminharam-me à possibilidade de desenvolver esta pesquisa de mestrado. E, talvez, a configuração deste estudo possa ter iniciado com memórias da infância, quando tinha o gosto pela literatura e por motivos diversos não tinha o acesso desejado. Porém, imagino que apenas disponibilizar obras literárias sem permitir ou estimular sua utilização, não contribua para que o estudante possa vir a se tornar um leitor.

Essa vivência, fundamentada teoricamente, agora instiga o desafio de proporcionar momentos de contato entre os estudantes e as diversas possibilidades de leitura literária e toda discussão que ela possa oferecer com relação à Ciência. Assim, em convergência com os pressupostos defendidos por meu orientador, desenhamos os primeiros traços de nossa questão de pesquisa: a possibilidade de investigar o potencial de uma obra literária para a abordagem da experimentação no Ensino de Ciências da Natureza, nos anos finais do Ensino Fundamental.

Na próxima parte deste trabalho pretendo discutir, por meio de autores, a utilização da literatura no Ensino de Ciências e, de maneira mais específica, esclarecer as escolhas que configuram esta pesquisa.

Introdução

Defendemos que as práticas escolares de leitura são de responsabilidade de todas as áreas que constituem o currículo, ou seja, todo professor, independente da componente curricular em que atua, é um professor de leitura (SILVA, 1998). Essa defesa é compartilhada por autores que se debruçam sobre perspectivas de leitura no Ensino de Ciências. Tais ponderações harmonizam-se com o nosso comprometimento em fomentar práticas de leituras de textos distintos nas aulas de Ciências da Natureza, mais especificamente, textos literários, na qualidade de expressão artística. À vista disso, assinalamos a utilização de obras literárias no Ensino de Ciências, as quais podem, ainda, contribuir com a formação leitora dos estudantes e com a promoção de abordagens que venham enriquecer visões culturais e de Ciências.

Quanto a visões de Ciência, consideramos o enriquecimento necessário, uma vez que, em práticas educativas questionáveis e não raras, é comum o estabelecimento de um patamar à Ciência em que esta pouco se articula com outras formas de conhecimento. Assim, confere-se à Ciência, ensinada na escola, um entendimento deslocado do universo político e cultural em que é desenvolvida (PINTO, 2009). Neste sentido, é frequente também, no contexto do Ensino de Ciências, a disseminação de visão empobrecida do contexto científico ao colocá-lo antagonicamente a outros tipos de produção, como por exemplo, às Artes. A antagonia entre Arte e Ciência pode se dar em favor do *status* conferido a cada uma delas, segundo o entendimento e a relevância social depositadas a uma ou a outra ao longo da história (SILVA 2011). Os processos educativos, por vezes, colocam a Arte como um produto do lúdico, da imaginação, com aspectos ilógicos e falsos, supostamente como oposição à Ciência.

Deste modo, reconhece-se que a admissão do trabalho científico como manifestação humana e cultural favoreça o enfrentamento de visões simplistas sobre a Ciência. Ademais, destacar que a imaginação é algo que caracteriza as Artes e se afasta das Ciências é algo plenamente questionável. A imaginação é bastante presente em trabalhos como aqueles que envolvem a criação de modelos explicativos para fenômenos não observáveis — como o surgimento da Terra e dos seres humanos (SILVA, 2006).

Defendemos que a abordagem desses aspectos por meio da literatura pode elucidar tais compreensões. Um olhar atento para as produções humanas pode revelar relações existentes

entre Ciência e Arte, de maneira a destacar semelhanças nos processos de produção, como: capacidade de criar, expressão de ideias e visão de mundo. Compreendemos, como Giraldelli e Almeida (2008), que o ensino que valorize a aproximação entre Arte e Ciência pode ter como um pressuposto que a construção da ciência não acontece isolada de determinantes sociais, tecnológicos e econômicos, em espaço e tempo históricos. Logo, a Arte como imitação subjetiva da realidade, por exemplo, pode ser um caminho para aproximação entre Ciência e indivíduos, facilitando discussões de pontos que naturalmente não seriam ponderados no cotidiano dos estudantes (SNOW, 1993).

Com relação à função educacional de obras literárias, Piassi (2012) destaca que elas podem desempenhar papel questionador dos produtos científicos. Além disso, um entendimento mais amplo da construção científica auxiliaria na abertura da visão de ciência em direção a aspectos socioculturais do conhecimento sem, com isso, desvalorizar ou diminuir o valor dos conceitos, situando-os em um sistema de valores e preocupações humanas mais abrangentes.

Trazendo a experimentação no Ensino de Ciências para esta discussão e aproximando-a aos objetivos desta pesquisa, concordamos que a experimentação no ensino apresente finalidades diferentes das observadas no meio científico. Pode-se vincular aos pressupostos defendidos para este estudo, o trabalho proposto por Gonçalves (2014), ao alertar que a literatura poderia ser utilizada para problematizar a experimentação, na qualidade de conteúdo na formação inicial de professores de química. O autor pondera que a experimentação tem se constituído como um dos conteúdos da formação docente, e que sugestões inovadoras da literatura em didática das ciências defendem sua abordagem por meios diversos.

Contudo, como ressalta esse autor, trabalhar a experimentação por meio da literatura parece se revelar como algo ainda incipiente.

Em acordo com o estudo desenvolvido por Gonçalves (2014), enxergamos viabilidade em tratar aspectos relacionados à experimentação em obras literárias, inclusive naquelas produzidas por escritores com veia científica, como José Reis.

Como parte de um projeto de pesquisa mais amplo que busca identificar e analisar obras literárias com potencial para tratar os assuntos associados ao Ensino de Ciências, tomamos como objeto de estudo para esta investigação o livro *Aventuras no mundo da ciência*, escrito em 1954 por José Reis.

Nesta perspectiva, Zanetic (1989) defende a existência de duas famílias de autores. A primeira seria de cientista com veia literária, na qual estão indivíduos relacionados diretamente com a produção do conhecimento científico, mas que ao longo dos tempos produziram obras que podem ser lidas como textos literários. Na segunda família, de escritores com veia científica, segundo Da Silveira (2013), pode-se encontrar obras com uma compreensão cultural e social da ciência em determinadas épocas ou contextos; incluem-se nela autores com maior ou menor conhecimento científico, que produziram obras literárias com inspirações nesses conhecimentos.

José Reis parece se aproximar da primeira família de escritores. Ele tinha formação médica e foi pesquisador no Instituto Biológico e um dos precursores da divulgação científica no Brasil. Escrevia obras para popularização da ciência em jornais, revistas, folhetos dirigidos, livros infanto-juvenis, realizava palestras e visitas a laboratórios. Através de seu trabalho nasceram clubes, feiras e concursos de ciência. Ganhou prêmios e foi homenageado por várias instituições, como: “Núcleo José Reis de Divulgação Científica” na Escola de Comunicação e Arte da Universidade de São Paulo — ECA/USP; Associação Brasileira de Divulgação Científica — ABRADIC; Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico — CNPq, que o homenageou com um prêmio que leva seu nome, para os ícones da Divulgação Científica e Tecnológica brasileira; e Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo — FAPESP, que criou o programa José Reis de Incentivo ao Jornalismo Científico.

O autor debruçou-se durante anos sobre o estudo das doenças das aves e, junto com outros pesquisadores, escreveu o “Tratado de Doenças das Aves”. Foi nesta época (meados da década de 1950) que José Reis escreveu o livro infanto-juvenil *Aventuras no mundo da ciência*.

Assim sendo, coloca-se na qualidade de questão de pesquisa:
Como determinada obra literária brasileira e seu uso em aulas de Ciências podem contribuir para a abordagem da experimentação no Ensino de Ciências?

Mais especificamente, têm-se como objetivos:

- *identificar as potencialidades do livro *Aventuras no mundo da ciência* do autor José Reis no que se refere à abordagem da experimentação;*
- *elaborar e promover uma proposta que vincula experimentação à leitura de um texto literário para os anos finais do ensino fundamental da componente curricular de Ciências da Natureza;*
- *analisar potencialidades e limites da proposta que articula experimentação no Ensino de Ciências à leitura de um texto literário.*

Até aqui, introduzimos o tema que será estudado pautando-nos em argumentos que compartilhamos com estudos da área. Apresentamos também a questão de pesquisa e os objetivos. Após a introdução, o trabalho será apresentado em três partes:

Parte I - apresentamos uma revisão de publicações da área que privilegiam o Ensino de Ciências articulado à literatura. Exibimos ainda uma revisão de artigos que tratam especificamente das obras do autor José Reis, com a intenção de evidenciar a importância de se trabalhar publicações desse autor no Ensino de Ciências.

Parte II – expomos os procedimentos utilizados na obtenção e análise de informações qualitativas associadas ao livro *Aventuras no mundo da ciência*. Ainda nesta parte, expomos a análise do referido livro orientada pelos procedimentos da análise textual discursiva (ATD).

Parte III – apresenta-se a proposta de atividade experimental promovida com um coletivo de estudantes dos anos finais do ensino fundamental e a análise de parte das produções discentes elaboradas no desenvolvimento da proposta.

Por fim, expõe-se uma síntese e sinalizações de potencialidades, limites e desafios encontrados no desenvolvimento da proposta de atividade experimental para o Ensino de Ciências articulada com a leitura do texto literário.

1 Literatura e Ensino de Ciências

Com base em uma revisão em artigos nacionais, analisamos como a articulação entre literatura e ensino de ciências vem sendo discutida. Primeiramente, apresentamos os procedimentos adotados para a seleção dos textos em estudo. Em seguida, expomos as análises dos trabalhos. Também apresentamos uma revisão de trabalhos publicados sobre o autor José Reis.

1.1 Procedimentos de busca

Com a finalidade de entender como a literatura está sendo articulada ao Ensino de Ciências na produção de periódicos nacionais, adotamos como um dos procedimentos a seleção de publicações, de acordo com a avaliação das revistas pelo Sistema de Avaliação e Qualificação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - o Qualis¹. Buscamos como fonte periódicos nacionais de Ensino de Ciências da Natureza avaliados pela área de Ensino do Qualis com classificação A1, A2 e B1. O recorte temporal desta pesquisa compreende o período de 2005 (a partir de janeiro) a 2014 (até dezembro). Ou seja, dez anos de publicações nestes periódicos. Acreditamos que tal escolha se justifique em função de esses periódicos veicularem de forma mais explícita a produção ligada à área de Ensino de Ciências com indicativos de qualidade acadêmica. Para realizar a seleção das publicações, consideraram-se os periódicos disponíveis *online* e de acesso gratuito. Os artigos foram selecionados com base em seu título, resumo e palavras-chave. Selecionaram-se os que abordavam a utilização de literatura, gênero literário, ou obra literária ligadas ao Ensino de Ciências.

O segundo procedimento foi utilizar o Google Acadêmico na busca por artigos por meio das palavras-chave: Literatura e Ensino de Ciências; Literatura e Ensino de Biologia; Literatura e Ensino de Física; e Literatura e Ensino de Química. Foram consultadas as referências que apareceram nas vinte primeiras páginas disponibilizadas pelo buscador no uso de cada descritor. Esta consulta foi feita no período de março a abril de 2015. Nesta seleção não foram considerados limites temporais e nem a classificação Qualis dos periódicos nos quais os artigos foram

¹ Classificação vigente no ano de 2014.

veículos. Justificamos este recorte por identificar trabalhos fora do recorte temporal estabelecido inicialmente. Desconsideramos, nesse momento, trabalhos publicados em eventos, teses e dissertações.

Como terceiro procedimento, resgataram-se, de maneira mais sucinta e não tão sistemática, teses e dissertações. Buscaram-se no portal da Capes teses e dissertações com os descritores utilizados nas outras consultas.

O quarto procedimento utilizado foi por meio da Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), por assunto, com o descritor “José Reis”. Foram considerados artigos publicados em periódicos disponíveis *online* e de acesso gratuito, sem limite temporal, contendo referências ao mencionado autor. Buscamos referências por meio deste procedimento por não ter encontrado publicações associadas ao trabalho de José Reis com os procedimentos anteriores.

Com os artigos do primeiro e segundo procedimentos, foram feitas análises considerando: periódicos; período de publicação; nível de ensino estudado; gênero literário abordado; e compilação de obras e autores literários discutidos nos artigos. A identificação destes aspectos se sustenta, em parte, em trabalhos que analisam produções acadêmicas como o de Lorenzetti e Delizoicov (2006), que apresentaram um panorama da investigação em Educação Ambiental no Brasil a partir da análise de teses e dissertações. A forma como as informações foram analisadas aqui se fundamentou, em parte, na pesquisa dos referidos autores. No terceiro procedimento, separamos os artigos por periódico e por período de publicação.

Como procedimento de análise, foi realizada uma primeira leitura dos textos selecionados. A etapa seguinte desse levantamento consistiu na classificação dos trabalhos em temáticas centrais. Inspirados em Ferreira e Queiróz (2012), que fizeram um estudo sobre o panorama das publicações relacionadas a textos de divulgação científica no cenário nacional, identificamos quatro temáticas referentes aos trabalhos sobre a utilização de literatura no Ensino de Ciências. Tais temáticas foram definidas de acordo com os objetivos de pesquisa explicitados nos trabalhos, e são descritos e discutidos. Por último, são explicitadas interpretações acerca da produção sobre José Reis.

1.2 Articulação entre literatura e Ensino de Ciências no âmbito nacional

A partir desse recorte e tendo em vista o objetivo desta revisão – realizar o levantamento das pesquisas voltadas ao tema em foco, no contexto brasileiro, e relacionadas à área de Ensino de Ciências Naturais – chegamos a um total de 15 periódicos (Quadro 1.1). Foi possível encontrar artigos em 12 das revistas pesquisadas, totalizando 25 produções. Não encontramos publicações com as características descritas no período analisado nos seguintes periódicos: Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia; Revista Brasileira de Ensino de Física; e Investigações em Ensino de Ciências.

A pesquisa no Google Acadêmico possibilitou o encontro de publicações em periódicos fora da classificação Qualis em Ensino e da delimitação temporal proposta no recorte. Identificaram-se no total 13 artigos, distribuídos nas categorias pesquisadas: 06 publicações em Ensino de Física; 03 publicações em Ensino de Química e 04 publicações em Ensino de Ciências (Quadro 1.1). No recorte estabelecido com a palavra-chave “Literatura e ensino de Biologia” não se encontraram publicações que já não estivessem contempladas na busca anterior.

Periódicos ²	Periódicos (Ensino de Ciências) com Qualis A1, A2, B1,	Google Acadêmico	Autores e ano de publicação
	Nº artigos	Nº de artigos	
Acta Scientiae	01	-	(BENITE, BENITE e JUNIOR, 2009)
A Voz e o Olhar do Outro		01	(LA ROCQUE, 2012)
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	02	-	(FERREIRA e RABONI, 2013; SOUZA e VIANNA, 2014)
Ciência & Educação	03	02	(LIMA e CARVALHO, 2002 a; LIMA, BARROS e TERRAZAN, 2004; RIBEIRO e MARTINS, 2007; STRACK, LOGUÉRCIO e PINO, 2009; KAWAMOTO e CAMPOS, 2014)
Ciência & Ensino	04	-	(PIASSI e PITROCOLA, 2007; VON LINSINGEN, 2007; VON LINSINGEN, 2008; LONDERO, 2014)
Ciência & Idéias	01	-	(MENDONÇA, 2009)
Ciência e Cultura	-	01	(ZANETIC, 2005)
Contexto & Educação	-	01	(CABRAL, GIOPPO e BUENO, 2011)
Ciência em Tela	01	-	(SALOMÃO, 2008)

² O número de periódicos descritos no Quadro 1.1 são referentes a busca em sítios dos periódicos e google acadêmico, portanto a tabela apresenta um número total de periódicos encontrados.

Educação e Pesquisa	-	01	(PIASSI e PIETROCOLA, 2009)
Educação: teoria e prática	-	01	(PINTO NETO, 2012)
Ensaio: Pesquisa e Educação em Ciências	05	01	(LIMA e CARVALHO, 2002; GIRALDELLI e ALMEIDA, 2008; PINTO, 2009; PIASSI, 2012a; ZANOTELLO e ALMEIDA, 2013; PALCHA e OLIVEIRA, 2014)
Ensino em RE-vista	-	01	(REIS, 2000)
Experiências em Ensino de Ciências	02	-	(BARBOSA, PASSOS e COELHO, 2011; SANTOS e ZANOTELI, 2013)
Genética na Escola	02	-	(GUIMARÃES, PEDREIRA e OLIVEIRA, 2014; COSTA e SILVA, 2014)
História, Ciência, Saúde – Manguinhos	-	01	(ZANETIC, 2006b)
Pro-posições	-	01	(ZANETIC, 2006a)
Química Nova na Escola	02	01	(PORTO, 2000; SILVA, 2011; GONÇALVES, 2014)
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	01	-	(SIMON, NOGUEIRA e VICENTIN, 2014)
Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciência	01	-	(PIASSI, 2011)
Seminário De Visu	-	01	(SILVA e RIBEIRO, 2012)
Total	25	13	38

Quadro 1.1 — Artigos identificados no acesso ao sítio dos periódicos e na consulta ao Google Acadêmico

Considerando os períodos em análise localizou-se o maior número de publicações entre 2013 e 2014 (Tabela 1.1), (31,57 % das publicações analisadas). Mais da metade dos artigos localizados na revisão foi publicada nos últimos quatro anos considerados na consulta. Isto pode ser indicativo de um interesse crescente e mais atual da área pela temática literatura e Ensino de Ciências, bem como um reflexo do aumento no número de programas de pós-graduação em Ensino de Ciências no país. Esses números podem ser interpretados como um cenário promissor para investigação no Brasil no que se refere a articulações entre literatura e Ensino de Ciências, sobretudo partindo da rica literatura nacional a ser explorada.

Tabela 1.1— Produções por período

Período	Periódicos (Ensino de Ciências) com Qualis A1, A2, B1 N° artigos	Google Acadêmico N° artigos	Total	Porcentagem aproximada
Antes de 2005	-	05	05	13,15
2005 a 2006	-	04	04	10,52
2007 a 2008	04	-	04	10,52
2009 a 2010	04	01	05	13,15
2011 a 2012	05	03	08	21,05
2013 a 2014	12	-	12	31,57
Total	25	13	38	99,96

A Tabela 1.2 explicita os níveis de ensino tratados nas produções. É necessário registrar que nem todos os trabalhos apresentavam o nível de ensino abordado, enquadrando-se 16 trabalhos com esta característica.

Tabela 1.2 — Produções por nível de ensino

Nível de Ensino	N° de publicações
Ensino Fundamental	06
Ensino Médio	07
Graduação	10
Não especifica níveis de ensino	16

Em geral, os trabalhos que tratam do Ensino Fundamental remetem à utilização de gêneros literários e desenvolvimento de conceitos, com a preocupação, muitas vezes, de superar os chamados modelos

tradicionais de ensino. Identificamos que a utilização de diversos gêneros literários seria uma forma de aproximar conceitos científicos ao mundo dos estudantes.

Salomão (2008) desenvolveu uma pesquisa no 6º ano do Ensino Fundamental com a peça de teatro *Lição de Botânica* de Machado de Assis. Para esse trabalho o texto literário foi apresentado por meio da representação de uma peça teatral. A autora considerou a aprendizagem como um processo de significação no qual a linguagem científica e literária desempenham um papel essencial. Em concordância com a autora, defendemos as diversas maneiras de lançar os textos literários nas aulas. Desta forma, os conceitos e palavras próprios do discurso científico podem ser naturalizados em situações diferentes das tradicionais (em geral por meio de livros didáticos). Salomão (2008) ainda explicita êxito na elaboração de uma “atividade prática” de confecção de um herbário com plantas do jardim e do entorno da escola, semelhante ao que é articulado na peça. Este aspecto também merece destaque em função da proximidade ao que é proposto na nossa pesquisa. Cabe dar destaque igualmente à significação da “atividade prática” pelos estudantes, mediada pela vivência dos personagens.

Lima e Carvalho (2002a; 2002b) propuseram para os anos iniciais do Ensino Fundamental a substituição de aparatos experimentais por uma história infantil, que tinha por função motivar e dar informações necessárias para o processo de reflexão fundamental à resolução de um exercício de raciocínio. Os estudantes foram estimulados a explicar o funcionamento de uma máquina que é descrita na história, por meio de conversa e/ou desenhos. As autoras desse trabalho, frequentemente, desenvolvem trabalhos com aparatos experimentais para resolução de problemas. Porém, discutem que em função da abstração inerente aos conceitos científicos, uma estratégia de aproximá-los à realidade da criança seria a utilização de histórias infantis que pudessem encorajá-las a construir hipóteses, prever eventos e realizar testes para determinar se suas ideias apresentam coerência. Como resultado as pesquisadoras ressaltam que foi significativa a apropriação pelos estudantes de palavras comumente utilizadas pela Física. As autoras trazem ainda como observação a possibilidade de aproximação entre histórias infantis e aparatos experimentais. Apesar de não discutirem a possibilidade de aproximar aparatos experimentais às histórias infantis, o trabalho nos oferece indicativos de que este procedimento pode ser viável em aulas de ciências. Portanto, identifica-se também nos trabalhos de Lima e Carvalho (2002a; 2002b) alguma aproximação com o proposto em nossa pesquisa.

Kawamoto e Campos (2014) utilizaram as histórias em quadrinhos como ferramenta didática complementar a “aulas teóricas” com livro didático para o ensino do conteúdo corpo humano ao 5º ano do Ensino Fundamental. A estratégia escolhida foi desenvolver uma história em quadrinhos que pudesse harmonizar os conceitos esperados para o estudo do corpo humano. As autoras se referem ao cuidado de construir as histórias de maneira que os estudos do corpo humano possam se intercalar. Isso se constitui em uma resposta à queixa comumente apresentada de que os sistemas do corpo humano são trabalhados de maneira fragmentada na escola.

Reis (2000) examinou a utilização de histórias em quadrinhos como recurso didático para trabalhar questões ambientais no Ensino de Ciências de maneira “crítica” e criativa mantendo um clima lúdico. A história em quadrinho trabalhada refere-se a conceitos sobre cadeia alimentar. O trabalho foi desenvolvido com a leitura da história em quadrinhos citada e posterior discussão de situações vividas pelos estudantes relacionadas à dependência entre os seres vivos. Ainda, como motivação de registro da atividade foi proposto que os estudantes desenvolvessem de maneira individual um livro literário.

Giraldelli e Almeida (2008) analisaram a “pertinência” da leitura de um texto de literatura infanto-juvenil como mediador no Ensino de Ciências Naturais com a finalidade de aumentar as possibilidades e estratégias de ensino desta componente curricular. As autoras desenvolveram a leitura coletiva de um texto e analisaram as falas e o envolvimento dos estudantes por meio da Análise de Discurso. Destacam que puderam perceber que o texto influenciou reflexões de natureza ecológica.

A partir dos trabalhos descritos para o Ensino Fundamental, podemos perceber que, apesar da utilização de textos literários em aulas de Ciências, as referências ao processo de formação leitora dos estudantes ficam silenciadas em função da preocupação com a apropriação de conceitos e reflexões sobre Ciências.

A Tabela 1.3 delimita o número de trabalhos por gênero textual. Consideramos como “literatura geral” a literatura infanto-juvenil, a literatura nacional e a literatura estrangeira. A classificação “outros” inclui texto narrativo em livro didático (RIBEIRO e MARTINS, 2007). São identificados diversos gêneros para trabalhar nas aulas de Ciências. A principal característica de aproximação entre os trabalhos é a presença de conceitos ou situações científicas apontadas como possibilidades para abordagem em aulas de Ciências.

Tabela 1.3 — Publicações por gênero

Gênero	Quantidade
Literatura de Divulgação Científica	05
Literatura de Cordel	02
Literatura Infantil	05
Literatura de Ficção Científica	06
Poesia	03
História em Quadrinhos	07
Literatura Geral	08
Outros	02

Como uma das propostas da corrente pesquisa é desenvolver atividades com a utilização de uma obra literária infanto-juvenil, tecemos comentários acerca de trabalhos que trazem a literatura que denominamos geral e que engloba a literatura infanto juvenil: (ZANETIC, 2005; ZANETIC, 2006a; ZANETIC, 2006b; GIRALDELLI e ALMEIDA, 2008; SALOMÃO, 2008; PINTO NETO, 2012; FERREIRA e RABONI, 2013; GONÇALVES, 2014).

Zanetic (2005, 2006a; 2006b) discute literatura de uma maneira geral, sem analisar uma obra específica. O autor estabelece relações entre Física e cultura na literatura, e sinaliza que estudiosos da linguagem se dedicam a entender a impregnação mútua entre Física e literatura em obras de cientistas (ZANETIC, 2005). Zanetic (2006a) também discute o trabalho interdisciplinar entre Ciência e Arte, sendo esta última na forma de música e literatura. Em outro trabalho, Zanetic (2006b) defende os ganhos em trabalhar com literatura no Ensino de Ciências. Destaca a literatura como fonte geradora de reflexão e conhecimento que pode auxiliar no diálogo com o mundo e na possibilidade de valorização de conhecimentos diversos.

Giraldelli e Almeida (2008) fazem uma análise da proposta de trabalhar um livro de literatura infanto-juvenil com estudantes da quarta série do Ensino Fundamental (atualmente quinto ano do Ensino Fundamental). Propuseram uma leitura coletiva de texto literário e abordaram uma compreensão de leitura em uma perspectiva discursiva (em que são admitidas diversas possibilidades de interpretação dependendo da posição assumida pelo leitor). As autoras acreditam que a literatura pode colaborar com o debate e a manifestação dos estudantes. Apresentam os textos literários como possibilidade de mediação de perspectivas diversas do discurso científico. Porém, enfatizam que não basta substituir textos tipicamente didáticos e

apontam que a mediação dos diversos tipos de textos oferecidos na escola necessita de abordagem diferenciada.

Salomão (2008), como já mencionado, trabalhou com o texto “Lição de Botânica” de Machado de Assis. A autora enfatiza a necessidade de contextualização do autor e da obra. Especificamente no caso de Machado de Assis, Salomão (2008) descreve o interesse por parte do autor em educar cientificamente a sociedade por meio de suas peças teatrais. No final do século XIX, no contexto brasileiro, com a ciência despontando, a literatura apresentava um importante meio de divulgação de seus produtos e do cenário científico do país. Este tipo de literatura pode estar recheado de história da ciência e possibilitar a ampliação dos conhecimentos. Este aspecto vem ao encontro do cenário desenhado pela escolha da obra e do autor que utilizamos em nossa pesquisa.

Pinto Neto (2012) aborda reflexões sobre a representação do profissional químico e da Química em textos literários. O autor ressalta que o papel social da química é resultado de diferentes produções culturais e uma das maneiras de entendê-lo é estudar suas caracterizações na literatura. Pinto Neto (2012) ainda destaca que a literatura a partir do século XVIII se vale de ideias que remetem à prática científica, muitas vezes com a intenção de instruir.

Ferreira e Raboni (2013) aproximam a obra do escritor Júlio Verne a conceitos científicos dispostos em livros didáticos de Física do Ensino Médio. Os autores destacam a riqueza e complexidade dos enredos contextualizados presentes na obra do referido escritor.

Por último, Gonçalves (2014) aborda a obra do escritor italiano Primo Levi, *A Tabela Periódica*, e propõe a análise de trechos deste livro como possibilidade de problematizar a experimentação, na qualidade de conteúdo da formação de professores de Química. Assume que as obras literárias têm o potencial de favorecer muitas discussões e, inclusive, tocar em aspectos da epistemologia, e acredita que *A Tabela Periódica* configura uma obra com este potencial (GONÇALVES, 2014).

A seguir apresentamos o Quadro 1.2, que pontua autores e obras contemplados nos estudos selecionados pelo recorte. Esta exposição pode ser indicativa de obras literárias a serem utilizadas no Ensino de Ciências. Também podem sinalizar possibilidades de trabalhos com novos autores e obras literárias – como entendemos ser o caso do trabalho com o livro de José Reis, *Aventuras no mundo da ciência*. É preciso evidenciar que nem todos os trabalhos traziam discussões acerca de obras literárias específicas, como é o caso de Zanetic (2005; 2006a;

2006b). Este autor nos traz indicação de inúmeras obras com potencial de trabalho, porém, nestas publicações não se debruça em analisar obras em particular.

Obra	Autor	Referência
A chave do tamanho	Monteiro Lobato	(CARVALHO, 2008)
A dança do universo	Marcelo Gleiser	(ZANOTELLO e ALMEIDA, 2013)
A procura do Absoluto	Honoré de Balsac	(PINTO NETO, 2012)
A tabela periódica	Primo Levi	(GONÇALVES, 2014)
A volta ao mundo em 80 dias	Júlio Verne	(PINTO NETO, 2004)
Drácula	Bram Stoker	(LA ROCQUE e TEIXEIRA, 2001)
Encontro com Rama	Arthur Clarke	(PIASSI, 2011)
Frankenstein	Mary Shelley	(PINTO NETO, 2012)
Frankenstein	Mary Shelley	(LA ROCQUE e TEIXEIRA, 2001; PINTO NETO, 2012)
Lágrima de preta - Máquina de fogo	Antônio Gedeão	(SILVA, 2011)
Lição de Botânica – Teatro completo de Machado de Assis	Machado de Assis	(SALOMÃO, 2008)
Lição de prática	Maurício Luz	(MENDONÇA, 2009)
Lição sobre a água – Linhas de força	Antônio Gedeão	(SILVA, 2011)
O diário do Beagle	Charles Darwin	(CABRAL, GIOPPO e BUENO, 2011)
O frio pode ser quente?	Jandira Masur	(BENITE, BENITE e JÚNIOR, 2009)
O martelo de Deus	Arthur Clarke	(PIASSI, 2011)
O segredo	Arthur Clarke	(PIASSI, 2012 a)
O vento solar	Arthur Clarke	(PIASSI e PIETROCOLA, 2007)
Obra poética	Fernando Pessoa	(LIMA, BARROS e TERRAZAN, 2004)
Orryx e Cracke	Margaret Atwood	(MENDONÇA, 2009)
Os frutos dourados do sol	Ray Bradbury	(PIASSI e PIETROCOLA, 2007)

Os náufragos do Selene	Arthur Clarke	(PIASSI, 2011)
Psicologia de um vencido (poesia) – Eu e outras poesias.	Augusto dos Anjos	(PORTO, 2000)
Reforma da natureza	Monteiro Lobato	(CARVALHO, 2008)
Sonhos de robô	Isac Asimov	(PIASSI e PIETROCOLA, 2007)
Tão simples e tão úteis	Maria Conceição Barbosa Lima	(LIMA e CARVALHO, 2002a) e (LIMA e CARVALHO, 2002b)
Terra imperial	Arthur Clarke	(PIASSI, 2011)
Vinte mil léguas submarinas	Júlio Verne	(FERREIRA e RABONI, 2013)
Meninos da planície	Cástor Cartelle	(PINTO, 2009)
Tem um cabelo na minha terra, uma história de minhoca	Gary Larson	(GIRALDELLI e ALMEIDA, 2008)

Quadro 1.2 — Autores e obras

Reitera-se que em nenhum trabalho se encontrou referência a qualquer obra de José Reis ou simplesmente a esse autor.

1.3 Discussão dos trabalhos por categorias

As constatações alcançadas, decorrentes da leitura dos trabalhos, favoreceram o nosso entendimento sobre as potencialidades do uso da literatura no Ensino de Ciências e realçaram abordagens variadas quanto às pesquisas realizadas e às motivações que originaram os estudos. A partir de tal leitura foi possível agrupar os trabalhos nas seguintes categorias, que correspondem às suas temáticas principais:

- A- Seleção, caracterização e/ou análise de obra literária para fins escolares
- B- Experiências em aulas de Ciências da Natureza com a utilização de literatura
- C- Formação de professores e o uso de literatura em contextos escolares
- D- Ponderações sobre literatura e suas implicações no Ensino de Ciências

A seguir esboçaremos os números de trabalhos para cada categoria citada anteriormente. Compete sublinhar que, embora a maioria dos trabalhos trate somente de uma das abordagens citadas, alguns deles apresentam mais de um tipo. No entanto, para a categorização dos trabalhos foi considerada, apenas, a abordagem que julgamos como principal, tratada em cada um deles. Dessa forma, a Figura 1.1 representa o total de trabalhos encontrados nas fontes pesquisadas envolvendo a temática em questão. Discutiremos, então, aspectos pertinentes a cada uma das temáticas.

A. Seleção, caracterização e análise de obras literárias para fins escolares

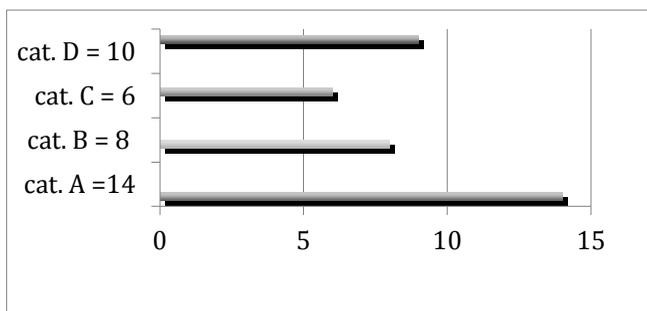


Figura 1.1— Categorização dos artigos por temática central

A partir da leitura dos textos, percebemos que o maior número de trabalhos com a utilização de obras literárias no Ensino de Ciências se ocupa da contextualização de conceitos científicos com os estudantes. Logo, os trabalhos aqui emoldurados versam sobre a seleção, caracterização e/ou análise de obra literária com esse fim. As publicações encontradas que tratam da análise de obras literárias para fins escolares têm como focos principais a proposição de texto literário como ferramenta didática e a discussão de enunciados de ciências presentes nas obras.

Proposição de texto literário como ferramenta didática

Nota-se, nos trabalhos agrupados aqui, a preocupação em distinguir textos diferentes dos usuais (textos de livros didáticos), que possam atuar como elemento mediador dos entendimentos entre os indivíduos e o que se espera ser aprendido, com a finalidade de facilitar a aprendizagem de conceitos. Determinados trabalhos referem-se a esse objetivo com a utilização de textos de história em quadrinhos. Costa e Silva (2014) abordam o trabalho com o tema controverso evolução e criacionismo, de maneira que as ideias prévias dos estudantes possam ser relativizadas e que haja a construção de um ambiente propício ao diálogo e à busca de senso crítico e racional. Guimarães, Pedreira e Oliveira (2014) propõem trabalho com tirinhas de HQ produzidas pelo professor. Os autores dos dois trabalhos apontam como objetivos e perspectivas esperadas para a ferramenta didática, provocar discussão crítica de conteúdos e desmistificação de ideias de senso comum ligadas aos conceitos abordados. Os dois trabalhos não apresentam resultados de aplicação das ferramentas.

Em outro trabalho, Londero (2014) faz uma análise de histórias em quadrinhos (HQ) contidas em livros didáticos de Física, buscando evidenciar suas potencialidades. O autor aponta que os quadrinhos contidos nos livros didáticos, frequentemente, são traduções de obras estrangeiras e que necessitam de atenção do professor em função de apresentarem sentidos múltiplos. Também abordando história em quadrinhos, Kawamoto e Campos (2014) elaboraram e avaliaram uma história em quadrinhos, como já dito, com enfoque no ensino de conteúdos sobre o corpo humano nos anos iniciais. Apesar de enfatizarem a necessidade do ensino dos sistemas do corpo humano de maneira integrada, partem de um enredo comum e dividem a história em quatro partes, destacando os diferentes sistemas. As autoras analisaram as respostas de questionário discentes e apontaram a necessidade de trabalhos com ferramentas atrativas e diferenciadas das usuais. Reis (2000), na mesma perspectiva, propõe a utilização de revistas em quadrinhos em aulas de Ciências como alternativa a aulas convencionais (aula expositiva). O autor toma como uma das justificativas do trabalho com HQ a abordagem de conceitos com a apresentação de uma “visão real do ambiente”. Questionamos o entendimento de “visão real”, e discutimos que um ensino reflexivo pode trazer questionamentos sobre os conceitos em diferentes contextos.

Souza e Viana (2014) utilizaram a Física em quadrinhos por meio de tirinhas de humor produzidas por um grupo de professores de Física que propõe temas com abordagem CTS. Como justificativa do trabalho, os autores sinalizam o estímulo a hábitos de leitura e o

enriquecimento do vocabulário do estudante, além de proporcionar reflexões com abordagem CTS.

Destacamos Silva e Ribeiro (2012) sugerindo a literatura popular como material didático, em um contexto que considera os saberes populares sertanejos com a utilização da literatura de cordel. Esta é uma das duas publicações provindas da região nordeste do Brasil, que apresenta o trabalho com literatura de cordel no Ensino de Física. Identificamos que a contextualização dos conteúdos é um interesse pontuado por parte dos trabalhos citados.

No trabalho desenvolvido por Cabral, Gioppo e Bueno (2011) discute-se a interface entre o Ensino de Ciências e a literatura de viagem por meio do *Diário do Beagle*, escrito por Charles Darwin. Semelhante ao que apresentamos no corrente estudo, as autoras propõem aulas com leituras de recortes do Diário do Beagle – a obra não foi lida na íntegra. Em harmonia com os pressupostos defendidos no nosso trabalho, os autores afirmam que é imprescindível que a literatura trazida à sala de aula seja abordada de maneira prazerosa e que aguçe o imaginário dos estudantes, não se reduzindo a um recurso didático para a abordagem de conceitos científicos.

Lima, Barros e Terrazan (2004) encontram na poesia uma maneira de pensar o Ensino de Física. Os autores apontam o texto *Mensagem*, de Fernando Pessoa, para ser explorado na componente curricular Física.

Embora os trabalhos aqui agrupados sejam tratados como discussão de textos literários como ferramenta didática, enfatizamos um rico e amplo entendimento para esta delimitação, que aponta para gêneros diferentes e possibilidades de articulações diversas, propiciando abordagens desde conteúdos até modos de pensar o Ensino de Ciências.

Discussão de enunciados de ciências presentes nas obras

Neste momento, separamos publicações que se ocupam em distinguir conteúdos e processos da ciência em obras literárias. Parte das publicações aponta tal perspectiva, porém, abordando-a desde diferentes enfoques.

Ferreira e Raboni (2013) sinalizam a obra *Vinte mil léguas submarinas*, de Júlio Verne, para a abordagem de conceitos científicos na área da Física. Admitem que a obra possui grande potencial para contextualização do conhecimento científico, em situações similares às apresentadas nos exercícios escolares, todavia enriquecidas pela aventura, enredo e pela descrição detalhada dos seus vários elementos. É

importante também que consideremos os textos literários como uma alternativa, e não como substituição de livros didáticos.

Piassi e Pietrocola (2007) discutem a abordagem das obras de ficção científica: *Sonhos de robô* (Isac Asimov), *Os frutos dourados do sol* (Ray Bradbury) e *O vento solar* (Arthur Clarke). Sinalizam nas obras questões de cunho sociopolítico a respeito da ciência, tecnologia e sociedade, apresentando caminhos para aulas de Ciências da Natureza.

Piassi (2011) discute que a ficção científica, por meio dos escritos de Arthur Clarke, configura-se como uma possibilidade efetiva de se trabalhar questões específicas do Ensino de Física entremeadas em uma malha de conceitos e situações hipotéticas.

Porto (2000) faz reflexões sobre conceitos de química e biologia contidos no poema *Psicologia de um vencido*, de Augusto dos Anjos. Para ele, a compreensão de tais conceitos pode contribuir para um melhor entendimento do poema. O autor ainda focaliza a necessidade de trabalhos “interdisciplinares” e faz a proposição do poema citado como um colaborador potencial para favorecer esses trabalhos.

Simon, Nogueira e Vicentin (2014) analisam um conjunto de livros de divulgação científica para abordar assuntos de mecânica quântica. Os autores discutem que tais assuntos são trabalhados, na maioria das vezes, enfocando aspectos matemáticos e desconsiderando aspectos quantitativos e fenomenológicos que poderiam auxiliar em uma abordagem interdisciplinar.

As análises das publicações contidas nesta primeira categoria evidenciam o potencial didático da literatura como apoio ao ensino formal e não-formal, de modo a contribuir para a construção de um conhecimento abrangente e contextualizado em sala de aula. Entretanto, na maioria dos trabalhos observamos indicação dos possíveis benefícios do uso da literatura em ambientes de ensino, acompanhados de um conjunto de condicionantes, dentre os quais ressaltamos:

1. a adequação do texto ao público alvo, como acessibilidade da linguagem, apresentando conceitos de forma simples e com “leitura acessível” (SIMON, NOGUEIRA e VICENTIN, 2014; REIS, 2000). Atentamos que este aspecto é discutível e precisa ser interpretado com os devidos cuidados. Limitar tipos de leituras em salas de aula pode incorrer em exclusão ou delimitações sobre o que deve ou não ser apresentado ao estudante. Preconceitos sobre possíveis incapacidades comumente incorrem na sua reprodução.

2. A literatura não deve ser a única bibliografia adotada, sendo complementar a textos de livros didáticos, por exemplo (PIASSI, 2011).
3. É importante ir além de discussões sobre avaliação e correções de conceitos científicos veiculados (PIASSI, 2011).
4. Cabe discutir os conceitos para o tratamento de aspectos socioculturais, porém, situando-os em um sistema de valores e preocupações humanas abrangentes (PIASSI, 2011; REIS, 2000).
5. As obras devem ser discutidas e analisadas, com ponderações do professor, do ponto de vista crítico, da fluidez da leitura, da proposição de temas, e da engenhosidade na forma de abordagem dos temas (PIASSI; PIETROCOLA, 2007).
6. Fica sob a responsabilidade do professor o modo como a leitura será desenvolvida, a condução das discussões e interpretações (LONDERO, 2014). Lembrando que a leitura precisa de atenção diferenciada e planejamento.
7. Em alguns casos, apresenta-se a necessidade de mediação de conceitos, sendo necessário que o leitor recorra a conhecimentos prévios para a compreensão do lido (LONDERO, 2014).

Perante tais condições, é possível destacar que a utilização de literatura, como ferramenta didática, não pode se limitar à sua simples inclusão em sala de aula. A leitura não pode se reduzir à decodificação de sinais. Aliás, isso não poderia sequer se denominar “leitura”. Atentamos ainda para o fato de que as publicações apontam o uso didático da literatura no estudo dos produtos e processos da Ciência.

B. Experiências no Ensino de Ciências com textos literários

Distinguimos estudos que exibem experiências com literatura no Ensino de Ciências – isso não significa que se reduzem a relatos de experiência, pelo contrário, há trabalhos de pesquisa. Estes estudos se

particularizam especialmente no que diz respeito às estratégias aplicadas e aos objetivos almejados frente ao uso dos textos literários.

Salomão (2008) analisou especificidades entre linguagem científica e linguagem literária em aulas de ciências, e quais seriam as implicações práticas para o ensino e aprendizagem de ciências com a aproximação entre as duas linguagens, bem como os impactos do uso do texto literário *Lição de botânica*, de Machado de Assis. Neste trabalho foram desenvolvidas atividades de descrição escrita, pelos estudantes, com relação à caracterização da ciência e dos conteúdos abordados pelo professor da turma sobre classificação biológica e função das flores; de apresentação de tópicos relacionados à peça; de apresentação teatral da peça; de discussões sobre a peça; de resposta a um questionário e produção escrita sobre tópicos da peça; e de produção de um herbário. Perante as produções escritas antes e depois da apresentação e discussão da peça, a autora destaca que os estudantes puderam ter um entendimento mais enriquecido da linguagem científica e foram demistificados alguns aspectos sobre o cientista. Quanto à produção do herbário, como atividade de fechamento do trabalho, a autora distingue que os estudantes puderam executar a atividade com mais zelo e significação.

Lima e Carvalho (2002a; 2002b) investigaram se os estudantes são capazes de solucionar um problema de maneira teórica, exclusivamente através de raciocínio, com a utilização do texto literário *Tão simples e tão úteis*. Após a leitura do texto pelos estudantes (realizada em duas aulas, em conjunto com as professoras), as pesquisadoras propuseram a discussão de soluções a exercícios de raciocínio.

Santos e Zanotelo (2013) analisaram uma estratégia de ensino partindo da leitura de divulgação científica. A turma foi dividida em grupos e cada um ficou responsável por apresentar um capítulo do livro de divulgação científica estudado. A análise das atividades associadas à apresentação deu indicativos positivos no que concerne à aprendizagem discente.

Trabalhos evidenciaram como justificativa a utilização da literatura como uma estratégia de proporcionar aulas mais atraentes. É o caso de Giraldele e Almeida (2008), que buscaram meios para aumentar o leque de possibilidades de trabalho em sala de aula de Ciências com a finalidade de construir propostas prazerosas de leitura. As autoras trabalharam com o livro de literatura infantil *Tem um cabelo na minha terra, uma história de minhoca*. Foi desenvolvida a atividade de leitura coletiva do texto com o intuito de propiciar a manifestação das crianças,

por meio de controvérsias e debates. As análises foram feitas através da Análise do Discurso (AD) e evidenciaram que as crianças puderam construir conhecimentos sem priorizar conteúdos específicos e considerando aspectos ambientais.

Na mesma direção, Barbosa, Passos e Coelho (2011) utilizaram a literatura de cordel como alternativa para a superação do baixo interesse e da falta de integração do Ensino de Física com a realidade do estudante. Foram produzidos um texto em cordel e um texto convencional (didático), e oferecidos a dois grupos de estudantes que posteriormente responderam a um questionário. Com isso, os autores concluíram que os estudantes apresentaram resistência em interpretar as questões por meio do cordel, o que mostra a necessidade de se trabalhar mais efetivamente com diversos tipos de leitura em sala de aula.

Mendonça (2009) propôs como estratégia organizar os estudantes em grupos que apresentaram uma leitura dramatizada do texto literário com discussões mediadas pelo professor, e finalizaram com a produção de um texto analítico após a leitura dramatizada. A autora defendeu que a atividade pode se configurar como um modo alternativo de avaliação.

Em outro trabalho, Zanotello e Almeida (2013) ofereceram um texto sobre termodinâmica do livro *A dança do universo*, para estudantes da graduação. Como resultados, os autores apontam que a atividade apresentou um caráter motivacional e que houve evolução conceitual e enriquecimento das compreensões sobre desenvolvimento científico.

Com relação às estratégias promovidas, de modo geral, destaca-se que os trabalhos consultados envolviam atividades com literatura aliadas às leituras compartilhadas, leituras individuais, dentre outras. As atividades de leitura compartilhada ou leitura coletiva foram seguidas, com frequência, por discussão e produção de material escrito ou desenho, como síntese do que foi estudado. Sobre estes aspectos, acreditamos que a leitura deve ser planejada de maneira a responder especificidades dos coletivos que as realizam.

No tocante às interações estabelecidas em sala de aula, pesquisadores relatam que as atividades aliadas à leitura literária podem desencadear maior interação entre estudantes e professor, podendo apontar para um caráter motivacional deste tipo de trabalho (ZANOTELLO e ALMEIDA 2013). Apesar dessa argumentação estar presente em muitos dos trabalhos analisados, consideramos que esta não seja uma característica que represente o desenvolvimento de trabalhos

com literatura em sala de aula e nem deve ser primordialmente perseguida.

C. A formação de professores e o uso de textos de literatura

Além de pesquisas realizadas com o objetivo de investigar o funcionamento da literatura em sala de aula, outra linha de investigação trata de buscar relações entre a formação de professores e a utilização de obras literárias.

Identificamos preocupação em relação ao entendimento de ciências por parte dos professores em formação. Benite, Benite e Moraes Júnior (2009) utilizaram o livro *O frio pode ser quente* para discutir questões epistemológicas na formação inicial e continuada de professores de ciências, como superação de entendimentos “deturpados” de ciências.

Strack, Loguércio e Pino (2009) buscaram a percepção de professores de Química do Ensino Superior sobre a possibilidade de inserção de literatura de divulgação científica na prática docente com a finalidade de proporcionar ao licenciando o conhecimento deste recurso didático. Os autores assinalam pontos de dificuldade citados por professores na educação superior, como: intensificação de trabalhos, grande quantidade de conteúdos a serem trabalhados e a insuficiência de tempo para novas abordagens. Strack, Loguércio e Pino (2009) enfatizaram que as Diretrizes Curriculares Nacionais para Professores da Educação Básica apresentam um texto que permite flexibilização, estimulando que as instituições formadoras construam projetos inovadores, abrangendo dimensões teóricas e práticas.

Apesar de os trabalhos citarem a formação continuada de professores, não observamos trabalhos direcionados especificamente para professores em atuação. Este pode ser um indício de dificuldades encontradas para a difusão de novas perspectivas no Ensino de Ciências.

Iniciativas na formação inicial de professores sinalizam a necessidade de os professores em formação tomarem conhecimento das possibilidades do uso didático da literatura.

Pinto Neto (2012) enfatiza o trabalho com professores enfocando pontos sobre a representação profissional. Toma como referência a produção literária, mais especificamente *Frankenstein* e *A prova do absoluto*, obras em que a química e o químico apresentam papel central. O autor discute que, conforme o entendimento da Química como profissão, o professor pode desmistificar conceitos de senso comum que podem corromper sua imagem.

Em Silva (2011) são apresentadas discussões sobre relações entre Ciência, Cultura e Arte e possibilidades de contribuições na formação de professores de Química. Sinaliza-se a poesia de Antônio Gedeão com enfoque em dois poemas: “Lágrimas de preta” e “Lição sobre a água”. A autora comenta que propiciar momentos com poemas na formação de professores pode estimular que docentes em formação venham a utilizar esses tipos de produção literária em trabalhos futuros. Posicionamento semelhante encontramos em Gonçalves (2014). Como já dito, esse autor analisa a obra *A Tabela Periódica*, do escritor italiano Primo Levi. O autor discute que obras literárias possam auxiliar em processos “interdisciplinares” na formação de professores de Química, colaborando para uma formação cultural mais ampla.

Palcha e Oliveira (2014) propuseram a leitura, por parte de licenciandos em Ciências Biológicas, de diversos gêneros textuais com o assunto evolução (charges, HQ, cartas, artigos científicos). Após a leitura dos textos, os licenciandos foram estimulados a elaborar um texto e propor estratégias à sua leitura.

La Rocque (2012), por sua vez, faz um estudo sobre o trabalho com ficção científica e aponta a utilização na formação de professores.

Assim, o uso da literatura na formação de professores merece ser fomentado e desenvolvido. Entendemos que a formação de professores apresenta papel fundamental para a utilização da literatura em salas de aula de Ciências.

D. Ponderações sobre literatura e suas implicações no Ensino de Ciências

Com base na nossa revisão, localizamos trabalhos que têm a literatura como objeto de estudo e não se concentram apenas na investigação de aspectos relacionados à natureza e funcionamento de textos, mas também em reflexões teóricas acerca do contexto de sua produção, sua conceituação e sua adaptação em ambientes de ensino. Desta maneira, apontamos implicações gerais mais recorrentes da utilização da literatura no Ensino de Ciências.

Von Linsingen (2008) faz análise de uma coleção de livros de literatura infantil e faz apontamentos conceituais e de equívocos presentes nas histórias. Além disso, a autora discute motivos para trabalhar a literatura infantil no Ensino de Ciências. Destaca, dentre outras coisas, o estímulo a práticas de leitura. Von Linsingen (2008)

ênfatiza que leitura de textos literários pode promover uma ponte entre a experiência emocional e a experiência intelectual.

Em outro trabalho, Von Linsingen (2007) faz um estudo sobre mangás e propõe sua utilização no Ensino de Ciências com o enfoque de desenvolver discussões sobre ciência, tecnologia e sociedade. A autora afirma que, apesar do crescimento de trabalhos focalizando a utilização de HQs, inclusive com proposições de trabalhos com a construção de novas HQs, ainda é embrionária a dimensão da utilização de mangás.

Pinto (2009) descreve um trabalho com a utilização de textos de divulgação científica, em especial a obra *Meninos da planície*, de Castor Cartelle. O autor descreve que o texto foca questões sobre a humanização dos sujeitos e não se centra em questões de conteúdo, embora esta condição conceitual também esteja presente. Afirma que os diversos gêneros literários podem povoar o universo do Ensino de Ciências de maneira menos asséptica.

Já Piassi (2012a) analisa um conto de Arthur Clarke do ponto de vista narrativo. Com essa análise, constrói um modelo para elucidar temas CTS para propostas de aulas que se diferenciem do modelo unicamente conceitual.

Em uma discussão sobre ficção científica no Ensino de Ciências, Piassi e Pietrocola (2009) consideram o potencial dessa como recurso didático para a constituição de um discurso social sobre a ciência. Assim, discutem que abordagens a partir de obras de ficção científica podem ir além da exploração de possíveis conceitos.

Ribeiro e Martins (2007) fazem uma análise de quatro versões da história de *Arquimedes e a coroa do Rei Hierão*, publicadas em livros didáticos de Física. Consideraram as narrativas como elemento estruturador do pensamento e disseminador da cultura científica.

O favorecimento de diálogo com o mundo, uma formação cultural mais ampla, e o reconhecimento de especificidades culturais e científicas como interfaces de um conhecimento extenso do mundo também são abordados nos artigos. Zanetic (2005; 2006a; 2006b) considera a ligação dos estudantes com a sociedade e com as diversas áreas da cultura também propiciadas pela literatura. Para o autor, tanto a ciência como a literatura, embora utilizando caminhos que lhes são peculiares, podem nos fornecer conhecimento universal. Zanetic (2006b) avalia ainda que não devemos reforçar uma visão de mundo que supervalorize o pensamento científico em detrimento de outras formas de saber e conhecer.

Em suma, tecemos considerações na perspectiva de compreender quais as significações das articulações entre literatura e Ensino de Ciências.

Em relação à quantidade de pesquisas realizadas e ao recorte proposto, as análises indicam que o número de trabalhos que tratam da articulação entre literatura e Ensino de Ciências cresceu significativamente no Brasil, com um aumento considerável nos últimos dois anos analisados.

Identificamos quantidade expressiva de trabalhos voltados à área de Ensino de Física (14), comparativamente às áreas de Ensino de Ciências em geral, Biologia e Química. Aponta-se, portanto, a possibilidade do desenvolvimento de pesquisas nestas áreas de ensino.

Sobre os tipos de pesquisas realizadas, em sua maioria investigam as potencialidades didáticas de obras literárias a partir da análise dos textos propriamente ditos. Experiências sobre a utilização de obras literárias em sala de aula ou na formação de professores são relatadas com menor frequência. A carência de pesquisas com esses propósitos precisa ser suprida, tendo em vista as importantes contribuições que trazem para a prática docente.

Ainda que pesquisas que tratam da exploração da literatura (perante o recorte proposto) em sala de aula não tenham sido realizadas com muita frequência, existe alguma variedade de estratégias relatadas, as quais abordam diferentes modos de leitura dos textos. Portanto, acreditamos que as discussões apresentadas acerca das possibilidades de uso da literatura em ambientes de ensino serão importantes para os professores que optarem pelo emprego de tal recurso.

Trabalhos voltados à formação de professores sugerem a necessidade de aprofundamento das discussões acerca da incorporação didática no Ensino de Ciências de obras e gêneros literários.

Identificamos que uma das principais preocupações da área permanece centrada em trabalhar a literatura como recurso didático. Foi possível identificar diversos artigos voltados para este aspecto, envolvendo a Química, a Física e a Biologia. Situação parecida pode-se encontrar em relação às Ciências da Natureza no Ensino Fundamental, em que o tema aparece, na maior parte das vezes, atrelado ao desenvolvimento de novas abordagens de ensino e aprendizagem trazendo a literatura como ferramenta para ensinar determinados conteúdos, em geral, conceitos.

O tratamento dado à literatura como alternativa promotora de leitura em aulas de ciências também é recorrente. Ressaltamos, porém, pautados em Almeida *et al.* (2008), que dependendo de como abordamos a leitura, mesmo utilizando textos diversos podemos gerar aversões, como em “leituras obrigatórias”. Assim, pode-se desencadear desinteresse, por parte do estudante, inclusive, em assuntos relacionados à Ciência. Almeida *et al.* (2008) ainda apontam que a falta de

abordagem apropriada sobre leitura na formação inicial e continuada de professores, por vezes, é responsável por reproduções de práticas vividas. Assim, acreditamos que a presença de variados gêneros literários, de maneira planejada, pode fomentar a tão falada contextualização – ou melhor, uma possibilidade de contextualização –, trazendo para a sala de aula a leitura literária e ressignificando sua função social fora da escola.

Um parcela dos trabalhos examinados (5) apresentou referência ao trabalho com questões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Explicitamente, três deles utilizam como gênero literário a ficção científica e fazem parte do mesmo grupo de autores, apontando uma característica dos trabalhos desenvolvidos por eles (PIASSI e PIETROCOLA, 2007; PIASSI, e PIETROCOLA, 2009; PIASSI 2009). Os outros dois trabalhos são de Souza e Vianna (2014) e Linsingen (2007), e abordam respectivamente trabalho com histórias em quadrinhos e mangás em uma perspectiva CTS.

Podemos atentar também para um silenciamento das leituras de textos literários por meios digitais, podendo então ser um ponto de discussão frente às novas tecnologias da informação e comunicação no ensino.

A revisão de literatura realizada também não permitiu identificar trabalhos que citem a obra de José Reis, autor do livro que será analisado nesta pesquisa.

Com a devida atenção oferecida a estes aspectos, pondera-se que a experimentação também é encarada no Ensino de Ciências como um recurso didático. Quatro dos trabalhos selecionados trazem aspectos referentes à experimentação. Pinto (2009) refere a aspectos sobre experimentação presentes no texto analisado, porém sem fazer apontamentos. Lima e Carvalho (2002a e 2002b), partem de trabalhos com experimentação e substituem os aparatos experimentais por texto literário para o Ensino de Física nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Gonçalves (2014) traz a perspectiva de “problematização” da experimentação como conteúdo pertencente à formação de professores. Percebe-se, então, que o conjunto dos trabalhos identificados nessa revisão apresenta carência de pesquisas voltadas para questões inerentes ao trabalho com experimentação por meio da literatura.

É necessário avaliar que, perante o recorte proposto, muitos trabalhos podem não ter sido contemplados na revisão. Com a intenção de minimizar o problema, no tópico que segue apresentamos considerações a partir da localização de teses e dissertações nacionais.

1.4 Um olhar em teses e dissertações

De maneira menos sistematizada, apontamos uma concisa apreciação de teses e dissertações. Fizemos uma busca no portal de teses e dissertações da Capes com os mesmos descritores utilizados na busca realizada no Google acadêmico (Literatura e Ensino de Ciências, Literatura e Ensino de Física, Literatura e Ensino de Química e Literatura e Ensino de Biologia). Foi possível identificar 17 trabalhos (6 teses e 11 dissertações) e, em função do tempo, procedemos com a leitura unicamente dos resumos de tais trabalhos para a elaboração de breves inferências.

Ramos (2012) desenvolveu uma pesquisa com a proposição de trabalhar com conto fantástico no Ensino de Física. O autor defende a utilização do conto em aulas com a justificativa de apresentar uma leitura rápida. Os contos trabalhados são: *O Pirotécnico Zacarias* (1954), de Murilo Rubião; *Os Jardins de veredas que se bifurcam* (1845), de Jorge Luiz Borges, e a *Milésima segunda noite de Xerazade* (1845), de Edgar Allan Poe. Respectivamente, os conteúdos abordados são: mecânica quântica, multiuniversos e a discussão de ciência e tecnologia por um olhar leigo. Neste trabalho, Ramos (2012), utiliza as estratégias de leitura da Isabel Solé e propõe uma aproximação entre as estratégias de leitura e uma proposta de experimentação didática. Discorre, ainda, sobre a utilização de textos ditos de difícil entendimento, desafio cognitivo e satisfação cultural.

Araújo Júnior (2011), com uma investigação no âmbito da Educação de Jovens e Adultos (EJA), explora a literatura de cordel abordando conteúdos de zoologia. Os cordéis foram produzidos pelos estudantes, com base em suas histórias orais referentes às relações individuais com animais. O trabalho possibilitou estabelecer atividades que considerassem as trajetórias de vida dos sujeitos, sem deixar de ensinar Ciências, com o benefício adicional de favorecer a construção de memória pessoal e coletiva, beneficiando a autonomia.

Ferreira (2011), com a aproximação de literatura de ficção científica ao Ensino de Física, procurou na obra de Júlio Verne elementos associados aos conteúdos de Física abordados no Ensino Médio. Os livros utilizados foram: *Viagem ao centro da terra*; *Vinte mil léguas submarinas* e *A volta ao mundo em oitenta dias*. A pesquisa apontou que Júlio Verne apresenta em sua obra sistematização de ideias e a intencionalidade em abordar conceitos. Foram encontradas proximidades entre situações descritas por Júlio Verne e enunciados de fenômenos físicos típicos de livros didáticos do Ensino Médio. O autor

defende com a pesquisa a possibilidade de formação cultural e leitora em aulas de Física por meio da leitura de textos de ficção científica.

Gomes (2012), em sua investigação, elaborou textos de divulgação científica na formação inicial de professores de Química. Os textos elaborados apresentam discussões referentes à história e à natureza da ciência, atividades experimentais e aspectos da interface Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Em outra pesquisa, Santos (2011) analisou as potencialidades da obra *Serões de Dona Benta*, de Monteiro Lobato. A autora apresenta uma revisão bibliográfica sistematizada em eventos importantes da área de Ensino de Ciências da Natureza.

Em sua tese, Pinto Neto (2001) busca compreender a produção com representação sobre a ciência e o fazer científico. Analisa romances brasileiros produzidos no final do século XIX e início do século XX. O autor discute que tais representações podem distinguir-se como elementos importantes para o entendimento das compreensões de ciências em nossa cultura.

Gomes (2011) argumenta em favor da abordagem de conceitos de Física Moderna, por meio de três romances de ficção escritos por físicos: *Sonhos de Einstein*, de Alan Lightman (1992); *Tau Zero*, de Poul Anderson (1970), e *O Tempo e o Espaço do Tio Albert* (1989), de Russel Stannard. Para este estudo o autor fez um recorte temático utilizando a teoria da relatividade. O estudo apontou potencialidades para discussão em esferas conceituais, sócio-históricas e filosófico-epistemológicas em sala de aula. Discorreu sobre o direito à leitura, leitura em sala de aula e romances em aulas de ciências.

Lima (2014) avaliou como a literatura pode contribuir para a formação de conceitos abstratos da Física Moderna, especificamente, a mecânica quântica. Para tanto, realizou pesquisa com estudantes do Ensino Médio e utilizou o livro *Alice no País do Quantum*. O autor defende a literatura como ferramenta no Ensino de Física que pode levar à abstração e formação de conceitos abstratos da Física Moderna.

Da Silveira (2013), por meio de sua tese, examina a obra infantil de Monteiro Lobato. O autor identificou três eixos propícios para o Ensino de Química: a literatura como meio de humanizar a ciência, a aproximação entre imaginação científica e artística e os escritores com veia científica. Segundo o autor, os personagens que mais incorporaram a ciência em suas falas foram Dona Benta, Emília e Visconde de Sabugosa. Procedeu, ainda, com a distinção da veia pedagógica de Monteiro Lobato que possibilitou aproximações com ideias do conhecido educador brasileiro Paulo Freire. O autor identificou

que a interação entre literatura e ciência pode ser uma alternativa à promoção da leitura literária e cultural no processo de formação inicial do professor de química.

Fagundes (2012) investigou como a ação comunicativa é estabelecida em um processo de formação continuada, que procura reconhecer as possibilidades de uso da Literatura Infantil em aulas de Ciências da Natureza, nos anos iniciais do Ensino Fundamental. A autora concluiu que ações de formação continuada como a desenvolvida podem contribuir para a autonomia e a emancipação do professor, a partir de análise e reconstrução crítica da prática docente.

Em outro trabalho, Von Linsingen (2008) indicou o potencial de contribuições da literatura infantil para o Ensino de Ciências. A autora analisou uma coleção de livros infantis e desenvolveu articulações entre literatura infantil, animais e Ensino de Ciências, sugerindo possibilidades promissoras.

Já Silochi (2014) investigou os motivos expressados em 16 trabalhos publicados em revistas e eventos de relevância na área, para justificar a utilização de textos literários atrelados ao Ensino de Ciências. O estudo apontou preferência em trabalhar conteúdos científicos nas três esferas de ensino.

Nascimento (2008) desenvolveu um estudo com licenciandos de ciências biológicas e buscou entender o funcionamento da leitura de textos de divulgação científica e como a mediação em aulas de Ciências acontece por meio desse tipo de texto. Para este estudo, a autora perpassa os processos históricos referentes à estruturação da divulgação científica no contexto brasileiro e aponta José Reis – autor da obra investigada em nosso trabalho - como um dos possíveis precursores. O estudo indica a ocorrência de utilização de textos de divulgação científica em aulas de ciências por motivos diversos, desde estruturador das aulas, estimulador de participação do estudante, até como auxílio à “criticidade”. A autora propõe com este estudo a inserção de textos de divulgação científica como meio de atualizar os conteúdos em aulas de ciências.

Também no âmbito da divulgação científica, aparece o trabalho de Pinto Neto (2001). Em sua pesquisa questionam-se conceitos da área de divulgação científica em diversos autores, e um deles é José Reis. Desta maneira, o autor aproxima pressupostos da divulgação científica à educação emancipadora de Paulo Freire. Em sua pesquisa, faz análise de narrativas contidas em quatro obras de divulgação científica não canônicas: *2001 odisséia no espaço*, de Artur Clarke; *O dilema do*

bicho-pau, de Ângelo Machado; *Contato*, de Cal Sagan, e *Os meninos da planície*, de Castor Castelle.

Groto (2012) propôs uma aproximação entre Ciência e Literatura no Ensino de Ciências e para isso utilizou duas obras específicas de Monteiro Lobato nos anos finais do Ensino Fundamental. Pautada na metodologia de pesquisa-ação, utilizou as obras *A Reforma da Natureza* e *Os Serões de Dona Benta* em duas turmas (8º e 9º anos). Na análise dos resultados, aponta que a leitura das obras favoreceu a interação e a dialogicidade em sala de aula. A autora também chamou a atenção para o potencial dessas duas obras na “contextualização” e na “problematização” dos conteúdos científicos nelas presentes.

Em outra pesquisa, Abreu (2009) apresentou uma proposta de ensino pautada no uso de textos extraídos do livro de divulgação científica *Tio Tungstênio: Memórias de uma Infância Química*, de Oliver Sacks. A proposta envolveu a produção de textos e elaboração de perguntas pelos alunos sobre conteúdos presentes no livro e foi aplicada em uma componente curricular oferecida a estudantes de graduação em Química. A análise indicou que os textos de divulgação científica funcionaram como mediadores para a colocação de posicionamentos incomuns em aulas tradicionais do ensino superior em Química, o que sugere a viabilidade da proposta neste nível de ensino.

Antloga (2014) teve como objetivo em sua pesquisa investigar como os professores dos anos iniciais do ensino fundamental, de escolas da rede pública estadual, fazem a interação entre a Literatura Infantil e os conteúdos das Ciências Naturais. O trabalho apontou possibilidades promissoras na articulação entre a Literatura Infantil e o Ensino de Ciências e sugere a realização de pesquisas deste tipo na formação do professor dos anos iniciais, o que poderá qualificar o trabalho em sala de aula com o Ensino de Ciências.

Em síntese, um olhar para trabalhos acadêmicos desenvolvidos na área de Ensino de Ciências permitiu-nos identificar semelhanças com as análises acerca de publicações em periódicos da área.

Em Pinto Neto (2001) e Nascimento (2008) são feitas menções a José Reis como possível precursor da divulgação científica no contexto brasileiro, como delimitador de importantes contribuições no que se refere à “problematização” dos conceitos de divulgação científica. Entendemos com isso a relevância do estudo de seus escritos pautados em Pinto Neto (2001), por exemplo, que reflete a possibilidade de compreensão da cultura científica por meio de escritos literários. Silveira (2013) também lembra a perspectiva de escritores com obras

que permitem compreensão pessoal da ciência enquanto produção de conhecimento social e cultural.

Foi possível estabelecer uma fundamentação no trabalho de Ramos (2012), no que tange a utilização das estratégias de leitura proposta por Isabel Solé. Como se discutirá adiante, também nos apoiamos na estratégia de leitura desta autora.

Groto (2012) e Silochi (2014), em um resultado semelhante ao alcançado na revisão dos periódicos, indicam que a maioria dos estudos analisados apresenta preferência na utilização de literatura no Ensino de Ciências para abordagem de conteúdos.

Apesar da menção feita a José Reis, em nenhum dos trabalhos localizados se faz referência à análise de uma obra específica do autor. Deste modo, a seguir apresentamos uma revisão associada diretamente a José Reis.

1.5 José Reis em periódicos nacionais

Com a finalidade de identificar como a obra de José Reis pode ser discutida na literatura, apresenta-se uma revisão de artigos localizados a partir de uma consulta no portal de busca de currículos da plataforma lattes do CNPq. Para a investigação utilizou-se como descritor “José Reis” (com aspas), no modo de busca simples por assunto. A delimitação foi feita com autores nacionais, doutores e pós-graduandos. Foram encontradas oito páginas de pesquisadores, somando um total de 80 currículos (período de consulta: julho de 2014 a dezembro de 2014), nos quais foram consultadas cada publicação, por título, com referência a José Reis. Na busca detalhada notou-se que vinte dos currículos traziam publicações indicativas ao autor em questão. Ressalta-se que esse procedimento foi adotado porque não foram identificados anteriormente artigos que citassem o livro *Aventuras no mundo da ciência*, ou mesmo José Reis, na articulação entre literatura e Ensino de Ciências.

Consideraram-se para a análise os artigos escritos em revistas disponíveis *online* e gratuitas, sem delimitação de data. Identificaram-se 22 publicações, sendo 07 repetidas³ e 06 indisponíveis *online*, totalizando 09 artigos para a análise (Quadro 1.3).

³Particularidade referente ao tipo de busca, quando o trabalho apresentava mais de um autor poderia ser encontrado novamente no currículo Lattes de todos os autores envolvidos.

Periódicos	Nº de artigos	Autor e ano de publicação
Cadernos de História da Ciência - Instituto Butantan	01	(REBOUÇAS <i>et al</i> , 2009)
Ciência & Comunicação	01	(MENDES, 2004)
História, Ciências, Saúde – Manguinhos	01	(REBOUÇAS, 2006)
O Biológico	01	(CARVALHO e REBOUÇAS, 2008)
Observatório da Imprensa	01	(VOGT, 2002)
Páginas do Instituto Biológico	03	(REBOUÇAS, 2002; REBOUÇAS e BALICIERI, 2005; REBOUÇAS <i>et al</i> 2007)
PJ:Br - Portal do Jornalismo Brasileiro	01	(GIACHETI, 2004)

Quadro 1.3 — Número de trabalhos sobre José Reis em periódicos nacionais

Conforme explicitado no Quadro 1.3, temos 09 artigos em 07 periódicos, que foram publicados entre os anos 2002 e 2009 e que denotam publicações após a morte de José Reis (1907- 2002).

Nota-se que as publicações em periódicos sobre a obra de José Reis estão delineadas sobre aspectos biográficos ou na catalogação de suas obras de divulgação científica: 02 discutem questões de divulgação científica (MENDES, 2006; VOGT, 2002); 03 trabalhos são de caráter biográfico (REBOUÇAS, 2002; GIACHETI, 2004; REBOUÇAS e BALICIERI, 2005); e 04 artigos mesclam dados biográficos e catalogação de documentos de divulgação científica (REBOUÇAS, 2006; REBOUÇAS *et al* 2007a; REBOUÇAS *et al* 2007b; REBOUÇAS *et al* 2009). Portanto, os trabalhos identificados não estão relacionados ao Ensino de Ciências na educação formal e nem à articulação entre experimentação e literatura, foco deste trabalho.

Parte considerável das publicações (04) foi encontrada em periódicos próprios do Instituto Biológico, local de trabalho por muitos anos de José Reis. O que pode ser indicativo do interesse dos pesquisadores na preservação das obras como patrimônio histórico do Instituto Biológico. Também é importante registrar que existe uma concentração na autoria dos trabalhos que se debruçam sobre José Reis. Por exemplo, a pesquisadora Márcia Maria Rebouças destaca-se pela

presença como autora ou coautora em mais da metade (05) das obras consultadas. A pesquisadora é colaboradora do Instituto Biológico, trabalha no Museu/Centro de Memória do Instituto Biológico e coordena pesquisas nessa área.

Fica evidenciado nas referências (VOGT, 2002; REBOUÇAS, 2002; GIACHETI, 2004; REBOUÇAS e BACILIERI, 2005; MENDES, 2006; REBOUÇAS, 2006; REBOUÇAS *et al* 2007a; REBOUÇAS *et al* 2007b e REBOUÇAS *et al* 2009) que José Reis é considerado um precursor da divulgação científica no Brasil. José Reis debruçava-se sobre as queixas dos produtores de galinhas e tinha a preocupação em dar aplicabilidade aos conhecimentos elucidados com suas pesquisas, divulgando os resultados com comunicação para os avicultores (VOGT, 2002; REBOUÇAS e BACILIERI, 2005; REBOUÇAS, 2002; REBOUÇAS *et al* 2007).

Estudos convergem na informação de que José Reis acreditava que através da educação e da saúde poderia desenvolver-se ao máximo a capacidade de trabalho de um povo. Com isso incentivava ações educativas junto às escolas, feiras e clubes de ciências pelo Estado de São Paulo (VOGT, 2002; REBOUÇAS, 2002; GIACHETI, 2004 e REBOUÇAS e BACILIERI, 2005). Em 1968, em consonância com suas ideias sobre as transformações que o conhecimento dos produtos da ciência poderia trazer para a sociedade, lança o livro: *Educação é Investimento*. Segundo Vogt (2002), esta publicação seria um referencial do papel da educação e do conhecimento no desenvolvimento social, político, econômico e cultural dos países e das nações.

Mendes (2004) aponta interesse por parte de José Reis na criação de um público “mais favorável à ciência”, utilizando a ideia de ligação imediata do conhecimento científico à melhoria da qualidade de vida e ao desenvolvimento do país. Mendes (2004) lembra que essa posição precisa ser interpretada dentro de um contexto histórico, em que a preocupação de parte dos intelectuais era “levar” o conhecimento “para emancipar” as pessoas da ignorância e do atraso. Neste mesmo viés, a criação de atitude científica no público em geral poderia auxiliar na manutenção de altos padrões éticos dentro de várias profissões; assim, o conhecimento científico funcionaria como agente na construção da cidadania e também na construção de novos talentos para a ciência.

Reitera-se que o recorte apresentado não alcançou elementos sobre estudos de textos de José Reis para a utilização no Ensino de Ciências, dando indicativos de lacunas em pesquisas sobre a obra específica desse autor nessa área de Ensino. Os trabalhos alcançados em

teses e dissertações fazem referência a José Reis como precursor de conceituação da divulgação científica no Brasil.

2 Análise das Aventuras no mundo da ciência

Como caminho à execução dos objetivos desta pesquisa, julgamos necessário o desenvolvimento de procedimentos distintos: análise da obra *Aventuras no mundo da ciência* e análise dos roteiros com registros escritos pelos discentes perante proposta de atividade experimental articulada à leitura de um texto literário. Esta parte da dissertação é destinada ao exame da obra supracitada. Faz-se uma apresentação do autor, síntese do livro *Aventuras no mundo da ciência* e análise propriamente dita, com argumentações fundamentadas e organizadas em categorias emergentes de acordo com a análise textual discursiva – ATD (MORAES e GALIAZZI, 2011).

2.1 José Reis

Ressalta-se que a apreciação de informações biográficas e históricas podem elucidar pontos pertinentes sobre o autor e sua obra. Considera-se nesse momento que as informações obtidas apresentarão finalidades unicamente elucidativas de aspectos que estejam condizentes com os desígnios propostos para a decorrente pesquisa. Desta maneira, não pretendemos estender o exame histórico e político sobre a biografia e registros do acervo da obra de José Reis.

José Reis nasceu no Rio de Janeiro em 1907, formou-se médico, como já dito, e posteriormente jornalista. Ingressou no Instituto Biológico como pesquisador em 1929 (REBOUÇAS, 2002; GIACHETI, 2004; REBOUÇAS e BACILIERI, 2005; REBOUÇAS, 2006; REBOUÇAS *et al* 2007 e REBOUÇAS *et al* 2009) e dedicou-se à pesquisa no campo da microbiologia, passando a estudar as doenças que acometiam as galinhas. Em 1936, com colaboração de outros autores⁴, publicou o “Tratado de Doenças das Aves” (REBOUÇAS e BACILIERI, 2005; GIACHETI, 2004; REBOUÇAS, 2002).

Em 1948, José Reis funda a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) objetivando estimular o público com assuntos relacionados à ciência e à cultura. E em 1958 funda, com dois companheiros de trabalho, o Instituto Brasileiro de Difusão e Cultura S.A. (IBRASA), com o objetivo de ampliar as formas de ação de sua

⁴Dr. Paulo da Cunha Nóbrega e com a colaboração da Dr^a. Annita S. Reis, Raphael de Castro Bueno e M. Giovannoni (REBOUÇAS e BACILIERI, 2005).

militância científica. Em 1965, José Reis passa a viajar por todo o Estado desenvolvendo duas campanhas: a primeira com a intenção de combater o conceito de educação como bem de consumo e a segunda na divulgação de feiras de ciências para o ensino primário e secundário⁵ (VOGT, 2002; GIACHETI, 2004).

Conforme parcialmente antecipado, José Reis, além de publicar com o intuito de divulgação científica para jornais, organizava folhetos dirigidos aos criadores de galinhas, livros infanto-juvenis (infantil, *A cigarra e a formiga*, *Que formiga!*, *As galinhas do Juca*, com noções de avicultura e doenças, e *O menino dourado*, com noções de microbiologia; e juvenil, *Aventuras no mundo da ciência*), palestras, e monitoramento de visitas a laboratórios. Foi diretor do jornal Folha de São Paulo e incluiu nesse uma seção de ciência. Ele dirigiu ainda a revista “Ciência e Cultura” da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC) e colaborou por anos com a revista Anhembi (REBOUÇAS, 2002; VOGT, 2002; GIACHETI, 2004; REBOUÇAS e BACILIERI, 2005 e REBOUÇAS *et al*, 2009).

José Reis recebeu diversos prêmios, como o Prêmio “John R. Reitemeyer” em 1964, concedido pela Sociedade Interamericana de Imprensa e União Panamericana de Imprensa; prêmio “Instituto Biológico” em 1975; e prêmio “Kalinga”⁶, concedido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) no mesmo ano. Em 1978, o CNPq homenageou-o com um prêmio em seu nome. A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em 1999, criou o Programa José Reis de Incentivo ao Jornalismo Científico (Mídia Ciência). Em sua homenagem tem nome dado em auditório no Instituto Biológico e na Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA/ USP). Em sua homenagem também se criou o “Núcleo José Reis de Divulgação Científica” e ainda,

⁵A Lei de Diretrizes e Bases de 1996 mudou os nomes dos graus de ensino, transformando-os em apenas dois níveis: educação básica e educação superior. A educação básica abrange a educação infantil (crianças menores de 7 anos), o ensino fundamental (equivalente ao antigo ensino de 1º Grau) e o ensino médio (equivalente ao antigo 2º Grau) (BRASIL, 1996).

⁶O Prêmio Kalinga para a Popularização da Ciência é um prêmio dado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) por habilidades excepcionais na divulgação científica. Foi criado em 1952, após um donativo de Biju Patnaik, presidente fundador do "Kalinga Foundation Trust" na Índia (REBOUÇAS, 2002).

em 2001, fundou-se a Associação Brasileira de Divulgação Científica – ABRADIC (REBOUÇAS, 2002; VOGT, 2002; GIACHETI, 2004; REBOUÇAS e BACILIERI, 2005 e REBOUÇAS *et al*, 2009).

Fica elucidada a trajetória consistente no cenário brasileiro por parte de José Reis e sua influência no processo histórico de construção da divulgação científica deste país. Ressalta-se que, apesar do autor em questão ser identificado como um ícone na divulgação científica do Brasil, a atenção do presente estudo se voltará a análises do potencial do livro *Aventuras no mundo da ciência* para a abordagem da experimentação no ensino de ciências. Neste momento, avaliamos a importância da utilização de obras de tal autor para o Ensino de Ciências em função de apresentar extenso trabalho de articulação de conceitos científicos em meios não convencionais de ensino. Sua relevância na formação do pensamento científico de uma época pode desencadear ponderações importantes na formação de professores e em aulas de ciências.

2.2 A obra de José Reis: *Aventuras no mundo da ciência*

Embora José Reis seja reconhecido por sua relevância e pioneirismo na divulgação científica no Brasil, compreendemos o livro *Aventuras no mundo da ciência* como obra de literatura infanto-juvenil. O livro foi escrito em 1947, com uma narrativa que se passa em 1950. Faz parte de uma coleção intitulada *O Homem e o Universo*, tem ilustrações de Augustus e foi publicado pela Editora Melhoramentos.

O livro traz fragmentos da História Natural com pitadas de ficção. No transcorrer de 175 páginas, a trajetória de Carlito é contada. Esse jovem personagem, da cidade de Riacho Fundo no interior de São Paulo, mora com seus pais em uma propriedade rural, em meio a plantações e criação de galinhas.

Carlito chega ao Instituto Biológico, por indicação de conhecidos. Depois de apresentações, visitas e em conversa com pesquisadores, o garoto expõe a luta que vivencia contra uma terrível doença que acomete a criação de galinhas.

Doutor Néelson, microbiologista do instituto, interessa-se pelo fato e convida Carlito a investigar os casos da doença. Como orientadora, Carlito terá Mariana, “encantadora auxiliar”, e que apesar de ainda muito jovem já era perita naqueles assuntos.

Explicações muitas vezes detalhadas de procedimentos e conceitos sobre o universo da pesquisa abrem caminho à trama. Carlito

vai aos poucos aprendendo aspectos históricos de teorias e conceitos que permitem a abertura para o mundo microscópico.

Em meio aos preparos do parque experimental, Carlito tem acesso a uma série de explicações e comentários vinculados à teoria da evolução, e à genética de Mendel.

Impressiona-se ao observar ao microscópio o agente causador da cólera das galinhas, integrante da grande família na classificação dos seres vivos.

Com o avanço do trabalho experimental e mais familiarizado com os espaços, Carlito se depara com Roberto, assistente do Doutor Jônatas, pesquisador que se dedicava, também, à história das pesquisas microbianas.

Roberto, entusiasmado com os aspectos históricos, apresenta a Carlito o álbum de fotografias de uma viagem de exploração à Ilha de Creta na Grécia. A viagem fora feita com o intuito de revelar aspectos sobre a medicina praticada antigamente.

Com a conversa deslanchando e o grande interesse expressado por Carlito, Roberto o convida para um almoço com Gregory, jovem rico que, para trabalhar em suas invenções, comprou uma ilha na qual construiu enormes laboratórios. Gregory chega em um helicóptero e leva-os até sua ilha particular, onde conversam sobre os mais diversos assuntos, desde mitologia Grega, até deriva dos continentes e teoria de endemismos.

Excitado com elucubrações de Gregory sobre a construção de uma máquina que permitirá viagens no tempo, Carlito vivencia cenas dignas de ficção científica. Caindo como em um sonho na Grécia antiga, visita o templo de Asclépio — Deus da medicina. Assiste e até interfere na história, com direito de presenciar o juramento de Hipócrates que, inclusive, lhe pede ajuda com a epidemia de peste que ocorre em Atenas.

De volta à “realidade”, o experimento com as galinhas avança com o reconhecimento da forma de transmissão da doença. Porém, outra pergunta surge: será que haveria um meio mais simples de identificar os portadores? Tal pergunta suscita novo passo para a pesquisa.

Carlito, então, parte com Mariana em viagem para as terras de sua família a fim de identificar galinhas portadoras da cólera e dar continuidade à segunda parte da pesquisa. No caminho, Mariana apresenta a Carlito um livro que conta a história de grandes epidemias em guerras.

O livro faz menção a aspectos políticos e sociais que envolvem as doenças, e destaca que o empenho do poder público em sanar os males seria uma estratégia de aproximar o desenvolvimento dos povos.

Mariana e Carlito, na pequena cidade do interior paulista, dão continuidade ao trabalho. Aproveitam a rotina da fazenda para conversarem, o que torna a viagem momento agradável para se conhecerem melhor.

De volta ao Instituto Biológico, Mariana, Carlito e Doutor Néelson deparam-se com uma publicação que muda novamente os rumos da investigação, apontando complexidades que envolvem os estudos (de maneira geral) e a necessidade de interação entre pesquisadores.

Concluindo, o autor oferece uma última pitada de fantasia: Carlito e Roberto recebem um convite para testar a “máquina do tempo” de Gregory. Embarcam em uma nova aventura com ares de ficção científica. Finalmente, em meio a sonhos e perspectivas históricas, “testemunham” o trabalho de cientistas brasileiros com atuação na condição sanitária do Brasil: Oswaldo Cruz, Adolfo Lutz e Emílio Ribas.

Em síntese, por se tratar de um livro escrito na década de 1950, são apresentadas definições linguísticas próprias da época. Expõe aspectos conceituais já superados. Entretanto, sugere discussões com perspectivas social e política. Notamos no texto situações que podem desencadear discussões conceituais com possibilidades de “problematização”, trazendo perspectivas sociais, culturais, políticas e históricas, especificamente, na abordagem de aspectos referentes à experimentação.

2.3 Proposta para a análise

Primeiramente pretendemos apontar potencialidades da obra *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis, para abordagens pertinentes à experimentação na componente curricular Ciências da Natureza no Ensino Fundamental. Para a elucidação de tais aspectos o livro foi submetido aos procedimentos da análise textual discursiva, proposta por Moraes e Galiazzi (2011).

Às vezes, partindo de textos preexistentes, como livros ou artigos, a exemplo deste estudo, e por outras vezes, através da produção do próprio material de investigação, a partir de entrevistas e observações, têm-se textos que são submetidos à análise qualitativa (MORAES e GALIAZZI, 2011).

Segundo Moraes e Galiuzzi, a análise textual discursiva pode ser compreendida como:

[...] um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução dos textos do *corpus*, a unitarização; estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar do novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada (MORAES e GALIAZZI, p. 192, 2011).

A fim de uma melhor compreensão do método de análise, assinala-se, na sequência, a forma como Moraes e Galiuzzi (2011) o desenham. A desestruturação dos textos, denominada de unitarização, gera fragmentos chamados de unidades de significado. Em seguida, na categorização é preciso combinar e classificar tais unidades de significado obtidas na fase anterior para que possam ser reunidas em grupos mais complexos, ou seja, em categorias de análise. A opção desta pesquisa foi por categorias denominadas emergentes, de maneira que não se apresentou previamente um referencial teórico explícito.

Já na fase de compreensão do novo emergente, uma vez impregnado com as informações é possível desenvolver um maior entendimento do todo ao apresentar-se um metatexto decorrente do processo.

Neste momento, é importante ressaltar que a análise se limita a caracterizar o potencial do livro para ensinar sobre experimentação. Não se pretende, por exemplo, fazer uma análise comparativa entre os métodos e técnicas contemporâneas com os citados no livro em função da preocupação com incoerências e anacronismos. A análise não apresenta articulação com estudos sobre teoria literária e nem com abordagens de literaturas de divulgação científica.

As categorias emergentes foram discutidas à luz da interlocução com a literatura. Apresentam-se três categorias: experimentação em animais não humanos e humanos; aspectos CTS ligados à experimentação; e aspectos epistemológicos associados à experimentação.

2.4 Um diálogo com as *Aventuras no mundo da ciência*

Emergiram da análise três categorias, quais sejam: experimentação em animais não humanos e humanos; aspectos CTS ligados à experimentação e aspectos epistemológicos associados à experimentação. A seguir apresentaremos as categorias.

2.4.1 Experimentação em animais não humanos e humanos

2.4.1.1 Experimentação em animais não humanos

A análise do livro *Aventuras no mundo da ciência* aponta a experimentação animal como um assunto recorrente. Entendemos neste estudo que a modelagem animal é um assunto controverso que pode ser aberto em muitos leques e questionado sob muitas perspectivas. Admitimos, com isso, discussões de caráter científico e ético que buscam elucidar divergências e estabelecer práticas didático-científicas fundamentadas (DANIELSKI; BARROS e CARVALHO, 2011).

Acreditamos que a perspectiva disposta no texto referente à utilização de animais em pesquisas pode ter vínculos historicamente construídos, bem como seus questionamentos de oposição. Desta maneira, apresentamos discussões para contextualização de aspectos que permeiam a experimentação no meio científico que possam desvelar compreensões de ciência.

Entendemos que a recorrente referência no texto ao trabalho científico atrelado à utilização de animais em experimentos pode ter explicações pautadas em compreensões de ciência, e uma delas seria a mecanicista⁷ (FELIPE, 2007), que, para este estudo, pode ser subdividida em dois aspectos: (1) quanto à natureza dos animais e (2) quanto à possibilidade da utilização do animal como modelo.

É plausível ressaltar que o pressuposto animal-máquina sugerido por Descartes já era superado no meio científico no momento de escrita do livro *Aventuras no mundo da ciência*. Pensamos que este tipo de argumentação, na atualidade, não favoreça discussões que permeiam o campo contraditório que se configurou em relação à experimentação animal. Mesmo em face deste entendimento, por não oferecer ponderações à utilização dos animais, os fragmentos destacados

⁷Proposta pelo filósofo francês René Descartes, 1595-1650 (FELIPE, 2007). Neste momento, abordaremos apenas aspectos que relacionam visão mecanicista à utilização de animais em pesquisas científicas.

nos remetem a tal discussão. A impressão de uma significação material para os animais utilizados no laboratório é interpretada na descrição de uma cena corriqueira do trabalho em laboratório, que simplifica a presença dos animais em meio aos equipamentos:

Através de larga porta existente na parede do fundo, descortinava-se o interior de um laboratório, onde jovem auxiliar se entretinha em examinar um animal qualquer, que se achava estendido numa pequena bandeja de folha (REIS, 1954, p.07).

Quanto à natureza dos animais, teorias mecanicistas ofereceram sustentação à crença que foi difundida há três séculos no meio científico que associava animais a autômatos. Apontam questões da constituição da consciência animal e seus pressupostos mentais. As teses de Descartes discutem que os animais seriam destituídos de consciência da dor, por serem privados de linguagem e de pensamento. A linguagem e o pensamento, para Descartes, configuravam duas habilidades fundamentais para que um ser sensível pudesse ter experiência consciente da dor e, por conseguinte, sofrer (FELIPE, 2007; ROCHA, 2004). Desta forma, os animais teriam uma significação material.

A presença do animal na bancada dos laboratórios de pesquisa médica básica descrita no texto parece tão naturalizada que, mesmo sobrepujada, a ideia de significação material dos animais merece menção.

Em outro trecho, o personagem Carlito encanta-se com os equipamentos e instalações do laboratório de microbiologia e em meio a eles enumera os animais como enumera os instrumentos:

A Carlito o que mais interessava eram os laboratórios de microbiologia. E estes são relativamente simples. Armários e longas mesas, balanças, geladeiras, estufas, centrífugos, aparelhos de filtração, equipamento para dissecação de pequenos animais [...] Algumas gaiolas com animais vivos à espera de serem injetados, ou já contaminados e em via de observação. E também, é claro, os microscópios (REIS, 1954, p.15).

Segundo Felipe (2007), o entendimento que permitiu a utilização de animais no meio científico também teria justificação de ordens religiosas, que apregoam a convicção de que o ser humano ocupe lugar privilegiado na ordem da vida. Classificar animais não humanos em um nível mais baixo fomentaria nos humanos o sentimento de grandeza, a compaixão por tudo que tem natureza mais frágil, ou que padece de alguma limitação.

Depois de Descartes a ciência produziu conhecimentos suficientes para o questionamento do pressuposto mecanicista quanto à natureza dos animais. Esse reconhecimento foi fortemente questionado por inúmeros teóricos como Voltaire, Espinosa, Montaigne, Rosseau e Leonardo da Vinci, que não admitiam tal consideração (SILVA, 2014). Porém, Charles Darwin, com a teoria da evolução, afirmou que a sensibilidade entre os animais apenas diferiria em grau. As emoções são responsáveis pela sobrevivência de todo e qualquer animal, reguladas apenas em função das necessidades sociais e ambientais específicas de cada espécie e ainda assim podendo variar (SINGER, 2004; SILVA, 2014 e DINIZ *et al.* 2006). Desta forma, a compreensão mecanicista de animal-máquina tornava-se ultrapassada.

Ainda nos referindo aos argumentos iniciados pela visão mecanicista, agora na perspectiva da modelagem animal, ponderamos que esta visão, juntamente com outras, pode ter influenciado no entendimento de modelagem animal utilizado e defendido até hoje (TRÉZ, 2012). Há fragmentos em que se sugere a ideia de que pesquisas científicas, sobretudo as médicas, seriam dependentes de estudos em animais. Dessa maneira, os animais poderiam ser utilizados em pesquisas médicas:

Nos biotérios conservam-se os animais destinados às pesquisas, ou já submetidos à experimentação. Coelhos, cobaias, ratos, camundongos, pombos, galinhas, macacos, furões, cães, tatus, **tudo isto serve para experiência** [...]. (REIS, 1954 p.20, grifo nosso)

Na visão mecanicista, Descartes entendia o corpo do animal humano e o corpo do animal não humano como análogos e, conseqüentemente, explicados por similaridade ao funcionamento de uma máquina complexa. Com esse entendimento, a modelagem animal foi ganhando créditos no meio científico (ROCHA, 2004). Nota-se, no

trecho seguinte, menção à utilidade dos animais para o favorecimento do trabalho científico nas pesquisas médicas:

Junto dos biotérios estão as cocheiras, onde se encontram cavalos, carneiros e bois. **Cada um deles possui sua utilidade [...]**. (REIS, 1954, p.21, grifo nosso)

Em face desses pressupostos, identifica-se um legado anterior e não somente referente à perspectiva cartesiana, que teria contribuído também para a efetivação da modelagem animal em práticas científicas. Tréz (2012) analisa um recorte de registros ocorridos na comunidade europeia e aponta que a época renascentista⁸ pode ter influenciado o mecanicismo nas Américas, com a expansão de sua cultura no século XV.

O próximo fragmento suscita impressões que podem ser discutidas a partir das perspectivas defendidas por Shanks e Greek (2009), que tratam sobre a questão controversa de estudos preditivos em animais para fisiopatologia e toxicologia:

O diretor estava sentado diante de uma escrivaninha simples. Atrás dele, pendente da parede, um quadro curioso, em que Carlito pode ver, de relance, a caricatura do próprio diretor entre macacos de toda espécie. **Era alusão às muitas experiências que fizera com esses animais, para estudar o micróbio da paralisia infantil.** (REIS, 1954, p.6, grifo nosso)

Em uma análise do fragmento, pode-se avaliar que seriam feitos em animais estudos sobre o agente causador da paralisia infantil, não ficando claro qual a finalidade de tal estudo. Trazer a discussão na

⁸ O Renascimento Científico deve ser entendido dentro do contexto do Renascimento Cultural, ocorrido na Europa entre os séculos XV e XVI. Foi um período marcado por grandes avanços nas ciências, possibilitados pelos estudos e experimentos de grandes cientistas. A razão passou a ser um dos principais objetivos daqueles que pretendiam desvendar os grandes mistérios do mundo físico. Mesmo tendo a forte oposição da Igreja, muitos cientistas buscaram métodos de produção de conhecimento através da experimentação (GODINHO e SAMPAIO, 2012).

perspectiva de Shanks e Greek (2009) é uma maneira de admitir e discutir a polissemia suscitada em tal fragmento.

Para a delimitação e entendimento da posição defendida, Shanks e Greek (2009) descrevem nove formas de emprego de animais no meio científico: (1) modelos preditivos para enfermidades humanas; (2) modelos preditivos para a avaliação de risco à exposição de substâncias ou drogas, principalmente no contexto da toxicologia e farmacologia; (3) para uso no ensino; (4) como fonte de peças biológicas (ex. válvula cardíaca de porcos); (5) como reatores biológicos (na produção de insulina, ou anticorpos monoclonais, por exemplo); (6) como fonte de tecidos ou órgãos para estudo de princípios biológicos básicos; (7) como aparatos heurísticos que possam provocar novas hipóteses biológicas/biomédicas; (8) para beneficiar a outros animais não-humanos; e (9) para a produção de conhecimento científico por si só. Utilizam a definição das palavras *predição*⁹ e *hipótese*¹⁰ para entender até que ponto um animal não humano poderia possibilitar *predizer* as reações em humanos.

Em argumentações sobre modelagem animal, Shanks e Greek (2009), discutem a possibilidade de *predição* de efeitos em humanos. Na pesquisa básica em animais não humanos, o investigador teria uma **hipótese** sobre a resposta humana provável e esta precisaria ser testada com o recolhimento de dados humanos (SHANKS e GREEK, 2009). De outro lado, os autores defendem que não se pode afirmar que a resposta da reação no animal poderá **predizer** a reação que ocorrerá em humanos.

Grosso modo, considerando-se a multiplicidade de entendimentos possíveis, o fragmento pode emoldurar-se como o descrito no emprego (7), o uso do animal não humano como aparato heurístico que possa provocar novas hipóteses biológicas/biomédicas, ou no (1) modelos preditivos para enfermidades humanas.

Sem considerar questões éticas, as sete últimas formas de utilização seriam viáveis do ponto de vista científico, segundo os autores acima referenciados. Produziram-se muitos avanços com esta utilização,

⁹ Ato ou efeito de *predizer*; vaticínio; profecia (FERREIRA, 2004).

¹⁰ Suposição do que é possível (para do fato se tirar uma conclusão). Teoria não demonstrada, mas provável; suposição (FERREIRA, 2004).

porém, como já foi lembrado, existem controvérsias quanto a modelos preditivos, no caso das duas primeiras formas.

No texto temos outros exemplos de utilização de animais não humanos como modelos para a construção do conhecimento científico que parecem culminar sempre em resultados positivos à humanidade:

Que seria de nossos conhecimentos sobre a tuberculose e a difteria, sem o sacrifício diário das cobaias? De nossos progressos no estudo da febre amarela, sem os camundongos? Da vacinação anti-rábica, sem o coelho? **Do conhecimento da paralisia infantil sem o macaco?** Dos estudos sobre a gripe, sem o furão? Da dosagem de muitas toxinas e antitoxinas, sem os pombos? E que teria sido de nossa bacteriologia toda, no que se refere ao processo da vacinação, sem as cacarejantes galinhas que a cólera tão impiedosamente dizima [...]. (REIS, 1954, p. 20, grifo nosso)

Vários autores defendem que, nas pesquisas da poliomielite, ao contrário do que sugere o texto ao se referir à vacinação, os modelos (animais) para a definição do modo de transmissão e do agente responsável pela infecção em humanos atrasaram as conclusões (GREIF, 2000; CAMPOS; NASCIMENTO e MARANHÃO, 2010). Chegou-se a sustentações depois da utilização da cultura do polivírus em células humanas, efetivando assim a elaboração de vacinas¹¹ em 1953.

Ao contrário do que o fragmento pode suscitar, a ideia de que a utilização de animais não humanos na ciência médica sempre incorrerá em implicações positivas para a humanidade é contrariada pela história e literatura da área. Felipe (2007) descreve fracassos reconhecidos do modelo animal, ponderando dois posicionamentos quanto à questão: os favoráveis à utilização do modelo animal enfatizam que um único desastre não invalida a totalidade das boas descobertas; e os contrários à utilização de animais não humanos replicam que muitas drogas, ditas seguras após testes exaustivos, provocam a morte em humanos, ou anomalias irreversíveis. Felipe (2007) oferece estudos que listam drogas retiradas do mercado, que apesar de terem resultado de testes em

¹¹As vacinas Sabin foram desenvolvidas por Albert Sabin e são utilizadas no Brasil desde 1964. É aplicada na forma oral e composta por vírus vivos atenuados. A vacina Salk foi desenvolvida por Jonas Salk em 1954, é composta por vírus inativados (na forma isolada) e aplicada via intramuscular ou subcutânea (CAMPOS; NASCIMENTO e MARANHÃO, 2010).

milhões de animais, revelaram-se tóxicas e, em alguns casos, até letais em humanos, o que é o caso emblemático da *Talidomida*¹².

Greif e Tréz (2000) listam medicamentos com efeitos diversos e adversos quando testados em animais não humanos e liberados para humanos como: a) o *Arsênico*, seguro em altas doses para ovelhas, letal para humanos; b) *Estricnina*, inofensivo aos porcos da Índia e letal para humanos; c) *Metildopa*, eficiente redutor de pressão em humanos, não apresenta esse efeito em outros animais; e d) *Penicilina*, que não mata humanos em certas concentrações, mas mata porquinhos-da-Índia.

São observadas inúmeras posições sobre a utilização de animais no meio científico. Pontos de vista filosóficos e científicos, que se pautam tanto nos benefícios quanto nas limitações, mostram que se trata de um assunto complexo que pode ser analisado sob diversos aspectos. Porém, consideramos que ultimamente o entendimento sobre a utilização de animais incorre em uma perspectiva contrária à da simplificação e banalização, diferente das impressões que nos sugeriu a passagem seguinte do livro:

[...]-Isso vai dar um trabalho... Examinar todas as placas, uma por uma, e tentar descobrir entre as dezenas e centenas de colônias diferentes, formadas pelos diversos micróbios da boca as colônias da cólera. — Que se há de fazer? retorquiu o médico, logo exclamando: — Espere lá! Talvez consigamos meio mais prático. Escute aqui: os micróbios que existem na boca, em geral, não causam doença, os da cólera são, como você sabe, virulentíssimos. Se tomarmos o «cuspe» da galinha e, em vez de o semearmos em placa, o injetarmos no peito de um pombo, que é animal fácil de arranjar e muito sensível ao micróbio da cólera — **Sim! mas iremos matar muitos pombos! ponderou o rapaz. — Muitos não, só aqueles que receberem “cuspe” de portadores.** (REIS, 1954, p.117, grifo nosso).

¹²Trata-se de um medicamento desenvolvido inicialmente como sedativo. Contudo, a partir de sua comercialização, apresentou efeitos teratogênicos (ultrapassa a barreira placentária e interfere na formação do feto). O efeito identificado em 1961 provocou a retirada imediata do medicamento do mercado mundial (GREIF e TRÉZ 2000).

A falta de reservas em mencionar a utilização de pombos como alternativa simples e acessível pode remeter, em parte, à época de publicação do livro na qual não eram presentes leis específicas no Brasil para a utilização de animais no meio científico (ANDRADE *et al*, 2002), ainda que devamos estar cientes de que se trata de uma obra de ficção. No entanto, já na década de 1950 havia proposta de tratamento humanitário, como a defendida por Willian M.S. Russel e Rex L. Burch na obra *O Princípio Teórico Experimental Humanitário*, original de 1959 – portanto, da mesma década em que foi publicado o livro *Aventuras no mundo da ciência*. Esses autores trouxeram, naquela época, a proposição do conceito dos 3Rs: *replacement* – substituição de espécie por outra mais abaixo na escala zoológica ou para microrganismos, ou, se possível, para material não biológico; *reduction* – redução do número de animais utilizados; *refinement* – refinamento das técnicas para minimizar o nível de estresse e dor causada ao animal durante a experimentação. Esse trabalho repercutiu no meio científico, levando a ponderações sobre a minimização do uso de animais não humanos em pesquisas (ANDRADE *et al*, 2002, p. 339).

Destaca-se, no trecho seguinte, uma das possíveis compreensões sobre os critérios esperados para firmar a fidedignidade de um estudo. Chama-se a atenção para os cuidados com as galinhas que fazem parte do experimento. Silenciam-se questões de biossegurança e manejo adequado dos animais em benefício do “rigor metodológico”:

Olhe lá, Triatoma, disse o Dr. Nélsion, vendo-o ferir, embora levemente, o céu da boca de uma das galinhas, ao colher o material necessário à pesquisa do micróbio. Essa história de machucar o pobre bicho não dá certo. E explicou que o ferimento facilitaria a penetração do micróbio no sangue, atrapalhando a experiência. — Nós queremos ver como é que as coisas acontecem em condições naturais, disse o Dr. Nélsion, acentuando as últimas palavras. Se você começa a esgaravatar a boca das aves e a fazê-las sangrar, francamente não poderemos dizer que trabalhamos em condições naturais (REIS, 1954 p.115).

A referência anterior à obra *O Princípio Teórico Experimental Humanitário* dá indicativos de que, já na década de 1950, havia

discussões sobre experimentação animal, de modo a não vulgarizar a utilização de animais. A leitura de um texto como *Aventuras no mundo da ciência* atualmente pode não suscitar nos leitores o reconhecimento de que já naquela década tais discussões, ainda que incipientes, faziam-se presentes, bem como de que ainda hoje se silenciam debates sobre biossegurança. Apesar de não se buscar interpretar o passado com os conhecimentos do presente, de modo a evitar anacronismos, e de não negligenciar que o livro analisado se caracteriza como uma ficção, ressalta-se que nos dias de hoje é necessário, para exercer a função de assistente de laboratório, ser profissional formado para tal, técnico ou auxiliar de biotério com curso específico para a área, atendendo às especificações esperadas tanto para o manejo animal quanto para as exigências que possibilitem a qualidade das pesquisas e segurança para quem trabalha (ANDRADE *et al*, 2002).

Cumprir registrar ainda que discussões relacionadas, de certo modo, com o bem-estar animal já se faziam presentes no contexto brasileiro na primeira metade do século passado. Em 1934, o decreto 24.645 tornava contravenção os maus tratos contra os animais não humanos. O estado reconhece, pela primeira vez, todos os animais não humanos existentes no país como tutelados (AZEVEDO, 2012). Em 1941, a Lei das Contravenções Penais proibia a crueldade contra os animais não humanos. Orientações oficiais citadas tratavam de questões abrangentes, pouco específicas quanto ao uso de animais em pesquisa ou ensino.

De maneira mais detalhada, ponderamos que historicamente a utilização de modelos animais para transposição de resultados para humanos foi sendo firmada pelo meio científico, sendo um assunto muito discutido entre os estudiosos no âmbito da bioética. Por um lado, apontam-se grandes avanços e sucesso de pesquisas em diferentes áreas da medicina, como na oncologia, cardiologia e farmacologia. Por outro lado, os que combatem os modelos animais atentam que o seu sucesso pode ser equivocado, em função das limitações implícitas na transposição dos resultados para animais humanos.

Portanto, uma abordagem no ensino que leve em conta as diversas opiniões, considerando aspectos históricos, religiosos e culturais, pode propiciar aos estudantes atitudes reflexivas frente à experimentação animal. Entendemos que as discussões sobre experimentação animal podem fomentar a apropriação de que o conhecimento científico não é neutro e isento de valores.

2.4.1.2 Experimentação em humanos

A análise assinala também a experimentação em humanos. De forma similar à discussão anterior, apresenta-se como assunto controverso com possibilidades de ponderações que julgamos importantes.

O seguinte fragmento denota aspectos referentes à necessidade de experimentação em humanos para detecção do agente causador da doença:

— Mas de qualquer modo foi picado, porque outro mosquito, que estava escondido no quarto, o atacou. O próprio Lazear o disse, antes de morrer [...] Mas não há dúvida que as coisas estão confusas [...] Precisamos de mais experiências!

Então, Reed construiu o «Acampamento Lazear», onde realizou uma série de experiências que esclareceram definitivamente o problema da transmissão da febre amarela.

Dois voluntários, dois novos heróis, deixaram-se picar pelos mosquitos infetados; um deles adoeceu. Outros voluntários foram alojados em cômodo onde haviam morrido doentes de febre amarela; nesse cômodo, os voluntários dormiam nas camas sujas dos doentes e constantemente remexiam em suas roupas usadas. Nada lhes aconteceu. Mas, depois, quando picados pelos mosquitos, adoeceram. Em dois outros cômodos, perfeitamente limpos e contíguos, separados apenas por fina tela de arame, entraram outros voluntários, entre os quais um que já havia sido picado, mas não adoecera. Num dos cômodos soltaram-se alguns mosquitos; no outro, não havia tais insetos. Onde havia mosquitos a doença apareceu; no outro lado, nem sinal dela! Estava tudo muito claro! (REIS, 1954, p.152).

Mesmo diante da falta de consonância com o período de tempo descrito, julgamos necessárias ponderações de caráter ético sobre o fragmento observado. Discussões acerca da ética em estudos realizados com humanos colaboraram no estabelecimento de uma nova área de estudo que é a bioética. Datam ainda da primeira metade do século passado discussões em vista às barbáries ocorridas com a

experimentação em prisioneiros de guerra, povos de países em desenvolvimento ou populações menos favorecidas (LINS, 2011).

O fragmento não deixa devidamente clara a origem de tais voluntários, porém, a história está repleta de maus exemplos relacionados à experimentação humana.

Na atualidade, o entendimento quanto a voluntários em pesquisas médicas é diferente da caracterização descrita, como o voluntariado relacionado a heroísmo:

— Valera a pena, pensava o Dr. Carroll, enquanto a febre o consumia.

Estava escrito, entretanto, que ele viveria. Viveria para ver um recruta repetir o mesmo ato de heroísmo, e salvar-se. Viveria para ver um colega de experiências, o Dr. Lazear, também cair vítima da picada sinistra, este porém para não mais se erguer entre os vivos. Aquela turma de heróis tinha provas bem fortes de que o mosquito podia transmitir a doença (REIS, 1954 p.151).

Perante o exposto em relação à experimentação em humanos atualmente, diferente da perspectiva na época descrita no livro, tal experimentação só poderá ocorrer quando a pesquisa se configurar segura para a vida do voluntário (LINS, 2011).

É possível pautar exigências atuais para que a pesquisa aconteça de maneira ética¹³ em favor do voluntário:

Agora era guardar esses mosquitos com todo cuidado, para que não fugissem. E arranjar... bem, arranjar uma cobaia humana que se deixasse picar pelos insetos. Quem haveria de ser? (REIS, 1954, p.151).

Quanto ao especificado no fragmento, o voluntário para a pesquisa não gozaria de nenhuma vantagem direta na pesquisa. Os riscos, porém, estavam implícitos, e seria em nome de um suposto “bem

¹³Após a Segunda Guerra, em face ao julgamento de Nuremberg, surgiram discussões e o código de Nuremberg, que passou a direcionar condutas sobre experimentação humana nas diversas nações. O código de Nuremberg foi ao longo dos anos sendo ajustado em conferências de alcance internacional (LINS, 2011).

maior”. Desse modo, haveria a possibilidade de relação de dominação entre o pesquisador e o “experimentado”. Hoje em dia, o voluntário precisa assinar um termo de consentimento livre e esclarecido. Essa ação implicaria que o consentimento seja esclarecido. O que significa que os procedimentos da pesquisa devem ser devidamente explicados. Para tentar sanar questões de dominação, o paciente poderá sair do experimento assim que julgar conveniente (LINS, 2011).

Em síntese, o livro *Aventuras no mundo da ciência* também mostra um potencial para abordagem da experimentação humana. Contudo, ressalta-se que a referência à experimentação em animais não humanos é mais acentuada do que à experimentação em humanos.

2.4.2 Aspectos CTS ligados à experimentação

Neste tópico discutiremos especificamente aspectos sobre experimentação de maneira articulada com a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Entendemos que discussões de caráter CTS já permeavam a literatura em período próximo ao da publicação do livro *Aventuras no mundo da ciência*. Um exemplo é a conhecida obra de Raquel Carson, *Primavera Silenciosa* (*Silent spring*, 1962).

Em uma visão simplificada dos processos científicos, mais especificamente no que concerne à experimentação, também observada no livro de José Reis, a ciência contribui para o maior bem-estar social, buscando exclusivamente a verdade. Destacamos o trecho em que há uma discussão com referência ao desenvolvimento dos processos científicos experimentais associados a questões econômicas:

Trata-se de doença antiga, conhecida desde os primeiros tempos da microbiologia. Com ela trabalhara Pasteur, o fundador dessa ciência. Mas, com o tempo, a questão foi esquecida. E era natural. **A criação de galinhas nunca havia atingido grande valor econômico e por isso os cientistas se preocupavam mais com as doenças humanas ou com as dos animais de maior preço**, ou ainda com as doenças animais que representassem perigo para a saúde humana. Entretanto, a avicultura foi ganhando importância. Melhoraram as raças e a sua produtividade e, afinal, essa indústria atingiu posição de grande relevo na economia de muitos países. Centenas de sábios começaram a estudar todos os problemas da criação de aves. Verificou-se que a galinha

doméstica é um dos melhores transformadores de alimentos. (REIS, 1954, p.45, grifo nosso).

O trecho suscita aspectos contrários à neutralidade. De acordo com Dagnino (2002), a busca de neutralidade do conhecimento científico vem desde o século XV, primeiro com o iluminismo e depois com o positivismo, já no século XVIII, como oposição ao pensamento religioso que de maneira clara provocava intervenções na realidade social de seus fiéis em oposição aos adeptos de outras crenças. Desta maneira, o primado positivista previa que subjetividades seriam contidas dentro dos limites da objetividade, reproduzindo a realidade e gerando resultados como expressão de verdade absoluta.

A importância dos processos técnicos e científicos se sobressairia em contraponto com os processos políticos, aumentando a confiança na ciência como saber verdadeiro e universal capaz de desencadear o progresso (DAGNINO, 2002).

O excerto que segue reforça a recorrência de aspectos econômicos, agora com cenário político e social, como determinantes dos caminhos das pesquisas, mais especificamente de trabalhos experimentais:

Shull lançara ao mesmo tempo a semente da ambição. Muitos agora se atiram ao problema. **O milho híbrido é uma promessa! Mobilizam-se recursos.** Correm atarefados os cientistas nos **campos experimentais.** Em 1943, quando a mais tremenda das guerras envolvia o mundo inteiro, o lucro obtido na produção do milho **permitia produzir para cada homem, mulher, criança, nos Estados Unidos, mais 24 quilos de carne de porco [...].** (REIS, 1954, p.61, grifo nosso)

Embora o trecho descreva que o trabalho e os recursos dispensados com tais experimentos possam vir a gerar um aumento em quantidade de alimento para a sociedade, a ênfase é percebida no lucro financeiro que tais experimentos podem acarretar. Lembramos que historicamente o desenvolvimento científico em prol do aumento da oferta de alimentos não foi determinante para que se sanassem os problemas mundiais com a falta de mantimento para as pessoas.

Identificamos também no livro uma referência tácita aos aspectos sociais das produções e dinâmicas científicas:

Em seus laboratórios os mais diversos cientistas faziam experiências que à primeira vista talvez não apresentassem relação alguma entre si, mas que visavam, na verdade, a uma ideia única: a luta contra a doença (REIS, 1954, p.13).

Segundo Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003), a obra de Kuhn elucida caminhos que caracterizam a importância da dimensão social e histórica dos processos científicos. Assim, a ciência pode ser caracterizada como um trabalho que reúne forças, neste caso para o entendimento das doenças, como um intenso trabalho de diversas áreas do conhecimento. Este intenso trabalho, em parte, está associado à experimentação no contexto da ciência.

Atrelados à complexidade do conhecimento científico, observa-se a consideração de outros tipos de conhecimentos que podemos articular a discussões sobre tecnologia e experimento. No âmbito CTS, a visão sobre a natureza da tecnologia é fundamental para a análise de impactos tecnológicos, de políticas públicas de ciência e tecnologia e de regulação e gestão da ciência e da tecnologia (BAZZO, VON LINSINGEN, PEREIRA, 2003). Observe-se o trecho a seguir:

— Essa comparação, interveio novamente o Dr. Brugmann, é muito mais interessante do que pode parecer porque nos mostra a influência do homem na natureza. Aquela ave franzina achegou-se ao homem. Com ele caminhou e progrediu. Transformou-se, aperfeiçoou-se. Quantas criaturas humanas intervieram nesse processo? Milhares e milhares. Cada uma ajuntou, por assim dizer, uma pena diferente à ave primitiva. **Foi o trabalho de cruzar entre si as galinhas, e observar os caracteres, de procurar fazer com que eles se reforçassem e dominassem outros. Uma longa experiência. Sabemos que isto aconteceu porque vimos, depois, os criadores e os cientistas realizarem processo semelhante, em prazo mais curto, produzindo novas raças.**

— Sim, disse Carlito, como com a Rhode Island Red¹⁴, a Plymouth¹⁵... É verdadeiramente incrível o que os grandes criadores realizaram à custa de

¹⁴ linhagem de galinhas

¹⁵ linhagem de galinhas

demorado e paciente trabalho! No sentido de aperfeiçoar as raças de galinhas. Homens, na maioria das vezes, obscuros e até humildes, encerrados toda a vida em seus alqueires de terra, foram operando verdadeiras revoluções.

— A eles juntaram os cientistas, disse o Dr. Brugmann, que em estações experimentais de genética trataram de estudar a maneira pela qual os caracteres individuais passam dos pais aos filhos. Conseguiram maravilhas com sua intervenção, fazendo que as qualidades boas se reforçassem e as indesejáveis fossem sendo aos poucos eliminadas... (REIS, 1954, p.50, grifo nosso)

Uma das interpretações estabelecidas sobre tecnologia, partindo de um caráter sistêmico, é aquela que a coloca como prática. Atrelado a isso, a prática tecnológica envolve três dimensões integradas que podemos observar no fragmento. O aspecto organizacional - que relaciona a administração das atividades de seus autores, no caso os criadores de galinhas e técnicos. Em segundo lugar, aspecto técnico - como técnicas e conhecimentos relacionados à atividade. E terceiro, o aspecto cultural e ideológico - que se refere aos valores, às ideias e à atividade criadora (BAZZO, VON LINSINGEN, PEREIRA, 2003).

Ressaltamos ainda que tacitamente existe uma compreensão de tecnologia que pode estar para além daquela de ciência aplicada:

Com efeito, por menores que sejam, as bactérias, os fungos e os protozoários sempre podem ser vistos com auxílio do microscópio, o precioso instrumento tão ligado ao progresso da humanidade. Muito além dessas formas, porém, inteiramente fora do alcance de nossos olhos, mesmo quando auxiliados pelos melhores microscópios, ficam os vírus. (REIS, 1954, p.18).

O microscópio caracteriza-se pela relação direta com o desenvolvimento da ciência, mantendo uma ampla e diversificada relação com os experimentos do âmbito que os olhos humanos não alcançam, âmbito que, antes do desenvolvimento do microscópio, impossibilitava estudos. Tal relação vai além da conhecida acepção de tecnologia como ciência aplicada (BAZZO, VON LINSINGEN, PEREIRA, 2003).

No tocante ao caráter CTS presente nos excertos, consideramos que o livro traz importantes ponderações para o Ensino de Ciências.

2.4.3 Aspectos Epistemológicos associados à experimentação

O texto remete de maneira recursiva a entendimentos epistemológicos sobre experimentação. Compreendemos a experimentação como inerente ao discurso científico, sendo que diferentes perspectivas epistemológicas podem atribuir aos experimentos significados distintos no processo de construção do conhecimento (GONÇALVES, 2005).

No fragmento que segue distinguimos referência a pensamentos que pautavam o entendimento sobre o conhecimento científico em meados do século XVII:

Vivendo numa época em que as pessoas cultas pouco se importavam com o trabalho de experimentação e com a observação direta dos fenômenos da natureza, preferindo estudar e repetir cegamente os livros antigos para tirar conclusões das afirmações neles contidas, numa época em que a iniciativa de pensar por sua própria cabeça era olhada com desconfiança (REIS, 1954, p.36).

À época, o filósofo Francis Bacon e parte de seus contemporâneos viam como um erro de filósofos naturais medievais o entendimento das obras dos antigos como fontes únicas e seguras de conhecimento (CHALMERS, 1993). Nesse contexto eram comuns pensamentos como os expressos no livro *Aventuras no mundo da ciência*:

O único meio de ter certeza é fazer experiências, procurar observar cuidadosamente os fenômenos, tentando reproduzi-los em determinadas condições. Realizar, enfim, o que hoje se faz comumente em milhares de laboratórios pelo mundo afora. (REIS, 1954, p.36)

O excerto pode oferecer a impressão de ciência pautada na observação. Desta maneira, sinalizamos o indutivismo ingênuo, que prevê as proposições de observações neutras como ponto de partida para as leis e teorias que constituem o conhecimento científico

(CHALMERS, 1993). As observações seriam concretizadas pelos órgãos sensitivos “normais” do observador. Assim, o trecho pode suscitar a ideia - bastante contestada pela epistemologia das ciências contemporânea - de que apenas por meio da observação e experimentação se consiga chegar a conhecimentos científicos.

Em outros momentos, o texto dá a entender que o conhecimento científico não é imutável:

Queria apenas dizer que certas ideias, que hoje pensamos serem verdadeiras, amanhã podem parecer-nos falsas, depois de novos estudos e observações (REIS, 1954, p.37).

Aproximando essa discussão aos experimentos, o expresso no fragmento pode conduzir a opiniões pautadas, por exemplo, na verificabilidade do positivismo lógico (FRENCH, 2009), e na falseabilidade defendida por Karl Popper (FRENCH, 2009). Tanto a verificabilidade como a falseabilidade, com as suas particularidades, remetem a pressupostos que pontuam a confiabilidade da ciência na observação e experimentação (FRENCH, 2009).

No decorrer do texto de ficção são valorizados os experimentos e as observações. Ainda que não expresse uma compreensão de que o conhecimento científico deles derivados é imutável, a ênfase na experimentação e observação se mantém:

O que ele queria dizer, afinal, era aquilo que hoje todos estamos fartos de saber: que o conhecimento humano se alarga sempre, que à medida que observamos e fazemos experiências vamos descobrindo novos segredos e achamos novos porquês (REIS, 1954, p.37).

De maneira geral, explicações de fenômenos, teorias ou hipóteses são vistas como centrais na prática experimental (FRENCH, 2009). No livro *Aventuras no mundo da ciência* este aspecto não foge à regra.

Aparece ainda no livro a opinião de que um problema pode ser o início para novos experimentos e, por conseguinte, conhecimentos. Segundo Chalmes (1993), a produção do conhecimento científico está associada a problemas. Podemos notar este entendimento no fragmento que segue:

— E ainda continuam perdendo aves? perguntou Dr. Néilson, que manifestava grande interesse no caso.

— Todos os anos é a mesma coisa, às vezes mais forte, às vezes mais fraca...

— Pois eu gostaria muito de estudar essa doença e tentar descobrir um meio de combatê-la, disse o Dr. Néilson. (REIS, 1954, p.12a).

A fase de planejamento do experimento tem início com a proposição de um problema; a fim de resolvê-lo e explicar o fenômeno, apresenta-se uma hipótese (FRENCH, 2009). A partir dela, realiza-se um experimento com a presença de observações relacionadas com o fenômeno.

Para a construção e planejamento dos experimentos, são levados em conta os conhecimentos preliminares dos cientistas. O trecho a seguir é um indicativo de que os experimentos são planejados através de hipóteses pautadas em bases teóricas:

Olhe lá, Triatoma, disse o Dr. Néilson, vendo-o ferir, embora levemente, o céu da boca de uma das galinhas, ao colher o material necessário à pesquisa do micróbio. Essa história de machucar o pobre bicho não dá certo. **E explicou que o ferimento facilitaria a penetração do micróbio no sangue, atrapalhando a experiência.** — Nós queremos ver como é que as coisas acontecem em condições naturais, disse o Dr. Néilson, acentuando as últimas palavras. Se você começa a esgaravatar a boca das aves e a fazê-las sangrar, francamente não poderemos dizer que trabalhamos em condições naturais. (REIS, 1954, p.115, grifo nosso)

Os trabalhos experimentais são planejados com base em conhecimentos teóricos anteriormente concebidos. Observações e experimentos são realizados no sentido de testar ou lançar luz sobre alguma teoria (CHALMERS, 1993). Nessa direção cabe apontar para a relação apresentada às vezes entre experimentação e erro:

Além disso, não considerava fracassadas as experiências que não levavam a resultados favoráveis. Às vezes um insucesso é a porta de

muitos sucessos, a chave de esplêndidas descobertas (REIS, 1954, p.130).

Apontando o trabalho científico como empenho de um grupo, Chalmers (1993) compreende que o conhecimento científico é realizado por um esforço social e interações com a natureza de maneira complexa. Para a construção dos procedimentos, como no caso da experimentação, são utilizadas habilidades profissionais aprendidas em parte em manuais e também na convivência com colegas mais experientes, o que denota os aspectos sociais envolvidos:

De volta ao Instituto, Carlito transmitiu ao Dr. Néelson as notícias que trazia. Tinha uma longa lista de portadores encontrados não só da fazenda de Riacho Fundo, mas também nas propriedades vizinhas. Ao valente colaborador, o Dr. Néelson mostrou o último número do *Jornal de Medicina Experimental*, que trazia um trabalho interessante sobre a cólera das aves. O autor realizara diversas das experiências que ele também planejara. — Poupou-nos muito trabalho, disse o Dr. Néelson, sorrindo. Não precisaremos gastar tempo com reações sorológicas, pelo menos por enquanto... Este autor mostrou que esses recursos, no caso da cólera, não dão certo... Mas há uma coisa que ele não fez, e este será o caminho que tomaremos. — Que é? indagou Carlito. — Ele só trabalhou com vacinas mortas. Dezenas delas! Matava os micróbios pelo calor, pelo formol, pelo nitrato de prata, pelos raios ultravioleta... E não conseguiu imunizar as aves com tais produtos. Mas esqueceu-se de Pasteur! (REIS, 1954, p.145).

Tal aspecto social é imbricado por uma rede de conhecimentos. Em suma, a experimentação ocorre com a interlocução teórica, com os pares, e não isoladamente em laboratório. Esta característica da experimentação também é encontrada em outros textos literários, como no livro *A Tabela Periódica*, do escrito italiano Primo Levi (GONÇALVES, 2005).

No século XX houve grande impacto cultural e social da construção de instrumentos sofisticados e que ampliam os limites da observação humana (FRENCH, 2009):

Com efeito, por menores que sejam, as bactérias, os fungos e os protozoários sempre podem ser vistos com auxílio do microscópio, o precioso instrumento tão ligado ao progresso da humanidade. (REIS, 1954, p.18)

Entremeadado por questões que permeiam o realismo e o antirrealismo, o microscópio é um exemplo utilizado por filósofos como Bas van Fraassen¹⁶ e Ian Hacking¹⁷ que discutem a existência de entidades não observáveis (ODY, 2005). A questão seria que, em acordo com o texto, com o microscópio aguçamos a percepção dos seres humanos. Coisas que antigamente não conseguíamos observar (células, por exemplo), atualmente observamos com a utilização de instrumentos adequados. A realidade microscópica constitui parte do mundo independentemente das nossas limitações de percepção (ODY, 2005). Segundo Ian Hacking, na medida em que a ciência avança na construção de instrumentos sofisticados e que quebram os limites da observação humana, também estamos aumentando o número de entidades que podemos observar (ODY, 2005).

De maneira sumária, entendemos que pressupostos da epistemologia referentes à experimentação possam se configurar como conteúdo importante para discussões na componente curricular Ciências da Natureza. A abordagem de complexidades que permeiam este campo teórico pode permitir entendimentos do conhecimento científico como um processo social.

¹⁶Defensor do empirismo construtivo - uma forma de posicionar-se perante as teorias da ciência. Ao invés de caracterizar as teorias científicas como verdadeiras ou mais próximas da verdade, como queria o realismo científico, Van Fraassen propõe a adequação empírica como característica que dava credibilidade às teorias que melhor explicavam o mundo (ODY, 2005).

¹⁷Defensor do realismo das entidades - posição que vê a ciência como um processo de descoberta do mundo. As teorias aproximam-se da verdade cada vez mais. O objetivo da ciência seria fornecer relatos verdadeiros do mundo, descrevê-lo como ele é em seus mínimos detalhes; descrever seus processos, suas entidades, mesmo que estas sejam inacessíveis aos sentidos humanos.

3 Proposta de experimento articulada com a leitura de textos literários

Na análise preliminar da obra em estudo, identificou-se o seu potencial para abordagem da experimentação na componente curricular Ciências da Natureza. Sendo assim, elaborou-se uma proposta de experimento articulada com a leitura de textos literários e procedeu-se à análise qualitativa desta proposta. Nesta terceira parte apresentaremos a proposta citada, sua análise e os sujeitos da pesquisa.

3.1 Uma proposta para a leitura

Como proposição para a atividade de leitura de um capítulo do livro *Aventuras no mundo da ciência* articulada à atividade experimental, distinguimos a compreensão interativa de leitura defendida por Solé (1998). Tal perspectiva contraria a leitura de forma reducionista, como um simples objeto escolar, por vezes desvinculado da realidade e de sua função social, histórica e cultural (SOLE, 2009). É importante trabalhar a leitura como um processo no qual o leitor/aluno realiza um trabalho de compreensão e interpretação de textos a partir de seus objetivos, de seu conhecimento prévio sobre o assunto, sobre o autor, sobre aspectos linguísticos envolvidos, dentre outros aspectos importantes (SOLE, 2009).

Segundo Solé (2009), a leitura interativa não se centra exclusivamente no texto nem no leitor. A autora interpreta que é a partir das hipóteses e antecipações prévias do leitor que o texto é processado para sua análise.

Para que ocorra o processo de leitura interativa, ela não deve ser apenas a ação de extrair informações, decodificando letra por letra, palavra por palavra. Segundo a autora, é preciso ativar as estratégias de seleção, antecipação, inferência, sem as quais não há proficiência da leitura (SOLE, 2009).

Segundo Alonso Tapia (1992), a compreensão do texto depende das ideias contidas nele e de uma mistura de conhecimentos, postura e atividades que o leitor desempenha durante a leitura. O sujeito inicia a leitura direcionando seu processo: à medida que a essência da informação vai sendo elucidada, são ativados dados articulados a uma rede de conhecimentos que permite a integração da informação. Essa rede de dados trazida pelo texto e os conhecimentos dos estudantes auxiliam a compreensão das frases seguintes. Certas inferências podem ser elaboradas com dependência nos valores atribuídos aos dados

ativados inicialmente. É construído, então, um modelo com referência nos esquemas ativados pelos elementos iniciais do texto. O entendimento vai acontecendo progressivamente à medida que as informações vão se concretizando. Se as expectativas ou hipóteses são contempladas pelo modelo formado, o processo acontece sem problemas. No entanto, quando as informações do texto não condizem com as inferências previstas, o leitor é obrigado a revisar suas hipóteses e modificar as estratégias para reparar o equívoco de entendimento. O aprendizado da leitura na perspectiva interativa implica na aprendizagem de discriminações visuais e estratégias que podem promover a combinação das informações proporcionadas pelo texto e as informações trazidas dos conhecimentos do leitor, constituindo uma representação aceitável da compreensão do texto (TAPIA, 1992).

No ensino, essa proposta ressalta a necessidade de que os estudantes aprendam a ler o texto e seus diferentes elementos, assim como as estratégias que tornarão possível sua compreensão. Quando levantamos hipóteses e lemos, vamos compreendendo e, se “não compreendemos”, nos damos conta e podemos empreender as ações necessárias para resolver a situação (SOLÉ, 2009).

A estratégia de leitura proposta por Solé (2009) possui três partes: antes da leitura (para compreender); durante a leitura (construindo a compreensão); e depois da leitura (continuar compreendendo) (SOLÉ, 2009).

Para que o estudante possa compreender, antes da leitura, a autora afirma a necessidade de conhecimentos básicos sobre o texto, de oferecer informações para que possam construir significado acerca do que será lido: de que gênero se trata, o que esperar do gênero, como podemos fazer a leitura, o que não deve ser interpretado, como explicar o texto. É necessário que o leitor entenda quais os objetivos esperados com a leitura de tal texto, esses objetivos podem situá-lo. Perante as informações globais sobre o texto, o leitor pode estabelecer relações com seus conhecimentos prévios e traçar previsões de maneira coerente, formulando perguntas sobre ele. Quando se formulam perguntas pertinentes sobre o texto, não só se utiliza o conhecimento prévio sobre o tema, mas se toma ciência do que se conhece e do que não se conhece sobre o assunto. Talvez esse possa ser o caminho para a aquisição de objetivos próprios para a leitura. Por outro lado, o professor pode interferir e ajustar, reformulando perguntas.

Na construção da compreensão durante a leitura, apontam-se ações que podem ser incentivadas em atividades de *leitura compartilhada*, que é diferente da *leitura dirigida* e *leitura coletiva*. Na *leitura compartilhada*,

por meio de passos direcionados pelo professor, gradativamente, no decorrer das atividades de leitura o estudante vai se apropriando e adquirindo autonomia para a compreensão do que lê. Trata-se de que o leitor possa estabelecer previsões coerentes sobre o que está lendo, que as analise e se envolva em um processo interativo. Na leitura compartilhada, o professor e os estudantes assumem - às vezes um, às vezes os outros - a responsabilidade de organizar a tarefa de leitura e envolver os outros na mesma: formular previsões sobre o texto; formular perguntas sobre o que foi lido; esclarecer possíveis dúvidas sobre o texto e resumir as ideias do texto.

Para continuar compreendendo depois da leitura, objetiva-se levar o estudante a recapitular o conteúdo do texto e ampliar o conhecimento que construiu mediante a leitura. Efetiva-se a sistematização de ideias principais, a resposta a perguntas e a construção de resumo, baseados nas ideias encontradas durante a leitura. A atividade final constitui-se em uma maneira de sintetizar a estrutura global de significado do texto, um instrumento para aprendizagem e uma autêntica estratégia de elaboração e organização do conhecimento.

Reiteramos as inspirações deste trabalho na estratégia de leitura aqui descrita para as atividades de leitura propostas nos planejamentos das aulas. A estratégia de leitura defendida por Solé (2009) vem ao encontro das características defendidas neste estudo: explorar a leitura de maneira a estimular e considerar a percepção de cada estudante, pautado em suas experiências de vida dentro e fora da escola. Acreditamos que esta proposta de leitura apresenta afinidade com a estratégia escolhida para a atividade experimental: Predizer, Observar, Explicar (POE).

3.2. Uma proposta para as atividades experimentais

Conforme destacamos anteriormente, entendemos que a experimentação na construção do conhecimento científico difere da experimentação utilizada no Ensino de Ciências. A experimentação como constituinte do processo de produção do conhecimento científico é de uso restrito ao cientista. No Ensino de Ciências a atividade experimental caracteriza-se por finalidades didáticas. Não pretendemos na corrente pesquisa discutir diferentes perspectivas acerca da experimentação do ponto de vista didático. Partimos do entendimento de sua possível efetividade, de acordo com o que aponta a literatura contemporânea, para o ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes. No entanto, apresentamos a preocupação em

utilizar a experimentação didática de maneira que possa ser articulada com pressupostos de ensino e aprendizagem que considerem, sobretudo, a participação do estudante. Entendemos que, para a proposta aqui articulada, o estudante necessita ser considerado como um sujeito que interage e que expressa hipóteses e ideias, sendo estimulado a pensar.

Influenciamos-nos teoricamente pela estratégia *Predizer, Observar, Explicar* - POE (GUNSTONE, 1991). Porém, é importante elucidar que os planejamentos das propostas de atividade experimental articulados a capítulos do texto de José Reis são produzidos com inspirações na proposta metodológica aqui descrita. Esta proposta não tem a finalidade de levar o estudante a descobrir teorias como consequência da atividade didática, o que seria um contrassenso com as discussões contemporâneas sobre experimentação.

A estratégia didática POE é conhecida e utilizada em simulações computacionais (SCHWAHN, SILVA e MARTINS, 2007). Esta abordagem foi desenvolvida na Universidade de Pittsburgh, proposta inicialmente em 1961 por Nedelsky e em 1992 citada por White e Gunstone (BARROS, 1994; OLIVEIRA, 2003; SCHWAHN, SILVA e MARTINS 2007 e SCHWAHN e OAIGEN, 2008).

A estratégia é constituída de três etapas. Na primeira etapa, denominada “*predizer*”, os estudantes, divididos em grupos ou individualmente, respondem à questão que foi lançada pelo professor, predizendo o resultado a que deverão chegar, ou lançam hipóteses sobre o assunto, escrevendo livremente o que pensam sobre as questões formuladas, justificando assim sua previsão. A seguir, os estudantes realizam o procedimento da atividade experimental e observam o que ocorre, anotando as observações e comparando com a previsão que foi feita na primeira etapa. E, por fim, a explicação é o momento em que os alunos irão descrever possíveis semelhanças e/ou diferenças entre as suas respostas da previsão com aquilo que observaram durante a realização do experimento, tentando explicar o fenômeno. É nesta terceira etapa que se busca responder a questão inicial lançada pelo professor (GUNSTONE, 1991; OLIVEIRA, 2003; SCHWAHN; SILVA e MARTINS, 2007; SCHWAHN e OAIGEN, 2008). É importante que a sequência do *predizer, observar, explicar* seja seguida para que a atividade proposta tenha seus objetivos alcançados. Assim, é possível que os estudantes, ao trabalharem em grupos, possam compartilhar opiniões, predições e interpretações (OLIVEIRA, 2003).

Além do exposto, reforça-se que, no momento da execução de uma atividade experimental, o estudante pode prever o resultado da atividade, de modo a explicitar seus conhecimentos iniciais. Identifica-

se ainda como vantagem desta proposta de atividade experimental a relativa simplicidade com que podem ser obtidas as informações e o fato de que se podem envolver os alunos numa discussão sobre os conteúdos e os fenômenos com que se deseja trabalhar (BARROS, 1994).

São conhecidos os argumentos na literatura sobre a necessidade de propostas que busquem romper com visões simplistas que pontuam as atividades experimentais como validação e comprovação da teoria.

3.3 Articulação entre atividade experimental e leitura de um texto literário

Como explicitado nos últimos tópicos, consideramos importante a harmonização entre a proposta de leitura e a proposta de atividade experimental. De certa maneira, esta ideia de articulação entre as estratégias de leitura e atividades experimentais já está presente na proposta de Solé (2009, p. 107), uma vez que a autora afirma que “toda a leitura é um processo contínuo de formulação e verificação de hipóteses e previsões sobre o que sucede no texto”. Assim, é como se classificássemos a atividade de compreensão da leitura como um processo em construção (PRESTES, LIMA e RAMOS 2011).

Para a articulação da proposta didática, a professora pesquisadora atuou junto ao professor titular da componente curricular da turma, porém, assumindo o direcionamento das atividades. Como já explicitado no TCLE (Anexo A), as atividades não foram avaliadas para a componente curricular Ciências da Natureza, de maneira que os estudantes não receberam nota por sua participação. As atividades estão em consonância com os planejamentos desenvolvidos pelo professor ministrante da componente curricular Ciências da Natureza.

Os experimentos foram desenvolvidos articulados com a leitura de um capítulo do texto literário. Tal proposta é apresentada no trabalho de Zanotello e Almeida (2013), que propõem a leitura de capítulos de obras literárias.

As atividades foram divididas em duas partes: a primeira (Apêndices B e D) responde às expectativas relativas aos procedimentos e estratégias previstas para a leitura do texto literário (capítulo); a segunda parte (Apêndices C e E) contempla a atividade experimental propriamente dita.

A leitura do texto contou com inspirações na estratégia de leitura proposta por Solé (1998), como observamos no trabalho descrito por Prestes *et al.* (2011). Antes de iniciar a leitura do capítulo do texto literário, foi preparado pela pesquisadora um breve texto sobre o autor e

a obra *Aventuras no mundo das Ciências*, para que os estudantes pudessem familiarizar-se tanto com o tipo de texto quanto com o autor. Neste momento, os estudantes conheceram os objetivos da leitura e puderam com isso desenvolver e explicitar suas expectativas.

Uma vez finalizada a leitura, as atividades experimentais tiveram sua organização metodológica inspirada no POE. As turmas foram divididas em grupos de no máximo 4 integrantes, por meio de uma dinâmica de divisão aleatória dos estudantes. Os grupos receberam uma pergunta, discutiram e anotaram suas previsões. Na segunda etapa, iniciaram o experimento e anotaram mais uma vez suas observações e previsões. Para estabelecer hipóteses desenvolvidas no decorrer do experimento, os estudantes discutiram com base no texto literário, nas aulas anteriores e em suas experiências pessoais.

A professora pesquisadora comandou a construção coletiva de um registro sobre as previsões dos estudantes, que as anotaram nos roteiros do experimento.

Na segunda etapa do experimento os estudantes realizaram os procedimentos, observaram e anotaram o que consideraram necessário, com um tempo para a discussão.

Na execução da terceira etapa, os estudantes foram estimulados a elaborarem as suas explicações e compararem os resultados previstos na primeira etapa do experimento.

É necessário explicitar que no decorrer das atividades nos deparamos com inúmeras intercorrências: tipo de texto como novidade aos estudantes na componente curricular Ciências da Natureza, sendo que tal novidade se configurou em momentos de resistência à leitura; a reduzida familiarização com solicitações de registros escritos sobre previsões e ideias próprias, motivo pelo qual estudantes resistiam em proceder aos registros; ausência de aulas no laboratório de ciências e baixa frequência dos estudantes.

3.3.1. Atividades de cultura de bactérias

O capítulo II do livro *Aventuras no mundo da ciência* apresenta discussões com possibilidade de trabalho em sala de aula (Apêndices F e G). Observa-se que o capítulo apresenta ressalvas conceituais¹⁸. Desenvolveu-se um experimento de cultura de bactérias.

¹⁸Em acordo com o que era entendido na época em que o livro foi escrito - reprodução de bactérias e mecanismo de esporulação.

Em consonância com o exposto na segunda parte deste trabalho, o capítulo permite discussão de excertos que trazem perspectivas sobre experimentação então categorizados, favorecendo discussões sobre experimentação como conteúdo da componente curricular Ciências da Natureza (Apêndices B e C).

A turma do sétimo ano, na qual foram desenvolvidas as atividades de cultura de bactérias, tinha 28 estudantes na lista de frequência, porém com uma presença de aproximadamente 20 alunos por aula. Inicialmente estavam previstas a realização das propostas de atividades com a utilização de 08 aulas de 45 minutos, intercalando momentos de leitura e registros escritos que seriam realizados como tarefa fora da sala de aula pelos estudantes, com quatro aulas para a leitura do texto e quatro para a realização da atividade experimental. Em decorrência da realidade apresentada referente às práticas de leitura e escrita e participação nas aulas, por parte dos estudantes, tivemos que reformular os planejamentos, retirando atividades de leitura e registros como tarefas fora da sala de aula, de modo que a leitura e registros fossem realizados exclusivamente em sala de aula. Essa reformulação do planejamento implicou na duplicação do número de aulas necessários para a realização das atividades de leitura (Apêndice B). Logo, na turma de sétimo ano foram desenvolvidas 12 aulas de 45 minutos. Como a turma não apresentava aulas consecutivas, o tempo da realização das propostas foi bastante extenso, considerando também todas as intercorrências próprias da rotina escolar, como reuniões, saídas de estudo e dias de avaliações.

Observamos resistência por parte dos estudantes perante as propostas de leitura e escrita, o que exigiu um maior esforço por parte dos professores (pesquisadora e professor regente) no desenvolvimento das aulas. Em virtude das dificuldades encontradas, optamos por analisar os roteiros considerando participação em maior número de aulas e assinatura do documento TCLE.

As atividades desenvolvidas no sétimo ano inicialmente se constituíram como atividade piloto. Portanto, poderiam implicar alterações na proposta metodológica e nos instrumentos de obtenção de informações. Contudo, como não foram necessárias alterações a partir de exame preliminar, também constituíram o *corpus* de análise, juntamente com as informações qualitativas obtidas junto à turma do nono ano.

3.3.2 Atividades de cultura de bactérias e indicadores químicos

No terceiro capítulo do livro *Aventuras no mundo da ciência* (Apêndices H e I), são discutidas questões sobre cultivo e identificação de microrganismos em meio de cultura, abordando conteúdo de identificação de pH como uma maneira de identificação dos microrganismos. O capítulo apresenta também possibilidades de discussões sobre excertos categorizados e discutidos na segunda parte da pesquisa.

O capítulo favorece um trabalho com abordagem dos conteúdos desenvolvidos na componente curricular Ciências da Natureza, articulado com a identificação de pH em meios com microrganismos (Apêndices D e E).

A turma do nono ano na qual foram desenvolvidas as atividades era relativamente pequena, com um total de 20 estudantes, com frequência de aproximadamente 16 estudantes por aula (considerando as faltas). Também estavam previstas 8 aulas de 45 minutos, e as atividades foram desenvolvidas nesse tempo previsto.

Diferente da turma anterior (sétimo ano), os estudantes do nono ano que aceitaram participar da pesquisa apresentaram menor resistência às atividades, de maneira geral, tiveram várias aulas desmarcadas em função de avaliações na escola, reuniões de formatura e saídas de estudos, por exemplo. Com isso, as aulas da pesquisa foram estendidas além do previsto.

3.4 Os sujeitos da pesquisa

Os sujeitos de pesquisa, como dito, eram integrantes de duas turmas dos anos finais do Ensino Fundamental. Tais estudantes são pertencentes a escola da rede pública de ensino do município de Florianópolis. Esta escola é parceira no projeto Observatório da Educação de Ciências (OBEDUC/UFSC). Este projeto visa fomentar o desenvolvimento de estudos e pesquisas em educação em escolas que apresentam reduzido Índice de Desenvolvimento da Escola Básica - IDEB¹⁹ (Decreto 5.803, de 8 de junho de 2006). São bolsistas deste projeto a professora pesquisadora e o professor regente destas turmas.

¹⁹O IDEB é um indicador de qualidade educacional que combina informações de desempenho em exames padronizados (Prova Brasil ou Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Básico - Saeb) – realizados pelos estudantes ao final das etapas de ensino (5º e 9º anos do Ensino Fundamental e 3º ano do Ensino

A estrutura da escola conta hoje com 12 salas de aula, uma sala multimeios, uma sala do projeto “Mais Educação”, sala de taekwondo, biblioteca, sala de informática, laboratório de Ciências, uma quadra descoberta, uma quadra coberta em construção, almoxarifado didático com materiais para uso de professores, almoxarifado geral, uma sala da equipe pedagógica, uma sala de professores, uma sala de espelhos para jogos e leituras, cozinha, refeitório e uma área do pátio servindo também como refeitório, uma pequena sala para estoque de alimentos, área para proteção do gás, um auditório e um depósito anexo ao auditório, parque para crianças do 1º e 2º ano do Ensino Fundamental, sala da direção, sala de recepção e a sala da secretaria.

Como recursos materiais a escola dispõe de equipamentos de multimídia, vídeo, televisão, microscópios no laboratório de ciências e 25 computadores na sala informatizada.

Para a delimitação do perfil dos estudantes (sujeitos da pesquisa), a pesquisadora observou, previamente, as turmas dos anos finais do período vespertino (6º, 7º, 8º e 9º) e identificou possibilidade de abordagem de conteúdos nos planejamentos das turmas do 7º e do 9º, nos capítulos II e III, selecionados do livro *Aventuras no mundo da ciência*. Como já dito, na turma do 7º ano havia 28 alunos matriculados, e na turma do 9º ano, 20 alunos.

Para a realização da proposta que articula a leitura de um texto literário com atividade experimental, estruturamos um termo de consentimento livre esclarecido (Apêndice A - TCLE), que contém explicações detalhadas sobre a atuação dos estudantes e dos instrumentos de obtenção de informações utilizados.

3.5 Instrumentos de pesquisa

Referente aos instrumentos de análise das propostas de atividade, foi utilizada exclusivamente a produção escrita pelos estudantes nos roteiros (Apêndices B, C, D e E).

Com o intuito de investigarmos as potencialidades e limites da proposta que articula atividade experimental com leitura de um capítulo do texto literário, submetemos os roteiros dos estudantes à Análise Textual Discursiva, como será explicado a seguir.

3.6 Análise textual discursiva da produção discente

Os roteiros foram selecionados com base na assinatura do documento TCLE pelo responsável legal do estudante, pelo próprio estudante, e na frequência nas aulas. Para a escolha dos roteiros foi considerada presença no mínimo em 6 aulas. Os estudantes estão designados de acordo com as turmas a que pertenciam. O **Grupo A** é constituído por estudantes da turma de sétimo ano e o **Grupo B** por estudantes da turma do nono ano. Deste modo, os estudantes do Grupo A estão representados como A1, A2, A3, A4 e A5, e os do Grupo B como B1, B2, B3, B4 e B5.

Organizou-se a apresentação da análise em dois momentos: compreensões discentes antes da leitura do texto de José Reis e compreensões discentes depois da leitura e discussão do texto de José Reis e da realização da atividade experimental. Para a análise textual discursiva foram selecionados trechos das anotações nos roteiros dos estudantes. As discussões foram organizadas em categorias que se constituíram *a priori*. Utilizamos as categorias que emergiram na análise do texto de José Reis e que são discutidas na segunda parte da pesquisa. Demais considerações sobre a análise textual discursiva já foram expostas preliminarmente e se enquadram na análise da produção textual discente – especialmente ao que se refere às etapas de unitarização e comunicação.

3.7 Um diálogo com estudantes sobre experimentação

A seguir, apresenta-se a análise em relação às potencialidades e limites da proposta que articula a leitura de um texto literário e uma atividade experimental. As análises concentraram-se nas compreensões discentes sobre experimentação. Não foram feitas análises sobre aprendizagens dos conteúdos conceituais. Reafirmamos que, foram trabalhados com os dois coletivos de estudantes aspectos sobre experimentação presentes nos capítulos do texto de José Reis. Apesar dos coletivos de estudantes pertencerem a anos diferentes, as respostas aos roteiros obedeceram um padrão, de maneira que separar as análises tornaria o texto repetitivo.

3.7.1. Compreensões discentes antes da leitura do texto de José Reis

As compreensões discentes antes da leitura do texto de José Reis foram categorizadas em: experimentação em animais não humanos e humanos; aspectos CTS ligados à experimentação e aspectos epistemológicos associados à experimentação.

Experimentação em animais não humanos e humanos

Destacamos que a utilização dos animais não humanos é descrita por alguns estudantes como inerente ao trabalho em ciências. No fragmento a seguir o estudante relaciona o trabalho no meio científico diretamente à dissecação de um animal:

[...] as vezes quando passa algum filme de colegial, aparece eles decependo sapo tipo mexendo nele, sim eu acho que não é ciências, mais acho que tem alguma coisa a ver eles estão em laboratórios [...] (A4).

Uma das interpretações desses registros pode ser a naturalização disseminada da utilização de animais como típica do trabalho em ciência. Neste contexto, é discutida por Regan (2008) a falta de conhecimento e o desserviço de setores da mídia na difusão e naturalização de ideias que atribuem ao ser humano uma posição de centralidade em relação a todo o universo; e de ideias que consideram como boa regra de conduta atitudes caracterizáveis pela utilidade que os animais não humanos podem proporcionar aos indivíduos.

Em outro fragmento, os animais humanos e não humanos também aparecem com possibilidade de usos para finalidades científicas:

Eu acho que eles fazem muitos experimentos com alimentos, animais e pessoas como cura de doensa [...] (A5).

Parece haver certa divinização da ciência. Este aspecto ilimitado pode ser entendido na referência à utilização de variados tipos de seres vivos em nome dos experimentos.

No momento em que se aborda de maneira explícita a utilização de animais nos experimentos científicos, aponta-se a noção de avanços que a utilização de animais em experimentos possibilita:

Eu acho que é meio a meio, sem as experiências não teríamos remédios e descobertas importantes hoje em dia [...] (A4).

O uso de animais em experimentos é permeado de histórias bem-sucedidas, como na produção de medicamentos, mas também de muitos erros que precisam vir à tona, tanto quanto as “histórias de sucesso”. Ainda que a experimentação em animais possa apresentar equívocos na extrapolação de dados para seres humanos, carrega uma condição de êxito por oferecer o avanço de remédios e o estudo de vias metabólicas, proporcionando a cura, a prevenção e o tratamento de várias doenças que assolam o ser humano e também outros animais, como no caso da medicina veterinária (MELGAÇO, MEIRELLES e CASTRO, 2011). Desta maneira, os aspectos contrários à experimentação animal são silenciados tanto na mídia quanto no ensino.

Outro estudante estabelece um patamar de diferenciação entre as possibilidades de experimentos em animais humanos e em animais não humanos, colocando:

Eu acho que podem que não seja com os humanos um exemplo como o macaco colocando material genético no esmano dele mais eu acho um pouco estranho (A3).

Uma possível interpretação é que a posição dos animais humanos em detrimento dos não humanos deriva de questões históricas, religiosas, científicas e políticas, como discutido na parte dois desta pesquisa. Destaca-se que a primeira legislação que supostamente assegurava condições mínimas de vida aos animais no Brasil (decreto 24.645 do ano de 1934) reconhece os animais como de responsabilidade do estado. Esse reconhecimento confere deveres e também direitos da sociedade perante os animais.

Nesta outra citação o estudante coloca animais não humanos em um patamar de proximidade com animais humanos:

Sim eles podem fazer mais eu não acho legal porque os animais são parecido com humanos todos ter que sobrevivo. Eles tem família, casas (A5).

Podemos perceber nesse fragmento, e no seguinte, um entendimento que aponta para a tentativa de suscitar características

humanas em animais não humanos, ignorando suas características próprias:

Acho que isso deveria ser ilegal pois **os pobres animais são gente** e os cientistas não deveriam ter o direito de matar os animais para experimentos [...]. (B3, grifo nosso)

Souza e Shimizu (2013), em um trabalho sobre a representação social de animais por estudantes da educação básica, analisam que a antropomorfização pode estar ligada a um valor instrumental atribuído aos animais. Em oposição à utilização de animais em experimentos, argumentos dos estudantes ficam pautados em questões afetivas:

[...] e para não maltratar os animais porque eu gosto de animais mesmo eu sendo alérgico (A1).

Felipe (2007) sugere reflexão sobre a consideração e defesa dos interesses de um animal não humano, quando sua figura ou forma de interação pode ser capaz de despertar simpatia, ternura ou compaixão.

Houve interpretações que fizeram referências a pressupostos que vêm ao encontro de discussões pautadas na qualidade de vida que envolve determinados aspectos referentes ao animal, tal como a saúde, a felicidade, a longevidade:

Eles podem [fazer experimentos como animais não humanos] desse que não xeguem a matar (ESTUDANTE A2).

Os estudantes parecem não possuir informações sobre a legislação e nem ter conhecimentos quanto aos movimentos de bem-estar animal. Neste sentido, os princípios do bem-estar animal apontam que a utilização de animais no ensino ou pesquisa deve ser regida pelos Princípios Humanitários (DINIZ *et al.* 2006).

Em outro fragmento, aparecem tacitamente as noções de substituição de animais não humanos utilizados em pesquisas, contidas nos princípios humanitários:

[...] Mas acho que não deveria ser com todos os animais e todos os remédios e experimentos (A4).

O trecho selecionado atenta para aspectos existentes nas noções de bem-estar animal, sugerindo a substituição de espécies utilizadas por outra mais abaixo na escala zoológica (ANDRADE *et al*, 2002, p.339). Os princípios de manejo humanitário de animais propõem que os animais não sofram com dor, ou com exposição a condições ambientais desfavoráveis.

Os estudantes ainda sugerem que os animais não humanos não apresentam condições de defesa:

Sim, em minha opinião eu acho isso errado pois na maioria das vezes os animais estão vivos e não podendo se defender dos experimentos acabam se machucando ou ficando deficiente e ate morrendo por causa disso (B5).

Levamos, neste momento, a discussão para o âmbito da bioética, que é sugestiva às práticas humanas que geram implicações sobre outros seres vivos. Seus pressupostos destacam três tipos de vulnerabilidade: a *vulnerabilidade primária* é condição ontológica de todo ser vivo, todo ser vivente irá perecer; a *suscetibilidade* indica que o ser vulnerável por natureza está efetivamente ameaçado, encontrando-se em situação que afeta negativamente sua existência; e a suscetibilidade pode se tornar *vulneração*, que se refere ao estado em que o ser é concretamente afetado por condições adversas, que independem de seu controle.

Neste fragmento, o estudante reconhece a utilização de animais no meio científico com a crença de que esta posição seria um consenso, porém, aponta para o questionamento pessoal da utilização, estabelecendo uma relação com prejuízos ao meio ambiente:

Eles fazem porque podem mas eu acho que não é legal para o meio ambiente [...] (A1).

Podemos interpretar a preocupação com o meio ambiente em função das condições ambientais que vivemos. É veiculado nos meios de comunicação um cenário catastrófico em relação ao meio ambiente (SANTOS e BONOTO, 2012), do qual o ser humano é constituinte. As questões de dominação da natureza, antropocentrismo e utilitarismo vivenciados no último século, e que estão implícitos nas

compreensões dos estudantes, soam como culpabilização aos modos de produção social.

Nos registros referentes a experimentação em animais humanos, notamos praticamente um consenso perante posturas de questionamento que, frequentemente, remetem a aspectos históricos:

Na história já foi sim feito experimento com humanos muitos deles foram forçados a isso antigamente [...] (B1).

Observa-se na literatura da área que é anterior à Segunda Guerra Mundial a realização de pesquisa com seres humanos sem consentimento livre - inaceitáveis do ponto de vista ético. A ausência de informações, de consentimento, e a participação de indivíduos sadios vulneráveis foram frequentes nos experimentos do passado (LINS, 2011). Os resultados de tais pesquisas ficaram famosos por trazer prejuízos aos voluntários, que frequentemente perdiam suas vidas de maneira desumana.

Foi forte a objeção à experimentação em humanos:

Acho errado, pois o experimento pode dar errado e prejudicar a pessoa em que foi feita o experimento, ela pode contrair outras doenças e etc [...] (B1).

Em resposta às barbáries com a experimentação em humanos realizada em indivíduos vulneráveis, em 1947 estabeleceram-se as primeiras regras éticas aplicadas a pesquisas com seres humanos. O Código de Nuremberg estabeleceu critérios rígidos para a prática: a necessidade do termo de consentimento, da experimentação prévia em animais de laboratório, da análise de riscos e benefícios, da qualificação científica do pesquisador e da liberdade do sujeito para se retirar do experimento (LINS, 2011). Nota-se que os estudantes remetem a questões de justiça na realização dos experimentos:

Eu não sei se ainda tem cientista que fazem experimentos em humanos. Mas do mesmo modo que eu não acho certo usar um animal como cobaia eu também não acho justo com uma pessoa (B2).

No contexto brasileiro, a Resolução n° 251/1997 do Conselho Nacional de Saúde - CNS (BRASIL, 1997) organiza as regras para

investigações com novos fármacos, drogas, vacinas e exames diagnósticos incluindo seres humanos, incorporando as normas da Resolução nº 196/1996. Neste contexto, os estudos só devem ser iniciados depois da avaliação de resultados experimentais que apontem que os riscos para a saúde das pessoas envolvidas sejam previsíveis e não significativos.

Mesmo com toda a regulação prevista, a permissão por parte do voluntário corre o risco de acontecer por meio de forças entre pesquisador e voluntário. Para sanar possíveis problemas durante a experimentação com humanos, o pesquisador tem a responsabilidade de esclarecer ao sujeito da pesquisa sobre os riscos e benefícios, adequando o vocabulário culturalmente. Tal esclarecimento deve ser anterior à assinatura do termo de consentimento.

Nesse contexto, ainda legalizado, há estudantes que não concordam com a participação de seres humanos e/ou animais não humanos em experimentos:

Sim. Acho errado assim como acho errado fazer em outros animais, mesmo com a permissão da pessoa, o ser humano ou os outros animais também (B4).

Portanto, por meio da proposta que articula leitura de um texto literário e atividades experimentais, foi possível identificar conhecimentos iniciais dos estudantes sobre experimentação animal e que podem influenciar suas leituras do texto literário. Tais discussões trazidas para as aulas de ciências podem sanar lacunas na abordagem e discussão de temas polêmicos e controversos que precisam ser pensados pela sociedade de uma maneira geral com a ponderação dos vários pontos de vista existentes.

Aspectos CTS ligados à experimentação

Foi possível identificar de forma bastante incipiente no conhecimento inicial dos estudantes aspectos CTS ligados ao trabalho científico e especificamente à experimentação. Por exemplo:

Eu acho que é legal porque tem muitos experimentos e avanços tecnológicos [...] (A1).

A experimentação é mencionada em articulação com avanços tecnológicos. O fato de se mencionar a expressão “tecnológico” pode

suscitar a necessidade de discutir com os estudantes suas compreensões sobre tecnologia, previamente apreendidas.

Pode estar subjacente na compreensão discente uma visão salvacionista no trabalho da ciência com experimentos:

Pra mim em um laboratório os cientistas trazem melhorias para as pessoas [...] (A3).

O exposto apresenta consonância com a confiança na ciência. Segundo Santos e Mortimer (2002), a supervalorização que a sociedade conferiu à ciência gerou o mito da ciência como possível salvadora, ao considerar que todos os problemas humanos podem ser resolvidos cientificamente. Vinculados à eficácia expressa nos feitos científicos, estão implícitos entendimentos de neutralidade sempre em benefício das pessoas. Por meio de uma perspectiva salvacionista atribuída à ciência, pode ser conferida a suposta linearidade e progresso (AULER, 2007).

Em relação a este aspecto, o mesmo estudante ainda coloca:

[...] Os cientistas fazem experimentos como os remédios e produtos químicos para a utilidade das pessoas [...] (A3).

Os produtos científicos não podem solucionar problemas de um modo neutro, desvinculados de valores (AULER, 2007).

Depreende-se do exposto que discussões de caráter CTS podem de algum modo colaborar para enriquecer os conhecimentos discentes sobre o papel da experimentação na ciência, com desafios e limites ligados a ela.

Aspectos epistemológicos associados à experimentação

Quando os estudantes são estimulados a traçar um cenário sobre os trabalhos com experimentos no âmbito da ciência, remetem à identidade rotulada do profissional da ciência:

[...] o laboratório do cientista é bem bagunceiro e sujo **mas seria legal criar e inventar experimentos novos e criar experiências** criativas como nos filmes de ficção científica. (A1, grifo nosso)

Tomazi *et al.* (2009) citam estudos que retratam visões de ciência estereotipadas comuns entre os estudantes, distinguindo o

cientista com características bizarras e o trabalho em laboratórios. Mesmo em um ambiente desorganizado, o indivíduo dotado de genialidade faz coisas importantes e interessantes. A questão epistemológica associada a isso é que os estudantes parecem reduzir o laboratório a um espaço de criação de experimentos. Sabe-se que essa criação se estende para além do laboratório, e que em um laboratório se faz mais do que criar experimentos.

Semelhantemente, outro aluno expõe:

[...] usam jalecos brancos. O laboratório tem aparelhos adequados para o experimento e tem que ser bem iluminado. Alguns dos cientistas usam óculos para proteção e até luvas (B2).

Há compreensões de cientista e de sua prática amplamente difundidas na sociedade. Teixeira (2012) descreve um estudo, desenvolvido em diversos países (Brasil, Estados Unidos, França, Itália, Chile, México, Índia e Nigéria), em que são analisados desenhos de estudantes do ensino fundamental e médio com a representação de cientistas. O estudo citado define uma visão trivial do cientista, nos diversos níveis de ensino, majoritariamente descritos como homens em meio à vidraria e laboratório. No entanto, a questão da segurança implícita no fragmento acima merece destaque. É uma discussão que tem permeado o debate de natureza epistemológica acerca da experimentação.

As compreensões discentes podem ser nutridas por meio de influentes socioculturais, abarcando escolas, famílias, museus e as diversas mídias (SILVA e SCALFI 2014). Isso está em sintonia com o exposto por estudantes:

Pelo que vejo em documentários filmes vídeos os cientistas montam grupos usam roupas adequadas e no local contém uma certa higiene e num local fechado (B5).

Estudos já citados na análise revelam que estudantes, ainda que não sejam sujeitos passivos, estão cada vez mais expostos a informações trazidas por meios de comunicação em que os dados são colocados de maneira superficial e restringida. Os vários meios (filmes, notícias de jornais, revistas etc.) podem imprimir uma visão restrita e estereotipada do cientista e do laboratório.

Em um movimento em favor do trabalho científico, em sintonia com as discussões da epistemologia, acusamos o registro seguinte:

Eles se dividem em grupos e cada grupo faz um trabalho [...] (B2).

Neste registro, assim como no trabalho de Goldschmidt, Júnior e Loretto (2014), o estudante registra interação entre os cientistas, pois deve estar atento às atualidades.

Contudo, tem-se indicativos de que os estudantes se referem à ciência como atividade estritamente experimental:

Eles produzem experimentos, procuram respostas para muitos acontecimentos, cura para muitas doenças [...] (B3).

Subjacente a esta compreensão pode estar a visão de que a ciência atua na resolução de problemas e que a experimentação é protagonista neste processo (GOLDSCHMIDT; JÚNIOR e LORETO, 2014). Todavia, é preciso ressaltar que nem todo problema é de natureza experimental.

Outro estudante destaca o erro associado à experimentação:

Imagino que seja um trabalho muito cuidadoso que exija muita atenção, para que nenhum experimento saia errado ou cause transtorno [...] (B1).

Segundo Lopes (1996), o erro constitui-se como uma das principais contribuições da epistemologia histórica de Gaston Bachelard. Ou seja, com esse epistemólogo, o erro assume uma função positiva na gênese do conhecimento e a própria questão da verdade se modifica.

Em síntese, os estudantes expressaram majoritariamente compreensões de senso comum sobre a experimentação e que podem se aproximar, em certa medida, de parte daquelas apresentadas no livro *Aventuras no mundo da ciência*. Com isso aponta-se o papel da mediação docente no enriquecimento das compreensões discentes a respeito da experimentação no que concerne a questões epistemológicas.

3.7.2 Compreensões discentes depois da leitura e discussão do texto de José Reis e da realização da atividade experimental

Em relação às compreensões discentes após a leitura do texto e realização da atividade experimental, essas também foram categorizadas em: experimentação em animais não humanos e humanos; aspectos CTS ligados à experimentação; e aspectos epistemológicos associados à experimentação.

Experimentação em animais não humanos e humanos

Os estudantes deram indicativos de apropriação de conhecimentos sobre a experimentação em animais não humanos e humanos, ainda que tal apropriação possua um caráter incipiente. Nesse sentido podemos citar dois exemplos de estudantes com enriquecimento de argumentos questionadores em relação à utilização de animais não humanos em experimentos. No caso do estudante B4:

[...] Achei que muitos dos experimentos em animais muito errado pois alguns dão errado e acabam machucando os animais e que eles não são necessários, que os cientistas podiam fazer os experimentos de outra forma (B4).

O estudante dá indícios de apropriação de ideias discutidas em sala de aula. Refere-se a experimentos que poderiam ser evitados. Como já sinalizamos, esta é uma discussão relativamente antiga acerca da experimentação animal. Já o estudante B2 lembra dos prejuízos tanto a animais não humanos como a humanos:

[...] Tem casos de cientistas que morreu por causa de um experimento, animais morrem também [...] (B2).

Aqui o estudante sinaliza uma questão importante, que é não reduzir a discussão a respeito da experimentação animal à experimentação exclusivamente com animais não humanos. A experimentação em humanos precisa ser reconhecida igualmente como um problema.

Por último, tem-se o caso do estudante A3, que já era favorável à experimentação em animais não humanos:

[...] Sei que eles tem animais para fazer experiências com vírus e micróbios para saber até que ponto a quele vírus chega a matar, e quando se tem chance de cura. Então pra mim é isso (A3).

O estudante A3 mantém seu posicionamento favorável à experimentação em animais, explicando que desta maneira é melhor do que fazer experimentos em humanos, e depois das leituras e discussão cita as formas de utilização com justificativas que remetem à elaboração de conhecimentos sobre doenças.

Podemos compreender, por meio destas análises, que estudantes enriqueceram seus conhecimentos de objeção ou aceitação da experimentação em humanos e não humanos. *Grosso modo*, podemos apontar que a interlocução por meio das aulas, por mais que se trate de uma questão controversa, repleta de ideologias, conduziu em alguma medida ao enriquecimento de conhecimentos discentes e que pode contribuir, como já sinalizamos aqui, para a leitura dos estudantes.

Aspectos CTS ligados à experimentação

A proposta parece também ter contribuído de certo modo para o enriquecimento de conhecimentos discentes das relações CTS associadas à experimentação. O estudante A5 posiciona-se da seguinte maneira:

[...] pode se boa o mal alguns cientista criavo muito esprerimentos como lapada, luz, e muito mas. E tem outro que criava mal como as gerra, bombas e os avião de guerra. Eu acho que tem cietita bom e mal (A5).

O estudante A5 passou a apresentar uma postura questionadora. O exposto pelo aluno remete a discussões sobre não-neutralidade da ciência e do cientista, aspecto que consideramos importante diante do que a literatura expõe sobre visões de estudantes sobre a ciência e que já citamos nesta pesquisa.

Outro estudante sinaliza uma compreensão que vai na contramão da conhecida tecnocracia:

Não existe nenhum experimento que seja bom. Pode até existir um mas no final ele sempre vai ser ruim. Eu acho que para fazer uma pesquisa ou algum outro tipo de experimento os cientistas precisam perguntar a opinião da sociedade (B2).

Além de se posicionar contra uma argumentação tecnocrática, o estudante B2 toma uma posição contrária à ciência. O que pode suscitar também a ideia determinista e problemática de que a ciência é um empreendimento exclusivamente ruim. Segundo Auler e Delizoicov (2006), o apoio a esta visão significaria uma recaída ao determinismo tecnológico, desconsiderando as relações sociais em que ciência e tecnologia são produzidas e utilizadas.

Desta maneira, é importante que o professor possa discutir questões de cunho CTS, ponderando equívocos de entendimentos e possibilitando suplantando posições dogmáticas.

Aspectos epistemológicos associados à experimentação

Compartilha-se com Hodson (1991) que o Ensino de Ciências Naturais deve estar acompanhado de uma aprendizagem sobre a natureza da ciência. Nesse sentido, entendemos que os estudantes também podem enriquecer seus conhecimentos sobre experimentação na ciência.

Contudo, após as atividades, os estudantes deram poucos indicativos de apropriações a respeito de questões epistemológicas associadas à experimentação. O estudante B1, de forma tácita, dá a entender a compreensão do trabalho com experimentos em laboratórios a partir de uma dimensão mais social:

A leitura fala sobre as bactérias **os estudos e experimentos que os cientistas fizeram sobre elas**. Testaram formas para que elas fossem melhor de se observar e etc. Também falam dos micróbios que infeccionam uma ferida ou uma

doença e dos microbios que ficam também entre o açúcar (B1).

Lembra-se que essa valorização de uma dimensão social associada ao trabalho com experimento foi algo valorizado no texto *Aventuras no mundo da ciência*, de acordo com o apresentado na parte II. Outro estudante faz uma exposição no mesmo sentido:

No que eu entendi sobre o texto que os cientistas fazem experimentos, cada um dos cientistas tem sua função, eu sei que cada função é muito importante cada uma é mais impressionante que a outra tem umas que mexe com plantas, animais, etc...[...] (A3).

Explicitar a existência de diversas especialidades em interação pode inibir o conceito do desenvolvimento científico solitário e individual.

Quanto ao desenvolvimento da atividade experimental, houve estudante que considerou que estava fazendo um procedimento como os cientistas, associou aspectos da experimentação didática aos da experimentação científica:

Não é parecido e quase a mesma coisa nos coletamos bactérias e esperamos como os cientistas para ver se acontece alguma coisa (A1).

Atentamos que o experimento didático apresenta características que também estão presentes no processo de construção do conhecimento científico, como a valorização de um sujeito não neutro que faz previsões. Observamos tal perspectiva também no fragmento que segue:

Sim todo que nos fizemos os cientista fase [...] (A5).

De outro modo, certamente a proposta do POE se distancia daquela do ensino por redescoberta que estava fundamentado em teses empirista-indutivistas. Como defende Gonçalves (2005), considerar que os alunos estejam preparados a redescobrir determinada teoria por meio

da observação é uma maneira ingênua de compreender a aprendizagem e a construção do conhecimento científico.

O excerto do estudante B4 explicita a utilização do conteúdo presente no texto para a reprodução de uma atividade experimental:

No texto ele faz um experimento com bactérias, como elas se desenvolvia se reproduzia e no nosso experimento também (B4).

Esta é uma perspectiva encontrada em trabalhos da área como possibilidade de utilização de diversos gêneros textuais no ensino de ciências, sobretudo para a abordagem de conceitos e conteúdos. Entretanto, podemos observar possibilidades na utilização de textos literários que vão além de tal perspectiva, como a discussão ampla de aspectos sobre o contexto dos processos científicos, como já foi explicitado.

Em suma, destaca-se desde já que a apropriação incipiente sobre questões epistemológicas não nos surpreende, pois entendemos que esse é um processo moroso, assim como a própria aprendizagem do ato de ler, por exemplo, e que é tão influente nas possíveis aprendizagens aqui caracterizadas. Talvez os estudantes ainda estejam fortemente influenciados pelos conhecimentos iniciais sobre questões epistemológicas ligadas à experimentação. A atividade de leitura do texto de José Reis suscitou aspectos sobre experimentação e sobre a natureza da ciência que provavelmente ainda não tinham sido abordados como parte dos conteúdos estudados. Assim como nas categorias anteriores, ainda que de forma embrionária, identificaram-se avanços nos conhecimentos discentes em relação a conteúdos provavelmente silenciados na sua formação escolar.

Considerações finais

É uma defesa entre os pesquisadores da área que trabalhar perspectivas sobre o Ensino de Ciências, por meio da literatura, se configura como atividade promissora. No decorrer da primeira parte desta pesquisa foi possível alcançar uma configuração nacional dos trabalhos com tal temática. Identificou-se que, por meio de uma variedade de gêneros, olhares e motivações diversas, a leitura de textos literários abre caminhos para novas pesquisas no Ensino de Ciências.

Acreditamos que as mais variadas justificativas para a inclusão de textos literários na componente curricular Ciências da Natureza podem ser discutidas à luz das compreensões docentes no tocante ao ensino e às ciências. Utilizar a literatura nas componentes curriculares de Ciências da Natureza, assim como se espera em outros tipos de texto, requer direcionamento planejado por parte do professor; desta forma, a utilização de textos literários configura desafios para a formação docente. É esperado que a leitura seja esclarecedora e reflexiva, superando entendimentos ingênuos, de maneira que possa elucidar a função social da leitura na escola (GIRALDI, 2010). Desse modo, ressaltamos a possibilidade da leitura do texto de José Reis na formação de professores como ferramenta de discussão, ainda entendendo que se trata de um texto de literatura infanto-juvenil.

Na segunda parte do exposto, apresentamos a aproximação entre literatura e experimentação por meio do texto literário de José Reis. Concluímos que este pode se constituir como leitura valorosa para as abordagens no que tange ao universo científico. Citando o texto de José Reis, podemos evidenciar a experimentação como um processo permeado por questões complexas.

A respeito de José Reis, argumentamos que se configura como um escritor com veia científica, conforme classificação de Zanetic (1989). Desta forma, especificamente, a obra estudada apresenta características instrucionais, como observado por Pinto Neto (2012) quando destaca que a literatura a partir do século XVIII se vale de ideias que remetem à prática científica, muitas vezes com a intenção de instruir. Enfatiza-se que por se tratar de um texto escrito em meados de 1950, apresenta equívocos conceituais em relação a atualidade, o que não inviabiliza discussões e abordagens para o ensino, desde que sejam apontados e devidamente trabalhados.

Conforme explicitado na revisão, o autor José Reis é identificado como figura importante no âmbito científico do Brasil. Por meio de sua atividade jornalística de divulgação da ciência, pautava seu

trabalho em acordo com questões políticas e sociais da época. Pôde pensar e trabalhar em prol de compreensões de ciência, como um modo de superação do subdesenvolvimento do país, concorde-se ou não com suas visões. Desta maneira, é possível entender os valores atribuídos à ciência no texto (esboçados na segunda parte).

Por meio das análises do livro *Aventuras no mundo da ciência*, identificamos amplo potencial para abordagens no Ensino de Ciências.

Aspectos sobre experimentação em animais não humanos e humanos

Discussões sobre a utilização de animais no meio científico podem promover reflexões sobre esta problemática, difundida no meio científico e repleta de controvérsias, que é a superação do uso de animais e a transposição dos dados para humanos. Gonçalves (2005) revela em sua pesquisa ausência de referências à experimentação animal em produções acadêmicas em Ensino de Ciências. Entendemos que a ausência de trabalho com tal abordagem já é significativa para o contexto do nosso trabalho.

Quanto à legislação brasileira, é entendido que normatiza o uso de animais para fins didáticos e/ou científicos. Para o laboratório Escolar da Educação Básica, alguns itens devem ser considerados na organização das atividades experimentais. Assim, a Lei Federal n.º 6638/79 estabelece normas para a prática didático-científica da vivissecção de animais; de acordo com o Art. 3º, item V, a vivissecção não será permitida em estabelecimentos de (1º e 2º graus) Ensino Fundamental e Médio (BRASIL, 1979). No entanto, a lei n.º 11.794 (lei Arouca) foi sancionada em 08 de outubro de 2008 e não faz referência a mudanças quanto à Educação Básica, estabelecendo as regras de utilização didático-científica de animais vertebrados e revogando a lei de vivissecção (Lei n.º 6.638/1979) (BRASIL, 1979). A nova legislação não estabelece restrições aos estabelecimentos de Ensino Superior no que tange às áreas de atuação. Porém, as instituições de ensino e pesquisa que utilizam animais vertebrados são obrigadas a criar uma Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUAs) e a se cadastrarem no Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). É preciso lembrar também que a legislação brasileira, através do Estatuto da Criança e do Adolescente (BRASIL, 1990), proíbe práticas que coloquem em risco a integridade física de crianças e adolescentes. A manipulação de material biológico exige cuidados desde a captura até a fixação e conservação destes animais ou estruturas (no caso de partes de

animais mortos). O formol, utilizado na conservação de materiais biológicos, é considerado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) uma substância cancerígena para humanos, enquadrando-se no grupo 1, ou seja, com fortes evidências de carcinogênese em humanos e em animais, não sendo encorajada sua utilização na Educação Básica. Já a conservação com solução de etanol requer cuidados em função da possibilidade de contaminações com fungos e bactérias. A captura e manipulação de invertebrados também demandam cuidados quanto à contaminação e riscos de picadas e alergias para o estudante.

Ainda é possível articular que, no Ensino de Ciências mais especificamente, quando se usa um animal ou parte dele para estudo e obtenção de informações já comprovadas e disponíveis para a sociedade, pode-se configurar uma reprodução dos trabalhos dos naturalistas do século XVI, na classificação de espécies ou na transposição de informações obtidas de exemplares animais para os humanos. Neste exemplo, questionamos se o aprendizado supostamente obtido pelo estudante da Educação Básica justifica a utilização de modelos animais. Logo, a sala de aula pode ser um espaço de possibilidades para abordagem de diversas opiniões, levando em conta aspectos históricos, religiosos e culturais. Neste espaço admite-se assinalar aspectos conscientes e de não-neutralidade, em que o trabalho pedagógico reflita o pluralismo da sociedade, considerando crenças, valores e diferentes posturas em relação à interação entre animais humanos e não humanos (GREIF, 2000). Defendemos, pela análise exposta, que o livro *Aventuras no mundo da ciência* pode colaborar para catalisar tais discussões e, também, estabelecer um canal em que questões de experimentação humana possam ser abordadas nas mais variadas perspectivas, evidenciando aspectos históricos e sociais.

Aspectos CTS ligados à experimentação

É notório que a ciência não produziu somente benefícios e não é detentora de respostas para todas as perguntas e adversidades. Pelo contrário, é necessário que a sociedade tenha subsídios para discutir os encaminhamentos de seus produtos e processos e, desta maneira, o Ensino de Ciências pode ser propício à formação do cidadão. Estudos sobre questões de caráter CTS podem colaborar para o entendimento do papel da experimentação no processo de construção do conhecimento científico. É isso que nos sugere a análise da obra *Aventuras no mundo da ciência*.

Aspectos epistemológicos ligados à experimentação

As análises apresentam características da relação de domínio do ser humano em detrimento dos recursos naturais, aspecto que se observa como impactante também na atualidade. A abordagem desta visão utilitarista²⁰ pode ser explorada no trabalho em sala de aula a fim de “problematizar” as condições de produção do conhecimento científico e suas implicações para a sociedade. Como aponta Praia *et al.* (2002), a Educação em Ciências necessita de conexão com aportes epistemológicos para fundamentar suas orientações. O estudo da epistemologia no Ensino de Ciência é importante em função de posicionar o educador sobre “qual ciência” está ensinando. Certas visões podem deturpar o trabalho científico, e perpetuar visões empírico-indutivistas. Portanto, sobre as discussões de aspectos epistemológicos ligados à experimentação, também defendemos que o livro *Aventuras no mundo da ciência* pode contribuir.

A abordagem de perspectivas como experimentação animal, experimentação humana, aspectos epistemológicos e aspectos referentes à tecnologia e à sociedade, já na educação básica, podem dispor o indivíduo para discussões de questões científicas atuais, como por exemplo, no que se refere às infecções causadas pelo mosquito *Aedes Aegypti* e a corrida para descoberta de uma vacina, controle do mosquito e das doenças que ele pode causar.

Buscou-se na parte III da pesquisa elaborar intervenções que viessem ao encontro de pontos levantados tanto na parte I como na parte II. Logo, a parte III do texto configura-se como uma possibilidade, derivada das análises, considerando os sujeitos da pesquisa. A parte III é condicionada a ideias e conceitos provindos das partes I e II. Como exemplo, colocam-se as estratégias de leitura para o texto literário e a estratégia POE para a atividade de experimentação, os conceitos implícitos em tais estratégias são condizentes com pressupostos que vão sendo estabelecidos no decorrer da pesquisa. No que concerne às estratégias de leitura e experimentação, consideramos semelhanças e possíveis ganhos com tal aproximação. As duas propostas partem dos entendimentos iniciais dos estudantes, nos demais momentos o estudante é convidado a participar trazendo suas interpretações. O processo interativo culminou em um entendimento provindo do confronto de ideias prévias com informações provindas do texto, ou de um processo de observação. Desta forma, os conhecimentos dos estudantes são concebidos como essenciais para a compreensão do que é estudado.

²⁰ Não confundir o sentido da palavra com o termo utilizado na filosofia, que se refere a questões éticas e morais, cunhado como utilitarismo.

Foi solicitada aos estudantes a explicitação dos conhecimentos (registros escritos) nas variadas etapas do experimento; no entanto, é importante ressaltar que as análises a partir dos registros (escritos) dos estudantes, nos roteiros, não podem ser consideradas conclusivas.

A leitura do texto de José Reis antes da atividade de experimentação pôde trazer à tona aspectos de ciência. Inicialmente a recepção dos estudantes ao texto foi de estranhamento com relatos sobre o texto ser interessante, porém, extenso. Aspecto que demandou um esforço maior dos professores envolvidos com a valorização das discussões suscitadas pelo texto com a finalidade de não incorrer em aversão a leitura. As questões que mais instigaram a curiosidade dos estudantes foram os aspectos sociais da construção do trabalho científico. Assim, aspectos amplos do desenvolvimento científico foram tratados. Durante a leitura do texto literário no sétimo ano, percebemos que os hábitos de leitura dos estudantes demandavam o dobro do tempo estimado previamente. De outro lado, a demora de leitura do texto em sala de aula, com a leitura em voz alta pela professora pesquisadora, teve um caráter de aproximação entre a professora pesquisadora e os estudantes. No período das discussões, os estudantes estavam mais familiarizados com a atividade. O momento da experimentação foi muito esperado pelos estudantes e realizado com entusiasmo (é preciso destacar que o caráter de entusiasmo por parte dos estudantes não confere sucesso à atividade no que se refere a aprendizagens). Ainda, os registros escritos deixaram a desejar no decorrer das etapas de realização. Sobre a atividade com o nono ano, as etapas de registro de ideias iniciais, leitura do texto, discussão e as etapas de experimentação aconteceram sem grandes “problemas”.

Antes de abordar os limites da proposta, destacamos o entendimento de que este estudo trata de um momento pontual. Um dos pressupostos desta pesquisa é que todo professor é um professor de leitura, e que a leitura deve e pode ser encaminhada nas escolas. O desafio seria levar o texto literário com linguagem própria da metade do século passado para a sala de aula real e fazer inferências sobre experimentação. Com tal interpretação, não pretendemos explicar resultados com aspectos que responsabilizem os estudantes. Acreditamos que os resultados e as dificuldades encontradas possam se configurar como reflexões e desafios de uma proposta de atividade na escola.

Pensar sobre os limites configura-se como desafios. Por exemplo, os registros escritos são feitos com muita dificuldade; neste sentido, a pesquisa poderia ter contado com atividades anteriores que

pudessem estimular, nos estudantes, a expressão escrita. Tal expressão poderia ter tido conformação de gêneros diversos, como carta, conto, poesia ou notícias. O mesmo se estende à leitura, propiciar momentos de leitura de gêneros literários diferente dos didáticos poderia ir enriquecendo a leitura dos estudantes. Porém, tem-se ciência de que tudo isso transcende a dimensão desta pesquisa, uma vez que a aprendizagem de ler e escrever é um processo – não linear e talvez mais lento do que almejável. Sobre a expressão de ideias e discussões, lançar mão de estratégias como júri simulado pode familiarizar os estudantes com a exposição de ideias. Ainda, a socialização dos resultados obtidos perante a aprendizagem dos conceitos pode conferir função social ao conhecimento aprendido. Outro desafio seria desenvolver estratégias que trabalhe atividades correlatas leitura e escrita.

Perante os instrumentos de análise propostos e possíveis para esta pesquisa, apontamos que a utilização de filmagens e diário de bordo poderiam enriquecer as análises.

Quanto às possibilidades, em vista do silenciamento da utilização de meios digitais para a leitura de obras literárias, tal abordagem teria o desafio de romper com questões de disponibilidade dos livros para os estudantes, e auxiliar na significação prática do uso de meios digitais no Ensino de Ciências.

Apontamos também a possibilidade de pesquisas sobre o funcionamento dos escritos de José Reis no Ensino de Ciências com a finalidade de estabelecer uma conexão com os pressupostos de que a área foi sendo delineada no decorrer dos tempos, com a função de entender e delinear novas perspectivas.

Por fim, destacamos como potencialidades da proposta que articula a leitura de um texto literário com experimentação o favorecimento da constante interlocução entre docente e estudantes sobre assuntos relativos à leitura do texto literário, como a experimentação, e a leitura como prática a ser desenvolvida. O docente, em diferentes momentos, pode ter acesso aos conhecimentos discentes tendo a possibilidade de contribuir para o seu enriquecimento. Também se teve indicativos de contribuição da proposta para o enriquecimento do conhecimento discente sobre experimentação, sem negligenciar que esse processo de enriquecimento apresenta certa morosidade reconhecida pela literatura.

REFERÊNCIAS

- ABREU, Luciana Nobre de. **Textos de divulgação científica no ensino superior de química**: funcionamento e produção de sentidos. 2009. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências (Química Analítica), Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/USP_63395274d8b9bb6e6cfadfc493c4053a>. Acesso em: 12 nov. 2015.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; CASSIANI, S.; OLIVEIRA, O. B. **Leitura e escrita em aulas de ciências**: luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares. Florianópolis: Letras Contemporâneas, 2008.
- ALONSO TAPIA, J. (1992 a). **Leer, comprender y pensar**: desarrollo de estrategias y técnicas de evaluación. Ministerio de Educación y Ciencia. CIDE. Madrid. ISBN: 84-369-2270-0
- ANDRADE, Antenor; PINTO, Sergio Correa; OLIVEIRA, Rosilene Santos (Org.). **Animais de laboratório**: criação e experimentação. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2002. 388 p. Disponível em: <books.scielo.org/id/sfwjtj/pdf/andrade-9788575413869.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2015.
- ANTLOGA, Daiane Christ. **A articulação entre a literatura infantil e o ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental**. 2014. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação Stricto Sensu em Educação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (unochapecó), Chapecó, 2014. Disponível em: <<http://fleming.unochapeco.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/0000c7/0000C794.PDF>>. Acesso em: 25 out. 2015.
- ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Cláudio de. **Histórias de vida penduradas em cordel**: uma experiência de troca de saberes no ensino de biologia para jovens e adultos. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Curso do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/historias-vida-penduradas-em-cordel-uma-experiencia-troca-saberes-ensino/id/54510689.html#>. Acesso em: 24 out. 2015.
- AULER, Délcio. **Enfoque ciência-tecnologia-sociedade**: pressuposto para o contexto brasileiro. Rio Grande do Sul: Especial, 2007.

AULER, D.; DELZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 5, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen5/ART8>

AZEVEDO, Danielle Maria Machado R. **Experimentação animal: aspectos bioéticos e normativos**. 2012. Disponível em: <<https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#q=+Experimentação+animal:+aspectos+bioéticos+e+normativos>>. Acesso em: 29 jan. 2015.

BARBOSA, Alex Samyr Mesquita; PASSOS, Carmensita Matos Braga; COELHO, Afrânio de Araújo. O cordel como recurso didático no ensino de ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 6, n. 2, p.161-168, 4 maio 2011. Disponível em: <http://ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID154/v6_n2_a2011.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2014.

BAZZO, Walter Antônio; VON LINSINGEN, Irlan; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale (Ed.). **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madri: Oei, 2003. 170 p.

BENITE, Anna M. Canavarro; BENITE, Claudio R. Machado; MORAIS JÚNIOR, José Acrísio R. da S. de. Reflexões sobre epistemologia da ciência a partir de uma experiência com a literatura infantil. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 11, n. 2, p. 141-159, jul. 2009. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/49/46>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

BRASIL, Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Normas de pesquisa envolvendo seres humanos para a área temática de pesquisa com novos fármacos, medicamentos, vacinas e testes diagnósticos. Resolução 251. 1997. Brasília: CNS; 1997.

_____. Congresso. Senado. Constituição (1996). Lei de Diretrizes e Bases nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece As Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2015.

_____. Decreto nº 5.803, 8 de junho de 2006. Referente ao Observatório da Educação, dentre outras providências. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2004-2006/2006/Decreto/D5803.htm. Acesso em: 14 de abril de 2015.

_____. Decreto-Lei nº. 6.638, de 08 de maio de 1979. 1979. Disponível em: <<http://www.bioetica.ufrgs.br/lei6638.htm>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

_____. Decreto-Lei nº. 24.645, de 10 de julho de 1934. 1934. Disponível em: <<http://funed.mg.gov.br/wp-content/uploads/2010/05/Decreto-lei-24645-34-maus-tratos-animais.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

_____. Estatuto da criança e do adolescente: Lei federal nº 8069, de 13 de 1990. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8069.htm>. Acesso em: 28 fev. 2016.

_____. Ministério da Educação. Decreto Presidencial nº 6.094, de 24 de abril de 2007. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 abr. 2007.

CABRAL, Tânia M.; GIOPPPO, Christiane; BUENO, Raquel L. Gaiato no Navio:: Interfaces Entre Literatura de Viagem e Ensino de Ciências. **Contexto & Educação**, Ijuí, RS, v. 26, n. 86, p.50-73, 15 jul. 2011. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoeducacao/article/view/282/233>>. Acesso em: 25 out. 2015.

CAMPOS, André Luiz Vieira de; NASCIMENTO, Dilene Raimundo do; MARANHÃO, Eduardo. A história da poliomielite no Brasil e seu controle por imunização. **História, Ciências, Saúde: Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 2, p.573-600, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v10s2/a07v10s2.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2015.

CARSON, Rachel. **Silent spring**. Boston; New York: Houghton Mifflin, 1962.

CARVALHO, L T; REBOUÇAS, Marcia Maria. Catalogação de documentos de José Reis. **O Biológico: instituto biológico**, São Paulo, v. 70, n. 2, p.1-244, maio 2008. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v70_2/211.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015.

CHALMERS, A. F.. O que é ciência afinal? In: _____. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1983. p. 210.

COSTA, Alan Bonner da Silva; SILVA, Edson Pereira da. Professor Níquel Náusea: uso de história em quadrinhos no ensino da teoria evolutiva. **Genética na Escola**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 1, p.56-63, nov. 2014. Disponível em: <<http://geneticanaescola.com.br/vol-ix1-artigo-07/>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

DA SILVEIRA, Marcelo Pimentel. **Literatura e ciência**: Monteiro lobato e o ensino de química. 2013. 297 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ensino de Ciências, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-01122014-153625/pt-br.php>>. Acesso em: 23 abr. 2015.

DAGNINO, Renato. Enfoques sobre a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade: Neutralidade e Determinismo. **Datagramazero**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 6, 2002. Não paginado.

DANIELSKI, Júlio Cezar Reis; BARROS, Daniela Martí; CARVALHO, Fernanda de. O uso de animais pelo ensino e pela pesquisa: prós e contras. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p.72-84, mar. 2011. Disponível em: <<http://www.reciis.icict.fiocruz.br/index.php/reciis/article/viewArticle/397/764>>. Acesso em: 5 jul. 2014.

DINIZ, Renata et al. Animais em Aulas Práticas: Podemos Substituí-los com a Mesma Qualidade de Ensino?. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Santos, v. 2, n. 30, p.31-41, maio 2006.

FAGUNDES, Andréa Vassallo. **Formação continuada na perspectiva da racionalidade comunicativa**: possibilidades de articulação entre literatura infantil e o ensino de ciências da natureza. 2012. 351 f. Tese (Doutorado) - Curso do Programa de Pós-graduação Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, ^{COB}universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2012. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.d?idDocumento=675>>. Acesso em: 25 out. 2015.

FELIPE, Sônia Terezinha. **Ética e Experimentação Animal**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. 351 p.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 3. ed., Curitiba: Positivo, 2004.

FERREIRA, Júlio César David. **Aproximações entre a obra de Júlio Verne e o ensino de Física**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Educação da Unesp/FCT, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Unesp – Campus de Presidente Prudente, Presidente Prudente, 2011. Disponível em: <<http://base.repositorio.unesp.br/handle/11449/92244?locale-attribute=es>>. Acesso em: 25 out. 2015.

FERREIRA, Júlio César David; RABONI, Paulo César de Almeida. A ficção científica de Júlio Verne e o ensino de física: uma análise de *Vinte mil léguas submarinas*. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p.84-103, abr. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n1p84/24487>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Saete Linhares. Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão. **Alexandria: Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, v. 5, n. 1, p.3-31, maio 2012. Disponível em: <<http://alexandria.ppget.ufsc.br/files/2012/05/Luciana.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

FRENCH, Steven. **Ciência: conceitos-chave na filosofia**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIACHETI, Linair de Jesus Martins. José Reis: a trajetória de um jornalista-educador. **Pj:br**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-14, ago. 2004. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/pjbr/arquivos/monografia3_a.htm>. Acesso em: 28 mar. 2014.

GIRALDELLI, Carla Giulia Corsi Moreira; ALMEIDA, Maria José P M de. Leitura coletiva de um texto de literatura infantil no ensino fundamental: algumas mediações pensando o ensino das ciências. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 10, n. 1, p. 39-54, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/140/189>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

GIRALDI, Patrícia Montanari. **Leitura e escrita no ensino de ciências: espaços para produção de autoria**. 2010. 232 f. Tese (Doutorado) - Curso

de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

GODINHO, Rosemary de Sampaio. Renascimento: uma nova concepção de mundo através de um novo olhar para a natureza. **Data grama zero: Revista de Informação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, fev. 2012. Não paginado. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/fev12/Art_01.htm>. Acesso em: 20 jan. 2015.

GOLDSCHMIDT, Andrea Inês; JÚNIOR, José Luiz Goldschmidt; LORETO, Élgion Lúcio da Silva. Concepções referentes à ciência e aos cientistas entre alunos de anos iniciais e alunos em formação docente. **Contexto & Educação**, Ijuí, v. 92, n. 29, p.132-164, abr. 2014.

GOMES, Emerson Ferreira. **O Romance e a Teoria da Relatividade: a interface entre Literatura e Ciência no Ensino de Física através do discurso e da estrutura da ficção**. 2011. 152 f. Tese (Doutorado) - Curso da Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-20072011-143249/pt-br.php>>. Acesso em: 25 out. 2015.

GOMES, Verenna Barbosa. **Divulgação científica na formação inicial de professores de Química**. 2012. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.ppgec.unb.br/images/sampled_data/dissertacoes/2012/versaocomplet_a/verenna_barbosa_gomes.pdf>. Acesso em: 24 out. 2012.

GONÇALVES, Fábio Peres. Experimentação e Literatura: Contribuições para a Formação de Professores de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 36, n. 2, p.93-100, maio 2014. Disponível em: <http://qnesc.sbgq.org.br/online/qnesc36_2/04-EA-14-13.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015.

_____. **O texto de experimentação na educação em Química: discursos pedagógicos e epistemológicos**. Florianópolis, 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso do Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis, 2005.

GREIF, Sergio. **Alternativas ao uso de animais vivos na educação: pela ciência responsável**. São Paulo: Nina Rosa, 2000. 175 p.

GREIF, Sérgio; TRÉZ, Thales. **A verdadeira face da experimentação animal**: sua saúde em perigo. Disponível em: <<http://www.falabicho.org.br/PDF/LivroFalaBicho.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2000.

GROTO, Sílvia Regina. **Literatura de Monteiro Lobato no ensino de Ciências**. 2012. 185 f. Dissertação (Mestrado) - Curso do Programa de Pós-graduação em Educação, Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/14518/1/SilviaRG_DISSERT.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.

GUIMARÃES, Maria de Nazaré Klautau; PEDREIRA, Mariana Marzullo; OLIVEIRA, Silviene Fabiana de. Tirinhas no Ensino: da estrutura, função e conceito de gene. **Genética na Escola**, Ribeirão Preto, v. 9, n. 2, p.118-123, maio 2014. Disponível em: <http://geneticanaescola.com.br/wp-home/wp-content/uploads/2014/09/VersPress/RevtaGenEsc_9_02_Art05_Press.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2015.

GUNSTONE, R. (1991). **Reconstructing theory from practical experience**. In: Woolnough, B. (Ed.). *Practical Science*. Milton Keynes: Open University Press, 67-77.

HODSON, D. Philosophy of science and science education. In: MATTHEWS, M. R. **History, philosophy, and science teaching**: selected readings. Toronto; New York: OISE; Teachers College, 1991. p.19-32.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N.; ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. **Enseñanza de las Ciencias**, v.17, n.1, p.45-59, 1999.

KAWAMOTO, Elisa Mári; CAMPOS, Luciana Maria Lunardi. Histórias em quadrinhos como recurso didático para o ensino do corpo humano em anos iniciais do Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 2, p.147-158, fev. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132014000100009&lng=pt&nrm=iso&tlng=en>. Acesso em: 2 abr. 2015.

KREINZ, Glória; PAVAN, Crodowaldo; GONÇALVES, Nair Lemos. José Reis: Ciência, poesia e outros caminhos. São Paulo: Njr / Eca / Usp, 2005. 262 p.

LAROCQUE, Lucia de; TEIXEIRA, Luiz Antônio. Frankenstein, de Mary Shelley e Drácula, de BramStoker: gênero e ciência na literatura. **História, Ciências, Saúde: Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 1, p.10-34, jun. 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/hcsm/v8n1/a01v08n1.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

LIMA, Luís Gomes de. **A abstração como ponte entre a Física e a Literatura na construção de conceitos de mecânica quântica no Ensino Médio**. 2014. 353 f. Dissertação (Mestrado) - Curso do Programa de Pós- Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-27042015-104526/pt-br.php>>. Acesso em: 24 out. 2012.

LIMA, M. C.; BARROS, L. H.; TERRAZAN, E. A. Quando o sujeito se torna pessoa: uma articulação possível entre poesia e Ensino de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 2, p. 210-305, 2004.

LIMA, Maria da Conceição Barbosa; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Exercícios de raciocínio: o exemplo do sarilho. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 2, p. 203-215, 2002a. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132002000200005&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 20 fev. 2015.

_____. “Exercícios de raciocínio” em três linguagens: ensino de Física nas séries iniciais. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 4, n. 1, p.1-21, jul. 2002b. Disponível em: <<http://www.lapef.fe.usp.br/trabeproject/artigos/nacionais/artigos/rn058.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

LINS, Liliane. Princípio, responsabilidade e ensaios clínicos. **Gazeta Médica da Bahia**, Salvador, v. 1, n. 81, p.20-27, jun. 2011.

VON LINSINGEN, Luana. **Literatura infantil no ensino de ciências**: articulações a partir da análise de uma coleção de livros. 2008. 147 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91784/261298.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 13 out. 2015.

LONDERO, Leandro. As histórias em quadrinhos em manuais escolares de Física. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p.20-37, mar. 2014. Disponível em:

<<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/903/370>>. Acesso em: 2 abr. 2015.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino em Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 248-273, dez. 1996.

LORENZETTI, L. e DELIZOICOV, D. Educação ambiental: um olhar sobre dissertações e teses. **Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências**, v. 6, n. 2, p. 25-56, 2006.

MELGAÇO, I.C.P.P.S; MEIRELLES R.M.S; CASTRO, H.C. O uso de animais nas disciplinas de Anatomia, Fisiologia, Imunologia e Zoologia e suas implicações éticas e legais durante a educação científica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, v. 10, n. 3, p. 499-515, 2011.

MENDES, Maria Ferreira Abdala. José Reis e o papel dos cientistas na divulgação científica. **Ciência & Comunicação**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-12, nov. 2004. Disponível em:

<<http://www.jornalismocientifico.com.br/revista/01/artigos/artigo6.asp>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

MENDONÇA, Lêda Glicério. A Literatura de Ficção Científica como Estratégia de Ensino: Discussão da Ética Profissional e da Pesquisa em Sala de Aula. **Revista Ciências & Ideias**, Nilópolis, v. 1, n. 1, p.41-51, mar. 2009. Disponível em:

<<http://revistascientificas.ifrj.edu.br:8080/revista/index.php/revistacienciaeideias/article/view/26/literatura> def>. Acesso em: 20 fev. 2015.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. 2. ed. rev. Ijuí: Unijuí, 2011. 224 p.

NASCIMENTO, Tatiana Galieta. **Leituras de divulgação científica na formação inicial de professores de Ciências**. 2008. 376 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

ODY, Leandro Carlos. A questão do “observável/inobservável” nas visões de Bas van Fraassen e Ian Hacking. **Centro de Estudos Filosóficos de Santos**, Santos, SP, v. 25, p.5-7, 4 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.paradigmas.com.br/index.php/revista/edicoes-21-a-30/edicao-25/342-a-questao-do-observavel-inobservavel-nas-visoes-de-bas-van-fraassen-e-ian-hacking>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

OLIVEIRA, Paulo Roberto Silva de. A construção social do conhecimento no ensino-aprendizagem de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Anais...** Bauru: [s.n.], 2003. p.1-4.

PALCHA, Leandro Siqueira; OLIVEIRA, Odisseia Boaventura de. A evolução do ovo: quando leitura e literatura se encontram no ensino de ciências. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 16, n. 01, p.101-114, abr. 2014. Disponível em: <<file:///Users/simone/Downloads/1571-6044-1-PB.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2014.

PIASSI, Luís Paulo de Carvalho. Segredo de Arthur Clarke: um modelo semiótico para tratar questões sociais da ciência usando a ficção científica. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 1, p.209-226, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/view/307/805>>. Acesso em: 2 abr. 2015.

_____. A perspectiva sociocultural da física nos romances de ficção científica de Arthur Clarke. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 11, n. 2, p.205-226, nov. 2011. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/view/271/246>>. Acesso em: 2 fev. 2015.

PIASSI, L. P. de C., ARAUJO, P. T. **A literatura infantil no ensino de ciências**: propostas didáticas para os anos iniciais do ensino fundamental. São Paulo: SM, 2012.

PIASSI, Luís Paulo; PIETROCOLA, Maurício. De olho no futuro: ficção científica para debater questões sociopolíticas de ciência e tecnologia em sala de aula. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p.1-12, nov. 2007. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/126/103>>. Acesso em: 2 abr. 2015.

_____. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de encontrar erros em filmes. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 35, n. 3, p.525-540, dez. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022009000300008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 20 fev. 2015.

PINTO NETO, Pedro da Cunha. Química e Literatura na Formação de Professores. **Educação: Teoria e Prática**, Rio Claro, v. 22, n. 40, p.114-127, 05 ago. 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/artic/e/view/6274/4593>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

_____. **Ciência, literatura e civilidade**. 2001. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, 2001. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000217852>>. Acesso em: 24 out. 2015.

PINTO, Gisnaldo Amorim. Literatura não-canônica de divulgação científica em aulas de ciências. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 11, n. 2, p.262-276, dez. 2009. Disponível em: <file:///Users/simone/Downloads/219-747-1-PB.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015.

PORTO, Paulo Alves. Augusto dos Anjos: ciência e poesia. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 11, p.30-34, maio 2000. Disponível em: <<http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/artic/e/view/6274/4593>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

PRESTES, Roseléia Ferreira; LIMA, Valderez Marina do Rosário; RAMOS, Maurivan Guntzel. Contribuições do uso de estratégias para a leitura de textos informativos em aulas de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, [s.i], v. 10, n. 2, p.346-367, set. 2011. Disponível em: <<http://www.webs.uvigo.es/reec>>. Acesso em: 18 jun. 2015.

RAMOS, João Eduardo Fernandes. **A ciência e o insólito**: o conto de literatura fantástica no Ensino de Física. 2012. 181 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ensino de Ciências na Modalidade Ensino de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-13082012-112755/pt-br.php>>. Acesso em: 24 out. 2015.

REBOUÇAS, Marcia Maria. Aprender, tentando ensinar. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-3, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/grandesnomes/jose.php>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

_____. Pelo resgate da memória documental das ciências e da agricultura: o acervo do instituto biológico de São Paulo. **História, Ciências, Saúde: Manguinhos**, São Paulo, v. 4, n. 13, p. 995-1005, dez. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702006000400011>. Acesso em: 23 jan. 2015.

REBOUÇAS, Márcia Maria et al. O Instituto Biológico e seu acervo Documental. **Caderno de História da Ciência: Instituto Butantã**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 95-122, jul. 2009. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-76342009000100006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 dez. 2014.

_____. José Reis: documentos demonstrativos da popularização da ciência, fato concreto*. **Páginas do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 3, n. 1, p.39-75, maio 2007. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/pag/v3_1/jose_reis.htm>. Acesso em: 5 maio 2014.

REBOUÇAS, Marcia Maria; BACILIERI, Simone. JOSÉ REIS: vida e obra de um marco na divulgação científica. **Páginas do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-3, jun. 2005. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/pag/v1_1/reboucas4.htm>. Acesso em: 6 jul. 2014.

REGAN, Tom. **Jaulas vazias**: encarando o desafio dos direitos animais. Trad. Regina Rheda. Porto Alegre: Lugano, 2006. 266 p.

REIS, José. **Aventuras no mundo da ciência**. São Paulo: Melhoramentos, 1954. 175 p. (Conquistas da humanidade).

REIS, Márcia Santos Anjo. As revistas em quadrinhos como recurso didático no ensino de ciências. **Ensino em Re-vista**, Uberlândia, v. 1, n.

9, p. 105-114, jul. 2000. Disponível em:

<<http://www.seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/viewFile/7879/4984>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

RIBEIRO, Ruth Marina Lemos; MARTINS, Isabel. O potencial das narrativas como recurso para o ensino de ciências: uma análise em livros didáticos de Física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 293-309, ago. 2007. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132007000300002&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 2 abr. 2015.

ROCHA, Ethel Menezes. Animais, Homens e sensações segundo Descartes. **Kriterion**, Belo Horizonte, v. 110, p. 350-364, dez. 2004.

SALOMÃO, Simone Rocha. Lições da botânica: o texto literário no Ensino de Ciências. **Ciência em Tela**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-9, fev. 2008. Disponível em:

<http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/Salomao_2008_1.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015.

SANTOS, J. R. d., & BONOTTO, D. M. B. (2012). Educação ambiental e animais não humanos: linguagens e valores atribuídos por professoras do ensino fundamental. **Pesquisa em Educação Ambiental**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 9-27, 2012.

SANTOS, Lia Flávia Araújo; ZANOTELLO, Marcelo. Contando histórias em aulas de Ciências Biológicas. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 8, n. 1, p.121-129, jul. 2013. Disponível em:

<http://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID204/v8_n1_a2013.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2015.

SANTOS, Thiago Pereira dos. **Concepções de ciência nas obras de Monteiro Lobato**: mapeamento e análise de termos científicos no livro *Serões de Dona Benta*. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Curso do Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências – Campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru, 2011. Disponível em:

<<http://www2.fc.unesp.br/BibliotecaVirtual/DetalhaDocumentoAction.do?idDocumento=450>>. Acesso em: 25 out. 2015.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, 2002. Não paginado.

SCHWAHN, Maria Cristina Aguirre; OAIGEN, Edson Roberto. O uso do laboratório de ensino de Química como ferramenta: investigando as concepções de licenciandos em Química sobre o Predizer, Observar, Explicar (POE). **Acta Scientiae**, Canoas, v. 10, n. 2, p. 151-169, jul. 2008.

SCHWAHN, Maria Cristina Aguirre; SILVA, Juliana da; MARTINS1., Tales L. Costa. A abordagem POE (predizer, observar e explicar): uma estratégia didática na formação inicial de professores de química. **Nutes: UFRJ**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-8, nov. 2007.

SHANKS, Nail; GREEK, Ray. Are animal models predictive for humans? **Philos Ethics Humanit Med**, Univ Press Of America, v. 2, n. 4, p.1-30, 2009. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2642860/>>. Acesso em: 14 fev. 2015.

SILVA, Camila Silveira da. Poesia de António Gedeão e a formação de professores de Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.77-84, maio 2011. Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc33_2/02-EA10309.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015.

SILVA, Chiara Michelle Ramos Moura da. Direito animal: uma breve digressão histórica. **Conteúdo Jurídico, OnLine**, v. 1, n. 1, p.1-30, 23 jul. 2014. Disponível em: <<http://www.conteudojuridico.com.br/?artigos&ver=2.48729>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

SILVA, H.C. Ciência, leitura e escola. In: ALMEIDA, M.J.P.; SILVA, H.C. **Linguagens, leituras e ensino de ciências**. Campinas: Mercado das Letras, 1998.

SILVA, Giselle Soares Menezes; SCALFI, Grazielle A. de Moraes. Adolescentes e o imaginário sobre cientistas: análise do teste "Desenhe um cientista" (DAST) aplicado com alunos do 2º ano do Ensino Médio. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN, 1., 2014, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: Isbn, 2014. p. 2-21.

SILVA, Marcelo Souza da; RIBEIRO, Daiane Maria dos Santos. Ensino de física no Sertão: Literatura de Cordel como ferramenta didática. **Revista Seminário de Visu**, Petrolina, v. 2, n. 1, p. 231-240, abr. 2012. Disponível em: < <http://periodicos.ifsertao-pe.edu.br/ojs2/index.php/revista/article/view/61/75> >. Acesso em: 25 mar. 2015.

SILVA, Susana Souto. Narrativa literária e ciência. **Ciência&Ensino**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p.1-8, nov. 2006. Disponível em: <<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/49/94>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

SILOCHI, Josiane. **Aproximações entre Literatura e Ciência**: um estudo sobre os motivos para utilizar textos literários no ensino de Ciências. 2014. 260 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Educação em Ciências e em Matemática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1884/36806>>. Acesso em: 10 out. 2015.

SIMON, Fernanda Oliveira; NOGUEIRA, Renata Nascimento; VICENTIN, Flávio César. Avaliação de livros de divulgação científica acerca da Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 7, n. 2, p.40-53, ago. 2014.

SINGER, Peter. **Libertação Animal**. 4. ed. Porto Alegre: Lugano, 2004. 357 p.

SNOW, CP. As duas culturas e um segundo olhar. Trad. por Renato Rezende Neto. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n. 55, p.81-83, jul./set. 1993.

SOLÉ, Isabel. **Estratégias de leitura**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SOUZA, Eduardo Oliveira Ribeiro de; VIANNA, Deise Miranda. Usando física em quadrinhos para discutir a diferença entre inversão e reversão da imagem em um espelho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 3, p.601-613, dez. 2014. Disponível em: <[file:///Users/simone/Downloads/29416-119437-1-PB \(1\).pdf](file:///Users/simone/Downloads/29416-119437-1-PB%20(1).pdf)>. Acesso em: 30 mar. 2015.

SOUZA, Joseth Filomena de Jesus; SHIMIZU, Helena Eri. Representação social acerca dos animais e bioética de proteção: subsídios à construção da educação humanitária. **Rev. Bioética**, Brasília, v. 21, n. 3, dez. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-80422013000300019&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 14 maio 2014.

STRACK, Ricardo; LOGUÉRCIO, Rochele; PINO, José Claudio del. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 2, n. 15, p. 425-442, nov. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132009000200012&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 20 fev. 2014.

TEIXEIRA, Caroline da Silva. **Visão dos estudantes do ensino básico sobre o fazer ciência e o cientista**. 2012. 344 f. TCC (Graduação) - Curso de Ciências Biológicas. Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

TOMAZI, A. L.; PEREIRA, A. J.; SCHULER, C. M.; PISKE, K.; TOMIO, D. O que é e quem faz ciência? Imagens sobre a atividade científica divulgadas em filmes de animação infantil. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 292-306, 2009.

TRÉZ, Thales de Astrogildo. **O uso de Animais no Ensino e na pesquisa acadêmica**: estilos de pensamento no fazer e ensinar ciência. 2012. 539 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ensino de Ciências, Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/.../302848.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2014.

VOGT, Carlos. José Reis (1907- 2002): O Semeador, o cientista e o poeta. **Observatório da Imprensa**, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-2, 22 maio 2002. Disponível em: <<http://www.observatoriodaimprensa.com.br/ofjor/ofc220520022.htm>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

VON LINSINGEN, Luana. Alguns motivos para trazer a literatura infantil para a aula de ciências. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 2, n. 2, p.1-8, jun. 2008. Disponível em:

<<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/190/143>>. Acesso em: 20 fev. 2015.

VON LINSINGEN, Luana. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de Ciências sob a perspectiva CTS. **Ciência & Ensino**, Piracicaba, v. 1, n. 1, p.1-9, nov. 2007. Disponível em:

<<http://prc.ifsp.edu.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/125/110>>. Acesso em: 2 abr. 2015.

ZANETIC, João. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. **Proposições**, Campinas, v. 17, n. 149, p. 39-57, abr. 2006a. Disponível em: <http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/proposicoes/textos/49_dossie_zaneticj.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2015.

_____. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. **História, Ciências, Saúde: Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13, p.55-70, out. 2006b. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702006000500004&lng=pt&nrm=iso&tlng=p>. Acesso em: 20 fev. 2015.

_____. Física e Cultura. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 3, p.21-24, 2005. Julho/setembro. Disponível em:

<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252005000300014&script=sci_arttext>. Acesso em: 09 maio 2014.

_____. **Física também é Cultura**. 1989. 252 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

ZANOTELLO, Marcelo; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de. Leitura de um texto de divulgação científica em uma disciplina de física básica na educação superior. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 15, n. 3, p. 113-130, dez. 2013. Disponível em: <file:///Users/simone/Downloads/1123-5697-1-PB.pdf>. Acesso em: 2 abr. 2015.

*APÊNDICES***APÊNDICE A - TCLE**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC)
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA (PPGECT)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: **Articulação entre literatura e experimentação no ensino de Ciências**

Nome do Pesquisador Principal ou Orientador: Fábio Peres Gonçalves

Nome da Pesquisadora assistente/aluna: Simone dos Santos Ribeiro

PESQUISA: Articulação entre literatura e experimentação no ensino de Ciências

As informações contidas nesta folha, fornecidas por Fábio Peres Gonçalves e Simone dos Santos Ribeiro, têm por objetivo firmar acordo escrito com a(o) voluntária(o) para participação na pesquisa acima referida, autorizando sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos a que ela(e) será submetida(o).

Esta pesquisa tem como finalidade: avaliação de uma proposta que articula literatura e experimentação para o ensino de ciências nos anos finais do Ensino Fundamental.

A pesquisa será realizada em duas turmas dos anos finais do ensino fundamental de uma escola básica da rede municipal de ensino de Florianópolis, durante aulas de ciências junto com o professor titular da disciplina. Será realizada uma atividade didática de experimentação vinculada à utilização de um texto literário, respeitando as condições de leitura dos estudantes e os conteúdos planejados pelo professor para o corrente ano. A atividade experimental será elaborada com materiais de utilização no cotidiano, cuja manipulação não ofereça risco aos estudantes.

Você tem liberdade para se recusar a participar da pesquisa no seu início e ainda de se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para você. As atividades que serão desenvolvidas não irão gerar dados para avaliação do professor

titular, de modo que a participação ou não na pesquisa não implicará no rendimento escolar do estudante. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do coordenador do projeto e, se necessário, por meio do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.

Os procedimentos utilizados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética na Pesquisa com Seres Humanos conforme resolução n. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde – Brasília – DF. Os riscos e desconfortos presentes na atividade experimental com a manipulação dos materiais poderão ser minimizados com a utilização de material plástico, utilização de luvas de procedimento, medidas de higiene como higienização das mãos e com a supervisão e orientação dos professores. Deste modo, não estão previstas indenizações materiais e/ou financeiras para esta atividade. Eventuais riscos ou danos não previstos pelos pesquisadores terão o acompanhamento destes, de modo a respeitar e preservar a integridade física e moral dos participantes.

Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Utilizaremos unicamente registros escritos dos estudantes como dados da pesquisa. Os dados da(o) voluntária(o) serão identificados com um código, e não com o nome. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade.

Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo contribua com informações importantes que devem acrescentar elementos relevantes à literatura, onde o pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos.

Você não terá nenhum tipo de despesa nem proventos ao autorizar sua participação nesta pesquisa.

Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem penalidades.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para permitir sua participação nesta pesquisa. Portanto, preencha os itens que seguem:

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO:

“Declaro que, em ____/____/____, concordei em participar, na qualidade de participante, do projeto de pesquisa intitulado *Articulação entre literatura e experimentação no ensino de Ciências*, após estar devidamente informado sobre os objetivos, as finalidades do estudo e os termos de minha participação. Assino o presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em duas vias, que serão assinadas também pelo pesquisador responsável pelo projeto, sendo que uma cópia se destina a mim (participante) e a outra ao pesquisador. As informações fornecidas aos pesquisadores serão utilizadas na exata medida dos objetivos e finalidades do projeto de pesquisa, sendo que minha identificação será mantida em sigilo e sob a responsabilidade dos proponentes do projeto.

Não terei renumeração ou qualquer ônus financeiro (despesas) em função do meu consentimento espontâneo em participar do presente projeto de pesquisa.

Independentemente deste consentimento, fica assegurado meu direito de retirar-me da pesquisa em qualquer momento e por qualquer motivo, sendo que para isso comunicarei minha decisão a um dos proponentes do projeto, acima citados.”

Espaço destinado aos responsáveis ou participantes da pesquisa para que possam expor suas observações e/ou solicitações:

Florianópolis, _____ de _____ de 2015.
(local e data)

Nome do (estudante) Participante da Pesquisa

Representante legal do estudante acima identificado

Assinatura do (estudante) Participante da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora Assistente (orientanda) – Simone dos S.
Ribeiro

Assinatura do Pesquisador Principal (orientador) – Fábio Peres
Gonçalves

Pesquisador Principal: Fábio Peres Gonçalves

Demais pesquisadores: Simone dos Santos Ribeiro; RG- 666.2372.

Endereço: Rodovia Baldicero Filomeno, nº 3955, Ribeirão da Ilha,
Florianópolis/SC

Telefones- (48) 9644-4754; (48) 3304-2806. E-mail: zenlua@gmail.com

Comitê de Ética em Pesquisa: Reitoria II, sala 902, no ático, localizado
na Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, Trindade, Florianópolis.

Telefone para contato: 3721-6000

APÊNDICE B – Plano de aula - leitura: cultivando bactérias

Ano/turma: 7º ano

Componente curricular: Ciências da Natureza

Quantidade de aulas: 4 aulas (divididas em dois dias com aula dupla)

Atividade individual

Objetivos:

- favorecer a aprendizagem do ato de ler, por meio da leitura do capítulo II do livro *Aventuras no mundo da ciência*;
- promover a leitura do capítulo II do livro *Aventuras no mundo da ciência*;
- discutir aspectos sobre experimentação, partindo da leitura do segundo capítulo da obra literária: *Aventuras no mundo da ciência*.

Conteúdos: características gerais das bactérias, experimentação como conteúdo da ciência e aspectos sobre leitura.

Desenvolvimento: a atividade será realizada nas aulas de ciências, em conjunto com o professor regente da turma, porém, direcionada pela professora pesquisadora. A atividade será desenvolvida por meio da leitura do capítulo II do livro *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis. A atividade de leitura acontecerá em três etapas, sendo que a segunda acontecerá como tarefa para casa de maneira individual. Primeira e segunda etapa (2 horas/aula); terceira etapa (2 horas/aula - aula dupla).

Na primeira etapa de leitura, os estudantes receberão a transcrição do capítulo II do livro (Apêndice F). A professora pesquisadora procederá à apresentação do autor, obra, capítulo a ser lido, e discutirá estratégias de leitura inspiradas por Solé (2009).

Esta estratégia conta com três partes: antes da leitura (para compreender); durante a leitura (construindo a compreensão) e depois da leitura (continuar compreendendo). Antes da leitura – Obter conhecimentos sobre o texto, de que gênero se trata, o que esperar do gênero, como podemos fazer a leitura, quais objetivos são esperados com a leitura de tal texto. Perante as informações sobre o texto, o leitor pode estabelecer relações com seus conhecimentos prévios e traçar previsões. Os alunos também podem fazer perguntas sobre o assunto do texto; quando se formulam perguntas sobre o texto se pode tomar ciência do que se conhece e do que não se conhece sobre o assunto.

Nesta etapa, o professor pode interferir e ajustar, reformulando perguntas. Na compreensão durante a leitura, trata-se de que o leitor possa estabelecer previsões sobre o que está lendo: formular previsões sobre o texto; formular perguntas sobre o que foi lido; esclarecer possíveis dúvidas sobre o texto e resumir as ideias do texto. Para continuar compreendendo depois da leitura, há sistematização das ideias principais, com resposta a perguntas e com a construção de resumo, baseados nas ideias encontradas durante a leitura.

Antes da leitura, os estudantes responderão individualmente e por escrito o roteiro de questões²¹, como parte das previsões que poderão ser desencadeadas pelo texto. Depois do registro individual em aula, as respostas serão discutidas no grande grupo com a exposição e posicionamento dos estudantes.

Questões que possam desencadear previsões iniciais sobre a leitura do capítulo II (antes da leitura). As questões apresentadas são as seguintes:

Como você imagina que é o trabalho dos cientistas em um laboratório?

Os cientistas podem fazer pesquisas com animais não humanos em laboratórios. Qual sua opinião sobre isso?

Faça perguntas relacionadas com a utilização de animais não humanos em experimentos em laboratórios de pesquisa.

Depois da discussão desencadeada pelas respostas dos estudantes, a leitura será iniciada de maneira intercalada com momentos de leitura em voz alta e momentos de leitura silenciosa, estimuladas por momentos de questionamentos. Os estudantes terão a liberdade de questionar e colocar seu posicionamento durante o processo de leitura. A finalização da leitura será feita em casa, de maneira individual, utilizando as estratégias discutidas em sala de aula. Esta será a segunda etapa. Como parte da tarefa, os estudantes farão registros de pontos que considerem relevantes para discussão e/ou explicação: podem fazer perguntas aos personagens, observações, questionamentos para todo o grupo ou professores. Os registros dos estudantes relativos à segunda etapa serão recolhidos para organização e condução da terceira etapa, que acontecerá em uma próxima aula.

²¹Como articulação entre as partes dois e três desta pesquisa, serão desenvolvidas questões que contemplem as discussões desencadeadas pelos fragmentos do texto de José Reis sobre experimentação, para que os estudantes explicitem seus conhecimentos prévios sobre os assuntos. Esses registros serão recolhidos pela professora ao final da aula e fotocopiados para posterior análise.

Na terceira etapa, em sala de aula, os registros do momento da leitura (etapa dois) são distribuídos e os estudantes serão estimulados a ler suas anotações ou falar sobre seus registros com espaço para discussão em grande grupo. Após a discussão, os estudantes serão convidados a registrar individualmente suas conclusões na forma de um resumo e fazer perguntas. Esses registros serão recolhidos pela professora pesquisadora e fotocopiados para posterior análise.

Cronograma: o trabalho será desenvolvido em 4 aulas: 2 aulas para a primeira e segunda etapas de leitura do capítulo II do livro *Aventuras no mundo da ciência*; 2 aulas para a realização da terceira etapa, discussão e registro (individual) sobre impressões suscitadas pela leitura.

Recursos de ensino: como recursos, serão utilizadas cópias de transcrição do capítulo II do livro *Aventuras no mundo da ciência* (roteiro da atividade); um exemplar do livro (para ilustração); quadro branco; caneta para quadro branco; lápis; caneta; borracha; fotocópias dos roteiros (apêndice F).

Avaliação: acontecerá durante todo o processo de desenvolvimento da atividade, com uma finalidade formativa que possibilite a reformulação das estratégias sempre que forem necessárias, considerando a participação e o desenvolvimento dos estudantes.

Excertos do texto sobre experimentação com possibilidade de discussão:

A Carlito o que mais interessava eram os laboratórios de microbiologia. E estes são relativamente simples. Armários e longas mesas, balanças, geladeiras, estufas, centrífugos, aparelhos de filtração, equipamento para dissecação de pequenos animais... Algumas gaiolas com animais vivos à espera de serem injetados, ou já contaminados e em via de observação. E também, é claro, os microscópios (REIS, 1954, p.15).²²

*

²²Discussão sobre experimentação animal na ciência:

- Os cientistas podem fazer pesquisas com animais não humanos nos laboratórios? Qual sua opinião sobre isso?

Nos biotérios conservam-se os animais destinados às pesquisas, ou já submetidos à experimentação. Coelhos, cobaias, ratos, camundongos, pombos, galinhas, macacos, furões, cães, tatus, tudo isto serve para experiência; todos têm pago seu tributo à ciência, deixando-se infetar, operar, matar, autopsiar. Que seria de nossos conhecimentos sobre a tuberculose e a difteria, sem o sacrifício diário das cobaias? de nossos progressos no estudo da febre amarela, sem os camundongos? da vacinação antirrábica, sem o coelho? do conhecimento da paralisia infantil, sem o macaco? dos estudos sobre a gripe, sem o furão? da dosagem de muitas toxinas e antitoxinas, sem os pombos? E que teria sido de nossa bacteriologia toda, no que se refere ao processo da vacinação, sem as cacarejantes galinhas que a cólera tão impiedosamente dizima, como bem sabe o nosso Carlito?

Junto dos biotérios estão as cocheiras, onde se encontram cavalos, carneiros e bois. Cada um deles possui sua utilidade e tem representado dignamente o seu papel na história da medicina²³ (REIS, 1954, p.20).

²³ Faça perguntas relacionadas com a utilização de animais não humanos em experimentos em laboratórios de pesquisa.

APÊNDICE C – Plano de aula – experimento: cultivando bactérias

Ano/turma: 7º ano

Componente curricular: Ciências da Natureza

Quantidade de aulas: 4 aulas (divididas em dois dias com aula dupla)

Atividade em grupo com registro individual

Objetivos:

- traçar hipóteses, observar e discutir sobre a existência de bactérias, como se propagam em meio apropriado;
- discutir aspectos sobre experimentação, partindo da leitura do segundo capítulo da obra literária *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis;
- perceber e compreender aspectos sobre a formação das colônias de bactérias;
- promover a familiarização com material de laboratório.

Conteúdos de Ensino: características gerais sobre bactérias; materiais do laboratório; procedimentos de segurança e higiene.

Desenvolvimento: esta atividade será realizada nas aulas de ciências em conjunto com o professor regente da turma, porém, direcionada pela professora pesquisadora. A atividade será desenvolvida partindo-se da leitura compartilhada de um capítulo do texto *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis.

Após a leitura sistemática, os estudantes serão divididos aleatoriamente em grupos de trabalho (no máximo 4 integrantes), e farão individualmente e por escrito uma previsão (Apêndice G²⁴), baseando-se em seus entendimentos prévios:

Com base em seus conhecimentos (fora da escola; aulas anteriores; leituras diversas e leitura do texto de José Reis), discuta com seus colegas que locais ou objetos aqui da escola você considera que possam ter bactérias? Por quê? (Anote no roteiro individualmente).

As hipóteses serão discutidas inicialmente nos pequenos grupos de quatro integrantes e depois no grande grupo, para que sejam distribuídos os locais de coleta sem repetição e com a segurança dos estudantes. Neste momento, a professora faz um registro do acordo coletivo sobre os locais de coleta.

²⁴Roteiro distribuído individualmente para a realização dos experimentos, este registro fará parte do *corpus* de análise da presente pesquisa.

Com a autorização da professora pesquisadora, os estudantes, devidamente orientados e paramentados com luvas de procedimento, fazem a coleta com um cotonete em dois locais com possibilidade de ocorrência de microrganismos e executam os procedimentos conforme descrito no roteiro (apêndice G).

As placas de petri serão devidamente acomodadas no laboratório de ciências e os roteiros serão recolhidos pela professora pesquisadora para a aula posterior, que deverá acontecer em uma semana (tempo para o crescimento e desenvolvimento de bactérias).

Na aula posterior, os estudantes farão a observação das placas (etapa “observação” da estratégia POE) e farão as anotações no roteiro sobre o que foi observado. Após a observação, os estudantes irão confrontar suas hipóteses iniciais registradas com o observado (terceira etapa da estratégia POE), traçar explicações sobre o esperado e o que foi observado. E, finalmente, concluir o experimento registrando seus resultados no roteiro.

Cronograma: o trabalho será desenvolvido em 4 aulas - 2 aulas para a etapa “predizer” e para iniciar a observação, e 2 aulas para finalizar a observação e a etapa explicação.

Recursos de ensino: como recursos para esta aula serão utilizados materiais para a confecção do meio de cultura, que será providenciado previamente pela professora pesquisadora: placas de petri; gelatina incolor; caldo de carne; panela de pressão; recipiente com água potável; luvas de procedimento. Materiais para execução do experimento: caneta permanente; fita adesiva; cotonetes; cópias de roteiro; caneta; lápis; borracha; quadro branco; canetão; luvas de procedimento; fotocópias dos roteiros (apêndice G).

Avaliação: será desenvolvida no decorrer do processo, com o objetivo de identificar pontos de dúvida dos estudantes e estabelecer estratégias para que possam ser sanados de modo que os estudantes possam desenvolver a atividade e compreender seus objetivos.

APÊNDICE D – Plano de aula - leitura: bactérias e indicadores químicos

Ano/turma: 9º ano

Componente curricular: Ciências da Natureza

Quantidade de aulas: 4 aulas (divididas em dois dias com aula dupla)

Atividade individual

Os objetivos descritos neste plano de aula estarão relacionados à atividade de leitura do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*:

- favorecer a aprendizagem do ato de ler, por meio da leitura do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*;
- promover a leitura do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*;
- relacionar crescimento de microrganismos e o pH do meio;
- discutir aspectos sobre experimentação, partindo da leitura do terceiro capítulo da obra literária *Aventuras no mundo da ciência*;
- favorecer a apropriação do conteúdo sobre bactérias e a possibilidade de indicação química em meios de cultura.

Conteúdos: características gerais sobre bactérias e a relação com o pH do meio; experimentação como conteúdo da ciência e aspectos sobre leitura.

Desenvolvimento: esta atividade será realizada nas aulas de ciências em conjunto com o professor regente da turma, porém, direcionada pela professora pesquisadora. A atividade será desenvolvida por meio da leitura do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis. A atividade de leitura acontecerá em três etapas, sendo que a segunda acontecerá como tarefa para casa, de maneira individual.

Primeira etapa (2 horas/aula - aula dupla); terceira etapa (2 horas/aula-aula dupla).

Na primeira etapa de leitura os estudantes receberão a transcrição do capítulo III do livro (Apêndice H). A professora pesquisadora procederá à apresentação do autor, obra, capítulo a ser lido, e discutirá estratégias de leitura inspiradas por Solé (2009).

Esta estratégia conta com três partes: antes da leitura (para compreender); durante a leitura (construindo a compreensão) e depois da

leitura (continuar compreendendo). Antes da leitura – Obter conhecimentos sobre o texto, de que gênero se trata, o que esperar do gênero, como podemos fazer a leitura, quais os objetivos são esperados com a leitura de tal texto. Perante as informações sobre o texto, o leitor pode estabelecer relações com seus conhecimentos prévios e traçar previsões. Os alunos também podem fazer perguntas sobre o assunto do texto; quando se formulam perguntas sobre o texto se pode tomar ciência do que se conhece e do que não se conhece sobre o assunto. Nesta etapa, o professor pode interferir e ajustar, reformulando perguntas. Na compreensão durante a leitura, trata-se de que o leitor possa estabelecer previsões sobre o que está lendo: formular previsões sobre o texto; formular perguntas sobre o que foi lido; esclarecer possíveis dúvidas sobre o texto e resumir as ideias do texto. Para continuar compreendendo depois da leitura, há sistematização das ideias principais com resposta a perguntas e com a construção de resumo, baseados nas ideias encontradas durante a leitura.

Antes da leitura, os estudantes responderão individualmente e por escrito o roteiro de questões²⁵, como parte das previsões que poderão ser desencadeadas pelo texto. Depois do registro individual em aula, as respostas serão discutidas no grande grupo com a exposição e posicionamento dos estudantes.

Questões que possam desencadear previsões iniciais sobre a leitura do capítulo III (antes da leitura). As questões apresentadas são as seguintes:

- a. Como você imagina que é o trabalho dos cientistas em um laboratório?
- b. Os cientistas podem fazer pesquisas com animais não humanos em laboratórios. Qual sua opinião sobre isso?
- c. Os cientistas fazem experimentos em humanos? Qual a sua opinião sobre isso?
- d. Faça perguntas relacionadas com a utilização de animais em experimentos em laboratórios de pesquisa.

Depois da discussão desencadeada pelas respostas dos estudantes, a leitura será iniciada de maneira intercalada, com momentos de leitura em voz alta e momentos de leitura silenciosa, estimuladas por

²⁵ Como articulação entre as partes dois e três desta pesquisa, serão desenvolvidas questões que contemplem as discussões desencadeadas pelos fragmentos do texto de José Reis sobre experimentação, para que os estudantes explicitem seus conhecimentos prévios sobre os assuntos. Esses registros serão recolhidos pela professora ao final da aula e fotocopiados para posterior análise.

momentos de questionamentos. Os estudantes terão a liberdade de questionar e colocar seu posicionamento durante o processo de leitura. A finalização da leitura será feita em casa, de maneira individual, utilizando as estratégias discutidas em sala de aula. Esta será a segunda etapa. Como parte da tarefa, os estudantes farão registros de pontos que considerem relevantes para discussão e/ou explicação: podem fazer perguntas aos personagens, observações, questionamentos para todo o grupo ou professores. Os registros dos estudantes relativos à segunda etapa serão recolhidos para organização e condução da terceira etapa, que acontecerá em uma próxima aula.

Na terceira etapa, em sala de aula, os registros do momento da leitura (etapa dois) são distribuídos e os estudantes serão estimulados a ler suas anotações ou falar sobre seus registros, com espaço para discussão em grande grupo. Após a discussão, os estudantes serão convidados a registrar individualmente suas conclusões na forma de um resumo e fazer perguntas (apêndice H). Esses registros serão recolhidos pela professora pesquisadora e fotocopiados para posterior análise.

Cronograma: o trabalho será desenvolvido em 4 aulas: 2 aulas para a primeira e segunda etapas de leitura do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*; 2 aulas para a realização da terceira etapa, discussão e registro (individual) sobre impressões suscitadas pela leitura.

Recursos de ensino: como recursos serão utilizadas cópias de transcrição do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência* (roteiro da atividade); um exemplar do livro (para ilustração); quadro branco; caneta para quadro branco; lápis; caneta; borracha; fotocópias dos roteiros (apêndice H).

Avaliação: acontecerá durante todo o processo de desenvolvimento da atividade, com uma finalidade formativa que possibilite a reformulação das estratégias sempre que for necessária, considerando a participação e o desenvolvimento dos estudantes.

Excertos do texto sobre experimentação com possibilidade de discussão:

Não fora sonho, mas antes uma sucessão de cenas confusas em que apareciam microscópios, tubos de cultura, estufas, macacos e cobaias, cientistas e

técnicos, gaiolas de animais, enfim tudo o que vira no dia anterior. (REIS, 1954, p.24)²⁶

*

Carlito não cabia em si de entusiasmo. Era como se cada vez mais penetrasse num mundo novo e extraordinário. Não podendo conter-se, começou a falar de sua admiração por tudo o que via, pelo Instituto, suas instalações, seu pessoal e seus mortos. Os mortos, especialmente, o preocupavam. Quem passasse por fora daquele belo edifício mal poderia imaginar as tragédias esquecidas que, às vezes, ali se tinham desenrolado, quando um dos seus pesquisadores, desbravando caminhos ainda desconhecidos, caía vítima de doença traiçoeira! (REIS, 1954, p.27).²⁷

²⁶ Como você imagina que é o trabalho dos cientistas em um laboratório? Os cientistas podem fazer pesquisas com animais não humanos em laboratórios. Qual sua opinião sobre isso?

²⁷ Os cientistas fazem experimentos em humanos? Qual a sua opinião sobre isso?

Faça perguntas relacionadas com a utilização de animais em experimentos em laboratórios de pesquisa.

APÊNDICE E – Plano de aula - experimento: bactérias e indicadores químicos

Ano/turma: 9º ano

Componente curricular: Ciências da Natureza

Quantidade de aulas: 4 aulas (divididas em dois dias com aulas duplas)

Atividade em grupo com registro individual

Objetivos:

- traçar hipóteses, observar e discutir sobre a existência de bactérias, como se propagam em meio apropriado;
- discutir aspectos sobre experimentação, partindo da leitura do terceiro capítulo da obra literária *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis;
- perceber e compreender aspectos sobre a formação das colônias de bactérias;
- identificar a diferença de pH dos meios de cultura;
- promover a familiarização com o material de laboratório.

Conteúdos de Ensino: características gerais sobre bactérias e a relação com a identificação do pH do meio; materiais do laboratório; procedimentos de segurança e higiene.

Desenvolvimento: esta atividade será realizada nas aulas de ciências em conjunto com o professor regente da turma, porém, direcionada pela professora pesquisadora. A atividade será desenvolvida após a leitura do capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*, do autor José Reis. A leitura será inspirada na estratégia de leitura de Solé (2009).

Após a leitura sistemática, os estudantes serão divididos aleatoriamente em grupos de trabalho (no máximo 4 integrantes), e farão individualmente e por escrito uma previsão (Apêndice I²⁸), baseando-se em seus entendimentos prévios.

Com base em seus conhecimentos (fora da escola; aulas anteriores; leituras diversas e leitura do texto de José Reis), discuta com seus colegas: que locais ou objetos aqui da escola você considera que possam ter bactérias? Como poderíamos identificá-los ou diferenciá-los? (Anoto no roteiro individualmente).

²⁸ Roteiro distribuído individualmente para a realização dos experimentos, este registro fará parte do *corpus* de análise da presente pesquisa.

Com a autorização da professora pesquisadora, os estudantes, devidamente orientados e paramentados com luvas de procedimento, fazem a coleta com um cotonete em dois locais em que julgarem possível a ocorrência de bactérias e executam os procedimentos conforme descrito no roteiro (Apêndice I).

Após a execução do procedimento, os estudantes são estimulados a fazerem os registros no roteiro e, mais uma vez, estabelecerem hipóteses sobre o que poderá acontecer (anotando no roteiro).

As placas de petri serão devidamente acomodadas no laboratório de ciências, e os roteiros serão recolhidos pela professora pesquisadora para a aula posterior, que deverá acontecer em uma semana (tempo para o crescimento e desenvolvimento de bactérias).

Na aula posterior, os estudantes farão a observação das placas com o auxílio de uma escala de pH colorida, fornecida pela professora pesquisadora (etapa “observação” da estratégia POE) e farão as anotações no roteiro sobre o que foi observado. Após a observação, os estudantes irão confrontar suas hipóteses iniciais registradas com o observado (terceira etapa da estratégia POE), traçar explicações sobre o esperado e o que foi observado. E, finalmente, concluir o experimento registrando seus resultados no roteiro.

Cronograma: o trabalho será desenvolvido em 4 aulas: 2 aulas para a etapa “predizer” e para iniciar a observação, e 2 aulas para finalizar a observação e para a etapa “explicação”.

Recursos de ensino: como recursos para esta aula serão utilizados materiais para a confecção do meio de cultura, que será providenciado previamente pela professora pesquisadora: placas de petri; gelatina incolor; caldo de carne; panela de pressão; repolho roxo; batata; recipiente com água potável; luvas de procedimento.

Materiais para execução do experimento: caneta permanente; fita adesiva; cotonetes; cópias de roteiro; caneta; lápis; borracha; quadro branco; canetão; luvas de procedimento; escala de pH colorida; fotocópia dos roteiros (apêndice I).

Avaliação: as avaliações desta atividade serão desenvolvidas no decorrer do processo, com o objetivo de identificar pontos de dúvida dos estudantes e estabelecer estratégias para que possam ser sanados, de

modo que os estudantes possam desenvolver a atividade e compreender seus objetivos.

APÊNDICE F– Roteiro de leitura: cultivando bactérias**Componente curricular: Ciências da Natureza**

Estudante: _____ Série/Turma: _____

Início da atividade: ___/___/2015

Término da atividade: ___/___/2015

Atividade de experimentação com utilização da leitura de um capítulo do livro *Aventuras no mundo da ciência*

Para a realização da atividade de experimentação articulada à leitura literária, propomos a utilização de estratégias com o propósito de facilitar a compreensão da leitura. Esta estratégia de leitura conta com três partes: antes da leitura (para compreender); durante a leitura (construindo a compreensão) e depois da leitura (continuar compreendendo).

Antes da leitura, obter conhecimentos básicos sobre o texto, quais objetivos são esperados com a leitura de tal texto. O leitor relaciona seus conhecimentos prévios e traça previsões, formulando perguntas sobre ele. Nesta etapa, o professor pode interferir reformulando perguntas.

Durante a leitura, trata-se de que o leitor possa estabelecer previsões sobre o que está lendo; formular perguntas sobre o que foi lido; esclarecer possíveis dúvidas sobre o texto e resumir as ideias do texto.

Depois da leitura, é feita a sistematização de ideias principais, a resposta de perguntas e a construção de resumo, baseados nas ideias encontradas durante a leitura.



Figura 1.1 — Foto de José Reis

Fonte: <<http://www.cnpq.br/web/guest/jose-reis>>. Acesso em: 15 set. 2015.

O autor: José Reis (1907 — 2002), jornalista especializado em divulgação da ciência, cientista, editor e escritor (Figura 1).

Pesquisador do Instituto Biológico (Rio de Janeiro), foi um dos precursores da divulgação científica no Brasil. Dedicava-se a escrever textos para popularização da ciência em jornais, revistas, folhetos dirigidos e livros. Realizava palestras e visitas a laboratórios escolares. Através de seu trabalho nasceram clubes, feiras e concursos de ciência.

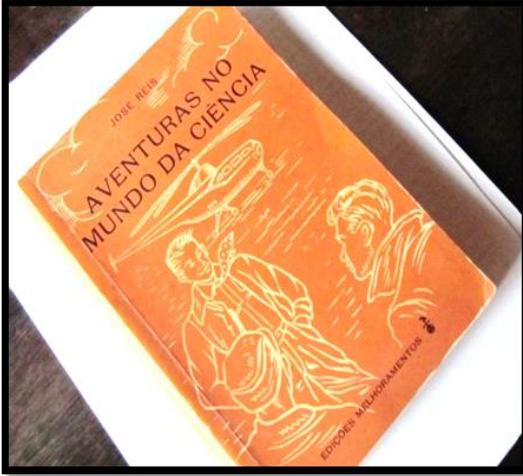


Figura 1.2 — Imagem do livro *Aventuras no mundo da ciência*
Fonte: Fotografia de Simone dos Santos Ribeiro

O livro: Em meados de 1950, José Reis escreveu o livro Infanto-Juvenil *Aventuras no mundo da ciência* (Figura 2). Conta a história de Carlito, um jovem do interior que vai até o Instituto de Pesquisas Médicas à procura de uma solução para as epidemias de cólera que acometem sua criação de galinhas. Lá, ele mergulha no mundo da ciência, observando de perto o dia a dia dos cientistas de diversas áreas relacionadas à saúde. E lá também ele conhece Mariana, auxiliar de laboratório com quem iniciará um romance. Além de expor como são os trabalhos de microbiologistas, bacteriologistas e outros grupos de pesquisadores, a trama aborda outros aspectos da pesquisa científica.

Questões sobre os conhecimentos prévios (respostas individuais):

- Como você imagina que é o trabalho dos cientistas em um laboratório?

O INSTITUTO DE PESQUISAS MÉDICAS

O Instituto tinha por finalidade o estudo das doenças, para melhor as poder combater. Procurava examiná-las de todos os ângulos possíveis. Em seus laboratórios, os mais diversos cientistas faziam experiências que à primeira vista talvez não apresentassem relação alguma entre si, mas que visavam, na verdade, a uma ideia única: a luta contra a doença.

Com efeito, enquanto uns procuravam descobrir meios e modos eficientes de destruir os micróbios, usando para isto substâncias químicas e toda sorte de raios físicos, outros se lançavam na direção oposta, esforçando-se para criar os micróbios e provocar doenças; enquanto uns tratavam de descobrir meios de reforçar a resistência dos organismos contra as moléstias, outros buscavam o contrário, isto é, maneiras de os tornar presa fácil dos germes. Ao lado dos que tentavam destruir as células do corpo com poderosos aparelhos físicos, havia os que se dedicavam à tarefa de fazer crescer, dentro de tubos e aparelhos de vidro, órgãos inteiros tirados do corpo humano ou dos animais. E como também ocorrem doenças nas plantas, era possível contemplar, trabalhando lado a lado, cientistas que faziam os tecidos vegetais se desenvolverem dentro de tubos de vidro, e cientistas que se compraziam em fazer que as plantas adoecessem e morressem...

Para serem estudados e resolvidos, todos esses problemas exigiam a colaboração de dezenas e dezenas de especialistas. Eram médicos, químicos, físicos, bacteriólogos, zoólogos, fisiólogos, cada qual lavrando certo terreno, todos, porém, querendo, em última análise, conjugar esforços e combinar soluções para o mesmo fim: afastar para mais longe, cada vez para mais longe, o espectro da doença; dar ao homem vida mais sadia e longa; contribuir para que a humanidade possa viver mais tranquila e saudável...

Cada cientista tinha o seu laboratório e os seus auxiliares; cada laboratório compreendia várias salas, pelas quais se distribuíam os aparelhos e os elementos de trabalho. Algumas das salas eram particularmente complicadas e até lembravam ambientes fantásticos, quando se punham a funcionar as máquinas enormes, alimentadas por altas tensões elétricas, e com algumas partes fortemente protegidas e blindadas, nas quais se liam assustadores avisos: «Cuidado! Alta voltagem». Outras tinham o aspecto de farmácias pacíficas, com seus tubos de vidro e pequenas retortas, ao lado de muitas drogas de cores variadas. Em algumas havia dispositivos para proteger as pessoas do perigo de contrair doenças muito contagiosas: portas duplas de tela muito fina, gabinetes de vidro esterilizados por meio de raios

ultravioleta, cubículos onde as pessoas só poderiam entrar depois de vestidas com roupas especiais, completadas por esquisitas máscaras que davam a quem as usava o aspecto de escafandristas ou de soldados protegidos contra gases venenosos...

Também existiam salas geladas, onde os cientistas entravam convenientemente agasalhados e dentro das quais operavam, às vezes, complicados aparelhos.

Em alguns laboratórios balanças sensibilíssimas, encerradas em compartimentos antimagnéticos, assentavam sobre pilares que mergulhavam fundo na terra, sem ligação com as paredes do prédio, para evitar vibrações.

No departamento de fisiologia numerosos os aparelhos registradores marcavam com precisão, em pedaços de papel negro, as menores variações ocorridas dentro do corpo do homem e dos animais sob ação de certas drogas ou de certas excitações físicas.

Aparelhos de raio X permitiam apreciar dentro do organismo dos animais e das plantas, a evolução de certos processos, que se tornavam visíveis graças ao emprego dos isótopos radioativos, os quais brilhavam como faíscas aos olhos das placas fotográficas.

Aqui e ali, finalmente, podiam-se contemplar os sinais palpáveis de grandes derrotas dos cientistas, no seu afã de investigar e às vezes dominar a natureza. Em laboratório quase em ruínas, um amontoado de ferros retorcidos chamava a atenção do observador; em meio à destruição, o esqueleto de grande centrífugo que os cientistas haviam procurado construir, acionado por ar comprimido, com o fim de submeter as partículas microscópicas à ação de tremenda força centrífuga. Era o primeiro ultracentrífugo que se procurara fazer; o resultado ali estava, desolador. Outras tentativas vieram depois, muitas outras e o último modelo do aparelho funcionava agora numa sala nova, cheia de canos e medidores...

A Carlito o que mais interessava eram os laboratórios de microbiologia. E estes são relativamente simples. Armários e longas mesas, balanças, geladeiras, estufas, centrífugos, aparelhos de filtração, equipamento para dissecação de pequenos animais... Algumas gaiolas com animais vivos à espera de serem injetados, ou já contaminados e em via de observação. E também, é claro, os microscópios. Embora os laboratórios se pareçam uns com outros, a verdade é que neles se lida com objetos bastante diversos. A palavra microbiologia abrange o estudo de seres muito diferentes.

Que vem a ser, com efeito, a microbiologia? É o estudo dos micróbios, como zoologia é o estudo dos animais; a fitologia (ou

botânica), o das plantas; geologia, o da terra; a mineralogia, o dos minerais....

Muito se enganaria, porém, quem imaginasse que todos os micróbios fossem iguais ou parecidos. São seres muito simples, é certo, em geral só visíveis com auxílio do microscópio, ou invisíveis, porém alguns têm natureza animal e outros, vegetal. Os animais são os chamados protozoários. Os vegetais são as bactérias e os fungos.

Para ter ideia do que sejam os fungos, basta que pensemos no mofo que aparece nos lugares úmidos e mal ventilados, sobre o couro, a capa dos livros, o queijo, os líquidos açucarados. Todo mundo conhece esses fungos, que formam espécie de tapete sedoso; se olhássemos esse tapete através de lentes fortes veríamos filamentos entrelaçados e presos uns aos outros, verdadeira rede na qual alguns fios se diferenciam para a reprodução. Nesses fios especiais formam-se, então, coisas que, guardadas as imensas diferenças de tamanho, poderíamos comparar, de maneira muito grosseira, às flores das árvores, pois encerram minúsculas partículas que, à semelhança das sementes, dão nascimento a novo ser, quando caem em terreno apropriado. Os cogumelos de chapéu, que se encontram nos lugares sombrios e úmidos, e que são conhecidos por tantos nomes diferentes, entre eles o de chapéu do diabo, também são fungos. Será inútil arregalar os olhos diante daquilo que poderá parecer uma tolice dos sábios: chamar de micróbios, que quer dizer seres pequeníssimos, e que nós dissemos serem em geral invisíveis, plantas que podem adquirir tamanhos tão apreciáveis! Mas não é tolice. É questão apenas de comodidade no falar, para abranger todos os seres que nos interessam de modo especial, como agentes das doenças ou fermentações. O cogumelo de chapéu não está precisamente neste caso, mas alguns parentes seus são causadores de doenças vegetais.

Ao contrário dos fungos, as bactérias são seres realmente pequeníssimos e sempre de espantosa simplicidade. Entretanto, quantas transformações operam com o seu trabalho! Uma são compridas e finas, outras encurvadas ou sinuosas, outras ainda são mínimas esferas que vivem isoladas ou em montinhos ou cadeias, algumas podiam mover-se e para isso possuem finíssimos apêndices, semelhantes a pelos. O tamanho das bactérias? Varia naturalmente com a espécie do micróbio mas podemos considerar como média o tamanho de 1 micro, que quer dizer a milésima parte de um milímetro. Se arrumadas em fila, uma encostada à outra, mil dessas bactérias caberiam no espaço de um milímetro. Por aí se pode imaginar o seu porte.

As bactérias reproduzem-se de maneira muito simples: ao fim de pouco tempo cada uma se parte pelo meio em duas novas, as quais

por sua vez se dividem em outras duas, e assim por diante. Isto acontece em algumas horas se deixarmos cair umas poucas bactérias sobre uma superfície em que encontrem alimento, no dia seguinte elas terão se transformado em milhões. E esses milhões de bactérias acumuladas num único ponto formam já um montinho que pode ser visto, embora cada uma, isoladamente, seja invisível. Tais montinhos são o que chamamos colônias, as quais assumem aspectos diversos, conforme as bactérias que as constituem. Algumas formam colônias arredondadas e lisas, outras irregulares e cheias de filamentos, como novelos embaraçados ou cabeleiras revoltas. Há ainda uma infinidade de outras formas de colônias, pelas quais o microbiologista pode, às vezes, reconhecer o micróbio sem olhá-lo no microscópio.

— Que lindas! exclamou Carlito, olhando algumas placas em que se viam colônias de micróbios comuns no ar. Certas colônias pareciam véus delicados a cobrir toda a placa, outras simulavam folhas, com suas nervuras, ou finas raízes a fugir do eixo da planta, outras ainda pareciam veludosos tapetes, delicadamente tecidos por milhões de seres invisíveis.

Quando se encontram em ambiente impróprio algumas bactérias recorrem a um processo especial que lhes permite sobreviver, formam esporos, pequeninos grãos resistentes e capazes de durar muito tempo. Se as condições melhoram, esses grãos germinam, como se fossem sementes, e dão nascimento a uma nova bactéria. É assim que os germes de certas doenças permanecem no solo através dos anos, os micróbios morrem, mas em seu lugar ficam os esporos que produzirão novas bactérias, iguais, quando as condições ambientais se tornarem favoráveis.

Carlito, habituado à vida de fazenda, conhecia muito bem o carbúnculo, doença que dá no gado, em certas zonas. Mas não sabia que existem campos cuja torra se acha contaminada pelos esporos do micróbio desse mal, as quais resistem anos a fio. Soltando-se os bois nesses pastos, os esporos penetram através de pequenas feridas e logo dão origem aos micróbios que, em pouco tempo, matam os animais. Também o terrível tétano se contrai através de esporos que ficam na terra, especialmente na que é adubada com esterco.

Os protozoários são bem mais complicados e maiores que as bactérias, embora também invisíveis a olho nu. Suas formas mais simples são as amebas, vagarosos seres que caminham deformando o corpo, espichando-o ou contraindo-o. Mais complexos são os flagelados, possuidores de longos e finos apêndices ou flagelos, que vibram como chicotes e que às vezes se prendem no corpo, em certa extensão, por

transparentes e onduladas membranas; os ciliados, cujo corpo, todo revestido de pequeninos cílios que estão sempre a vibrar, às vezes possuem aberturas parecidas com bocas primitivas; os esporozoários, que têm vida extremamente complicada, uma boa parte da qual às vezes se passa dentro dos tecidos ou órgãos de outros animais.

Entre as bactérias, os fungos e os protozoários, encontram-se muitas espécies causadoras de doenças. A febre tifoide, a disenteria bacilar, a tuberculose, a morfeia, a furunculose, a difteria, e o tétano são doenças causadas por bactérias; também a cólera das galinhas, de que Carlito se irá ocupar com o Dr. Nélon, é produzida por bactéria. A maleita, a doença de Chagas e a disenteria amebiana são provocadas por protozoários, que também entre os animais causam grandes devastações, como a «tristeza» dos bovinos e as coccidíoses. São causadas por fungos, entre outras doenças, as tinhas e uma porção de moléstias da pele, das cavidades do corpo e dos pulmões.

— Puxa! exclamou Carlito, contemplando os quadros que Mariana lhe mostrava, nos quais se viam diversas formas de bactérias, fungos e protozoários. Olhando para a variedade de bichos e plantas que há na superfície da terra, a gente imagina que seja impossível existirem outras formas diferentes dessas... Entretanto, aí está o mundo invisível, tão variado como o outro...

— E também há um *mundo mais invisível ainda*, disse Mariana, sorrindo.

Com efeito, por menores que sejam, as bactérias, os fungos e os protozoários sempre podem ser vistos com auxílio do microscópio, o precioso instrumento tão ligado ao progresso da humanidade. Muito além dessas formas, porém, inteiramente fora do alcance de nossos olhos, mesmo quando auxiliados pelos melhores microscópios, ficam os *vírus*. Ainda hoje os cientistas discutem se eles são micróbios como as bactérias, isto é, seres vivos dotados de forma e estrutura, ou se são simples substâncias químicas, desprovidas de vida e semelhantes aos fermentos que operam dentro de nós, a digestão dos alimentos, como a ptialina da saliva, que digere os amiláceos, a tripsina do suco pancreático, que ataca as albuminas, a pepsina do estômago...

Seres vivos ou não, o fato é que os vírus produzem doenças, e graves: a febre amarela, a gripe, o resfriado, a paralisia infantil... Atacam as próprias bactérias, dissolvendo-as. Atacam animais e plantas. É claro que não há um vírus só. Há muitos, cada um deles responsável por uma determinada doença.

Se invisíveis nos microscópios comuns, pode entretanto surpreendê-los e fotografá-los o microscópio eletrônico, complicado

aparelho que, ao contrário do microscópio comum, não se encontra sobre as mesas dos pesquisadores, nem se transporta facilmente na mão, de um lugar para outro. É um aparelho de grandes dimensões, no qual as lentes de vidro do microscópio comum foram substituídas por engenhosos dispositivos eletromagnéticos, e cuja operação é muito mais complicada que a dos microscópios comuns, que qualquer pessoa pode fazer funcionar sem dificuldade.

O microscópio eletrônico do Instituto estava instalado em uma sala especial. Havia um corpo de especialistas só para trabalhar com ele. Quando Carlito viu o extraordinário aparelho, que pode dar fotografias de micróbios aumentados 25.000 vezes (no microscópio comum temos aumentos de 1.000 vezes), os especialistas estavam muito contentes contemplando a luta de um bacilo com um bacteriófago, que é o vírus que ataca as bactérias; mostravam cheios de entusiasmo o bacilo penetrado pelas partículas do vírus, que o faziam explodir...

Pois bem, esses diversos micróbios, e também os vírus, eram estudados em laboratórios separados, nos quais trabalhavam bacteriologistas protozoologistas, micologistas, virologistas. Destas palavras, a única que não se entende facilmente é micologista: designa os que se ocupam com os fungos, cujo estudo se chama micologia.

— Estudar coisinhas tão pequenas deve ser muito complicado, não? perguntou Carlito, que se sentia atarantado diante da possibilidade de apreciar tantos fenômenos passados num mundo totalmente invisível aos nossos olhos desarmados.

— Nem tanto, respondeu Mariana. Para pessoas estudiosas e inteligentes a coisa é relativamente simples...

Nos seus trabalhos, os microbiologistas têm de percorrer um longo caminho: observam os micróbios, para bem lhes reconhecer a forma, o tamanho e os hábitos; cultivam-nos ou procuram cultivá-los dentro de tubos ou balões de vidro nos quais colocam certos líquidos ou geleias; injetam-nos em animais ou plantas, para estudar as doenças que causam e, finalmente, procuram descobrir meios e modos de destruí-los e curar ou evitar as moléstias que produzam.

Nem todos os micróbios podem ser cultivados dentro de balões ou tubos. Há alguns que até hoje resistem à astúcia dos sábios e só crescem no corpo dos doentes. Uma boa quantidade, porém, já foi domada e pode ser criada no laboratório, em meios líquidos ou sólidos, em que entram substâncias diversas. Os vírus, porém, só podem ser cultivados em meios nos quais existam fragmentos de tecidos vivos, ou então dentro de ovos de galinha, em cujo interior se esteja formando um pinto; nos tecidos do embrião, isto é, do pintinho que começa a formar-

se, muitos vírus se multiplicam rapidamente. Para os que trabalham com vírus, o ovo embrionado é, hoje, um objeto tão importante como os tubos e balões cheios de meios nutritivos para os que trabalham com bactérias.

As muitas particularidades relativas ao cultivo dos micróbios e vírus, assim como ao seu estudo em geral, Carlito pôde ver à medida que, acompanhado de Mariana, ia penetrando nos laboratórios do Instituto, onde também deparava os mais variados tipos humanos: alegres e comunicativos uns, silenciosos e meditativos outros, todos porém tendo sempre diante de si um problema novo e complexo a resolver, uma batalha a vencer, algum mistério a desvendar. Mas os institutos não são apenas os laboratórios. Há uma série de outros serviços e instalações que auxiliam os cientistas.

Na biblioteca encontram-se livros e revistas em quantidade, cuidadosamente registrados e catalogados; num abrir e fechar de olhos é possível saber tudo aquilo que já se fez, em qualquer parte do mundo, sobre determinada doença ou micróbio.

Ao visitar o Instituto de Pesquisas Médicas, Carlito pôde ver de maneira clara como os esforços de todos os cientistas se articulam, em suave entendimento, para um fim comum; veio-lhe a impressão de que o Instituto era uma grande família, sendo a Ciência o sangue que a todos irmana. Se, muito alto, num avião, ele pudesse contemplar todos os institutos do mundo, teria a impressão de família ainda maior, formada não mais dos sábios de um instituto, mas dos pesquisadores de todos os estabelecimentos científicos do mundo, unidos pelos mesmos laços de idealismo e pelo mesmo sangue da Ciência, que é o propósito de obter conhecimento sempre mais profundo das coisas que nos cercam, e de nós mesmos, com o fim de chegarmos a uma vida melhor e mais digna, num mundo também melhor.

As bibliotecas são o coração que mantém circulando esse sangue. Os livros e as revistas representam, para os cientistas, o que as cartas são para os membros dispersos de uma grande família. No Rio de Janeiro ou no Ceilão, nas Índias Holandesas ou na Alemanha, em Londres ou em Chicago, a toda parte chegam as cartas dos cientistas, sob a forma de artigos, notas ou comunicações, levando a notícia das últimas descobertas, das últimas trincheiras conquistadas à trava da ignorância.

Nos biotérios conservam-se os animais destinados às pesquisas, ou já submetidos à experimentação. Coelhos, cobaias, ratos, camundongos, pombos, galinhas, macacos, furões, cães, tatus, tudo isto serve para experiência; todos têm pago seu tributo à ciência, deixando-se

infetar, operar, matar, autopsiar. Que seria de nossos conhecimentos sobre a tuberculose e a difteria, sem o sacrifício diário das cobaias? De nossos progressos no estudo da febre amarela, sem os camundongos? da vacinação, antirrábica, sem o coelho? do conhecimento da paralisia infantil, sem o macaco? dos estudos sobre a gripe, sem o furão? da dosagem de muitas toxinas e antitoxinas, sem os pombos? E que teria sido de nossa bacteriologia toda, no que se refere ao processo da vacinação, sem as cacarejantes galinhas que a cólera tão impiedosamente dizima, como bem sabe o nosso Carlito?

Junto dos biotérios estão as cocheiras, onde se encontram cavalos, carneiros e bois. Cada um deles possui sua utilidade e tem representado dignamente o seu papel na história da medicina.

E temos as vastas estufas e os ripados onde se abrigam as plantas inoculadas com doenças ou destinadas à experimentação. São o biotério vegetal.

Não é tudo ainda. Tantos laboratórios a trabalhar com micróbios e a cultivá-los exigem, naturalmente, uma grande cozinha onde se preparem os meios líquidos e sólidos, destinados à cultura dos germes. Nessa cozinha veem-se grandes pias, além de caldeiras e fornos para esterilizar toda a vidraria. No preparo dos meios entram, além de sais e substâncias diversas, extratos de carne, fígado, batata, vitaminas, sangue, conforme a receita que deva ser preparada. Sim, porque os ingredientes variam conforme o micróbio e a finalidade da cultura.

Em vários laboratórios Carlito poderia ter apreciado o trabalho histológico, que consiste em preparar delgados cortes de órgãos e partes animais ou vegetais, e colori-los para que possam ser convenientemente examinados. Nesses cortes os cientistas apreciam as devastações causadas pelos micróbios e pelas doenças nos diferentes pontos do corpo, e acompanham a luta do organismo contra os invasores. Podem ver, por exemplo, os elementos de defesa do corpo organizarem-se rapidamente como se fossem um exército, cercar os micróbios, aprisioná-los, digeri-los; e podem ver muitas coisas mais, que refletem a luta invisível de todas as partes do organismo, contra os seus assaltantes, também invisíveis. E as revoluções que às vezes acontecem dentro de nós? Os tumores são o resultado de movimentos desse tipo, que procuram perturbar a ordem natural das coisas... Mas isto ficaria para o fim. Carlito poderia apreciar com calma essas maravilhas no laboratório em que Mariana trabalhava, acompanhando passo a passo as várias fases do processo: retirar um pedacinho do órgão doente, colocá-lo num líquido capaz de impregná-lo profundamente, conservando todas as coisas em seus lugares, e impedindo a putrefação, retirar toda a água do

tecido e encharcá-lo de um bom dissolvente da parafina, depois passar o pedacinho de tecido para uma forminha com parafina líquida, mantida em estufa aquecida, afinal retirar a forminha da estufa e resfriá-la, obtendo um pequeno bloco branco, parecido com um cubinho de açúcar, dentro do qual se encontra, qual inseto conservado no âmbar, o pedacinho de tecido que terá de ser cortado em fatias finíssimas, de uns dez micra de espessura, isto é de um centésimo de milímetro...

Essas fatias se obtêm no micrótomo, máquina semelhante à de cortar frios, porém muito mais aperfeiçoada, e depois são coladas em lâminas de vidro e tingidas com diversos corantes, que ressaltam em tons e cores diferentes os vários elementos que constituem os órgãos e as partes do corpo. Agora, é só colocar a lâmina no microscópio e examinar. Mas aí é que começam as dificuldades, porque é preciso saber muita coisa para poder reconhecer os diversos elementos e órgãos, e dizer quando estão sadios ou doentes. Mesmo para quem não conhece estas coisas o aspecto que se descortina através do microscópio não deixa de ser fascinante. Experimentem vocês assim que puderem, e certamente sentirão o mesmo arrepio que Carlito sentiu. Quanta complexidade numa partícula ínfima de um pedacinho do corpo humano ou do corpo do verme mais vil!

A visita de Carlito terminou tarde, quando a maioria dos cientistas e técnicos se preparava para abandonar o Instituto, em busca de suas residências. Mariana não quis que ele se fosse sem primeiro ver o salão de conferências, onde semanalmente se reunia o pessoal do Instituto para que uns contassem aos outros as novidades que tinham observado em seus trabalhos, ou de que tinham sido informados.

Depois disto, voltaram ao laboratório, onde a moça deixou o avental branco e, após apanhar a bolsa e o capote, apagou cuidadosamente todos os bicos de gás. Ao descerem juntos a escadaria do Instituto, Carlito lembrou-se de perguntar quem eram as pessoas cujos retratos vira no salão principal da biblioteca.

— O retrato grande é de Pasteur. Os outros são de alguns membros do Instituto, que morreram em consequência de suas experiências.

— Vítimas da ciência, disse Carlito. Havia bem uns seis deles...

- É verdade: dois morreram de tifo exantemático, um de psitacose, dois de febre amarela e outro de infecção estreptocócica. Este último não teria certamente morrido se já tivéssemos as sulfamidas ou a penicilina.

E separaram-se, com um forte aperto de mão, diante do ônibus que Mariana deveria tomar (REIS, 1954 p.13-23).

**APÊNDICE G – Roteiro de atividade de experimento didático:
cultivando bactérias**

Disciplina: Ciências

Estudante: _____

Série/Turma: ____ Início da atividade: ____/____/2015

Término da atividade: ____/____/2015

Primeira etapa- Com base em seus conhecimentos (fora da escola, aulas anteriores, leituras diversas e leitura do texto de José Reis, por exemplo), que locais ou objetos aqui da escola você considera que possam ter bactérias? Por quê? (Anote no roteiro individualmente).

- Discuta com seus colegas de grupo possíveis locais de coleta de material. Anote a resposta, que não obrigatoriamente precisa expressar um consenso entre o grupo.

- Anote o local de coleta do seu grupo, de acordo com a definição feita para toda a turma.

Roteiro: Cultivo de bactérias

Material - meio de cultura (preparo prévio pela professora pesquisadora)

- 1 pacote de gelatina incolor
- 1 xícara de caldo de carne
- 1 copo de água
- Luvas de procedimento

Preparo - Dissolver a gelatina incolor na água, conforme instruções do pacote. Misturar ao caldo de carne, acondicionar nas placas de petri esterilizadas.

Material (para o experimento)

- Placas de petri com meio de cultura (recipiente plástico com tampa)
- Cotonetes
- Fita adesiva
- Caneta permanente
- Luvas de procedimento

Procedimento:

Coletar o material (passar o cotonete em locais onde se julgam ocorrer bactérias, com a concordância prévia da professora, de modo a evitar risco de contaminação).

Passar levemente o cotonete sobre o meio de cultura.

Tampar as placas de petri (recipientes plásticos).

Marcar com a caneta permanente na placa de petri (recipiente plástico) o local da coleta, e vedar a placa com fita adesiva.

Acomodar os meios de cultura no laboratório de ciências.

Fazer as anotações no roteiro.

Depois de uma semana, observar as alterações e anotar as suas interpretações sobre o que aconteceu.

Segunda etapa- Descreva qual o aspecto da placa depois do procedimento.

Terceira etapa - A placa apresenta aspecto diferente do inicial? O que você acredita que aconteceu? Por quê?

- Com base nos seus registros iniciais, o que você imaginou na aula anterior aconteceu? Explique.

- O que se pode interpretar a partir do que aconteceu no experimento, considerando suas previsões iniciais?

- Qual relação você faz entre o texto lido de José Reis e a atividade experimental?

Referências:

REIS, José. **Aventuras no mundo da ciência**. São Paulo: Melhoramentos, 1954. 175 p. (Conquistas).

REBOUÇAS, Marcia Maria. Aprender, tentando ensinar. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-3, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/grandesnomes/jose.php>>. Acesso em: 14 ago. 2014.

APÊNDICE H – Roteiro de leitura: bactérias e indicadores químicos

Componente curricular: Ciências da Natureza

Estudante: _____ Série/Turma: ____

Início da atividade: ___/___/2015

Término da atividade: ___/___/2015

Atividade de experimentação com utilização da leitura de um capítulo do livro *Aventuras no mundo da ciência*

Para a realização da atividade de experimentação articulada à leitura literária, propomos a utilização de estratégias com o propósito de facilitar a compreensão da leitura. Esta estratégia de leitura conta com três partes: antes da leitura (para compreender); durante a leitura (construindo a compreensão) e depois da leitura (continuar compreendendo).

Antes da leitura, obter conhecimentos básicos sobre o texto, quais os objetivos são esperados com a leitura de tal texto. O leitor relaciona seus conhecimentos prévios e traça previsões, formulando perguntas sobre ele. Nesta etapa, o professor pode interferir reformulando perguntas.

Durante a leitura, trata-se de que o leitor possa estabelecer previsões sobre o que está lendo; formular perguntas sobre o que foi lido; esclarecer possíveis dúvidas sobre o texto e resumir as ideias do texto.

Depois da leitura, a sistematização de ideias principais, a resposta a perguntas e a construção de resumo, baseados nas ideias encontradas durante a leitura.



Figura 1.1 — Foto de José Reis

Fonte: <<http://www.cnpq.br/web/guest/jose-reis>>. Acesso em: 15 set. 2015.

O autor: José Reis (1907 — 2002) (Figura 1), jornalista especializado em divulgação da ciência, cientista, editor e escritor.

Pesquisador do Instituto Biológico (Rio de Janeiro), foi um dos precursores da divulgação científica no Brasil. Dedicava-se a escrever textos para popularização da ciência em jornais, revistas, folhetos dirigidos e livros. Realizava palestras e visitas a laboratórios escolares. Através de seu trabalho nasceram clubes, feiras e concursos de ciência.

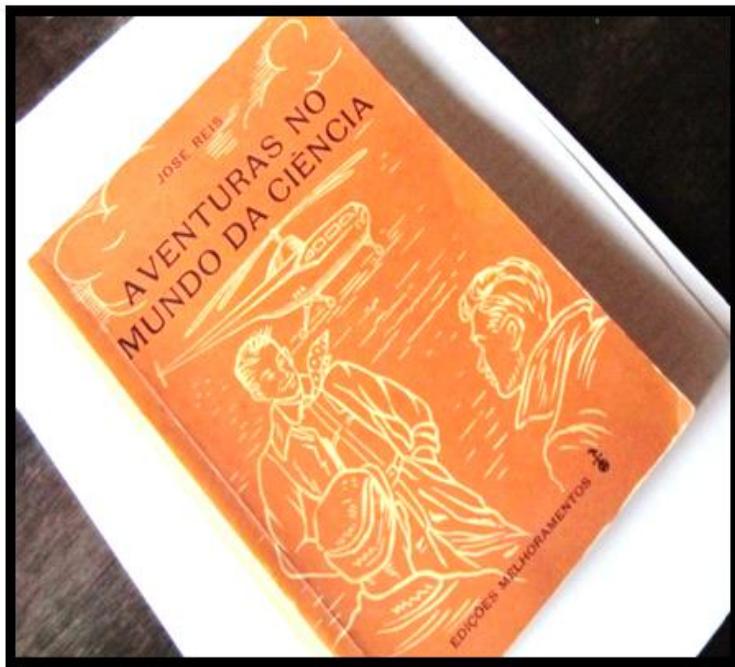


Figura 1.2 — Imagem do livro *Aventuras no mundo da ciência*
Fonte: Fotografia de Simone dos Santos Ribeiro

O livro: Em meados de 1950, José Reis escreveu o livro Infanto-Juvenil *Aventuras no mundo da ciência* (Figura 2). Conta a história de Carlito, um jovem do interior que vai até o Instituto de Pesquisas Médicas à procura de uma solução para as epidemias de cólera que acometem sua criação de galinhas. Lá, ele mergulha no mundo da ciência, observando de perto o dia a dia dos cientistas de diversas áreas relacionadas à saúde. E lá também ele conhece Mariana, auxiliar de laboratório com quem iniciará um romance. Além de expor como são os trabalhos de microbiologistas, bacteriologistas e outros grupos de pesquisadores, a trama aborda outros aspectos da pesquisa científica.

Capítulo III do livro *Aventuras no mundo da ciência*

ISOLANDO BACTÉRIAS

— Olá! disse Mariana assim que Carlito penetrou no laboratório, na manhã seguinte. Ela estava sentada diante de comprida mesa de tampo preto, sobre a qual brilhava a chama azulada e esbelta de um bico de bunsen. Tinha na mão esquerda três tubos de cultura e, na direita, empunhava uma alça de platina, que outra coisa não é senão fina haste de platina, presa por uma das extremidades a um cabo, e curvada na outra, como pequena argola. É o anzol com que os microbiologistas pescam os seres minúsculos com que trabalham.

— Pensei que não iria encontrar ninguém, comentou Carlito, que acordara muito cedo e logo se pusera a caminho do Instituto.

— Hoje é dia de muito trabalho e de tarde haverá conferência, por isso preciso apressar-me, explicou a moça.

Enquanto Mariana transplantava para novos tubos uma cultura já velha e bem desenvolvida, Carlito manteve-se calado. Terminada a operação, puderam conversar um pouquinho e ele contou o sonho complicado que tivera. Não fora sonho, mas antes uma sucessão de cenas confusas em que apareciam microscópios, tubos de cultura, estufas, macacos e cobaias, cientistas e técnicos, gaiolas de animais, enfim tudo o que vira no dia anterior. O pior é que todas essas imagens se misturavam e assumiam às vezes aspectos trágicos, com mortes e sofrimentos; efeito, talvez, do último ato do dia anterior, quando apareceram ante os olhos do moço os seis mártires do Instituto.

Carlito não contou, entretanto, que o sonho tivera momentos muito agradáveis, quando entre as imagens aparecera a de Mariana, vestida no seu avental muito branco e com os olhos extraordinariamente brilhantes.

— Agora você terá de me observar através do vidro, enquanto inoculo uns ovos.

Assim falando, Mariana penetrou num cubículo cujas paredes eram na maior parte de vidro e, depois de ajeitar sobre a mesa alguns instrumentos, tais como tubos, seringas, agulhas e placas de vidro, começou o seu trabalho. Na parede que lhe ficava à esquerda havia, à altura do cotovelo, uma abertura na qual um disco horizontal com numerosas escavações começou a girar vagarosamente. Só então é que Carlito percebeu que do outro lado da parede havia outra auxiliar, fechada em cubículo semelhante àquele em que se encontrava Mariana. Aquela auxiliar retirava de uma chocadeira os ovos, examinava-os, rapidamente num aparelho para ver se o embrião estava vivo,

desinfetava a casca e nela fazia dois pequeninos furos. Depois o ovo era colocado numa das escavações do disco giratório e passava para o cubículo em que se achava Mariana, que o apanhava e injetava através de um dos buraquinhos da casca. O trabalho prosseguiu de maneira regular durante três quartos de hora. Era um prazer acompanhar o desenrolar das operações, embora sempre repetidas, porque decorriam bem articuladas, sem erros nem perda de tempo. Por fim Mariana deixou a gaiola de vidro e depois de tirar a máscara que a protegera, perguntou em tom brejeiro:

— Que tal, trabalhei bem?

— Era trabalho mesmo, ou era só « farol »? gracejou Carlito.

— Trabalho e do bom, retrucou a moça. É para preparar um lote de vacina contra a influenza que vai ser brevemente experimentada. E agora, se quiser ajudar-me, vá até a estufa e apanhe umas «placas de Petri» que o Osvaldo colocou lá ontem. Você conhece o Osvaldo, o auxiliar que trabalha aqui conosco.

— Sei, eu o vi ontem mexendo com uma cobaia, quando desci para o almoço...

— Então, ótimo! traga as placas, que eu apanho a ficha para anotar os resultados. Osvaldo hoje não virá, entrou em férias.

Enquanto Mariana mexia numa gaveta à procura da ficha, Carlito abria a estufa, todo desajeitado, como acontece quando se fazem essas coisas pela primeira vez. Lá estavam as placas. A questão é que havia diversas.

Vendo-o embaraçado, Mariana disse, rindo:

— Traga todas, sem abri-las. E não tenha medo, porque elas não mordem!

Quando Carlito entregou as placas, ela explicou:

— Aquela cobaia tinha sido inoculada com um vírus novo que o Dr. Fontes está estudando, porém morreu muito depressa e é possível que outra seja a causa da morte...

E ao abrir a primeira placa, exclamou:

— Olá! Paratifo! Continha a placa um meio sólido e transparente, de cor arroxeadada, em cuja superfície se podiam ver inúmeras colônias altas e transparentes, ao lado de outras pretas, aliás poucas. Mariana explicou que as colônias claras eram do micróbio do paratifo e as pretas de um outro micróbio comum no intestino e que, no momento da morte, penetrara no sangue e chegara até o fígado.

Sobre a superfície da placa, Osvaldo havia esfregado, cuidadosamente, no dia anterior, um pedacinho do fígado da cobaia. Se este estivesse puro, a placa teria amanhecido inteiramente limpa. Como

estava infeccionado pelo paratifo, acontecera o que agora se via: os micróbios da doença, que se encontravam no fígado, fixaram-se em pontos afastados da superfície do meio de cultura e aí se multiplicaram, formando as colônias. Mas a coisa era mais complicada e a cor arroxeadada, não era para efeito de beleza; ela provinha de um corante que se tinha misturado ao meio. Conforme as características dos micróbios, o corante podia alterar-se, enegrecendo. Isto permitia orientar, num relance, o diagnóstico a favor de certos tipos de micróbios; as colônias dos micróbios do paratifo, por exemplo, não ficavam pretas.

O assunto era sem dúvida interessante, e muito. Mais curioso ainda se tornou, porém, quando Mariana prosseguiu em seus ensinamentos. Arranjou vários tubos, nos quais havia um meio líquido e claro em cujo interior mergulhava um tubinho muito menor, com o fundo para cima, e foi molhando em cada um deles a alça de platina que tinha previamente tocado uma das colônias brancas. E explicou:

— Em cada um desses tubos existe um açúcar diferente: neste, a glicose; neste, a sacarose; neste, lactose; e assim por diante. Também existe no líquido uma substância que muda de cor quando o meio se torna mais ácido ou mais alcalino...

— Um indicador, disse Carlito, que sempre gostara de química.

— Pois é. Os micróbios variam quanto à capacidade de fermentar os açúcares. Quando fermentam, o meio fica ácido e muda de cor, graças ao indicador que contém. Tomando em consideração os açúcares fermentados e os não fermentados é possível classificar os micróbios e às vezes chegar a determinar o gênero e a espécie. Amanhã veremos o resultado.

E foi colocar os tubos na estufa. Depois ainda fez duas coisas: tomando uma lâmina de vidro, esfregou sobre ela a alça de platina, onde se viam restos da colônia, passou a lâmina três vezes sobre a chama do bico de Bunsen e pingou diversos corantes e reativos sobre ela, um depois do outro.

— Estamos corando os micróbios. Finalmente colocou sobre uma lamínula de vidro, quadrada e muito fina, uma gotinha d'água e nela misturou um tiquinho da colônia, com auxílio da alça de platina. Inverteu a lamínula sobre uma lâmina em que havia uma escavaçãozinha, de modo que a gota ficasse pendurada dentro desta, presa à lamínula.

— Isto é para ver se os micróbios são móveis ou imóveis. Era o momento de usar o microscópio. Primeiro examinaram a lâmina corada. Estava cheia de micróbios compridinhos, que apareciam tingidos de vermelho.

— São Gram-negativos, disse Mariana, anotando na ficha. Carlito não teve dificuldade em ver os micróbios. Substituindo a lâmina corada pela outra, Mariana pôs-se a mexer nos parafusos do microscópio e na lâmina. Ao fim de alguns segundos cedeu o lugar a Carlito, anotando na ficha: «móveis».

Não foi tão fácil a Carlito descobrir os micróbios nessa segunda lâmina. Mas, com um pouco de paciência, conseguiu vê-los, a correr de lá para cá dentro da gota d'água.

— Formidável! não pôde deixar de exclamar.

— Que é que há de tão formidável numa gota tão pequena? perguntou o Dr. Jônatas, que acabava de entrar à procura do Dr. Fontes.

— Apenas uma «Salmonela» isolada de nossas cobaias, interveio Mariana.

— Isto é um azar, disse o Dr. Jônatas. Não faz muito tempo perdi toda uma experiência por causa do paratifo...

Carlito não cabia em si de entusiasmo. Era como se cada vez mais penetrasse num mundo novo e extraordinário. Não podendo conter-se, começou a falar de sua admiração por tudo o que via, pelo Instituto, suas instalações, seu pessoal e seus mortos.

Os mortos, especialmente, o preocupavam. Quem passasse por fora daquele belo edifício mal poderia imaginar as tragédias esquecidas que, às vezes, ali se tinham desenrolado, quando um dos seus pesquisadores, desbravando caminhos ainda desconhecidos, caía vítima de doença traiçoeira!

O Dr. Jônatas, como sabemos, não era apenas bacteriologista. Interessava-se também, e profundamente, pela história dessa ciência. Percorrendo velhos arquivos, revolvendo alfarrábios, conseguira esclarecer numerosas dúvidas do passado da microbiologia. Naquela ocasião estava mergulhado de corpo e alma no estudo de alguns velhos documentos que, acreditava, talvez pudessem provar uma coisa surpreendente: alguns homens das mais antigas civilizações já teriam visto micróbios ou, pelo menos, possuíam microscópios capazes de revelá-los...

— Já que se interessa tanto pelos nossos mortos, imagino que se interesse também pela minha coleção de velhos microscópios, concluiu o cientista.

— Certamente, retorquiu Carlito. Posso vê-la?

— Já, já, se quiser, disse o doutor. Deixando Mariana ocupada com o banho-maria, os dois partiram juntos com destino ao museu dos microscópios.

— É aqui o meu «sanctuni sanctorum», explicou o doutor, transpondo a porta de um escritório atulhado de livros e papéis.

Ao fundo, dentro de armário de portas envidraçadas, via-se uma porção de microscópios dos mais diversos formatos. Alguns pareciam extremamente velhos; outros, de tão novinhos, tinham todos os metais a brilhar. Ao lado de aparelhos que qualquer pessoa identificaria como microscópios, havia os que davam a impressão de lentes simples. Ainda outros eram tão esquisitos que não pareciam microscópios nem lentes. Vendo o espanto de Carlito diante da curiosa coleção, o Dr. Jonas explicou que todos aqueles aparelhos eram microscópios. Muitos modelos se achavam representados, desde os mais antigos até os mais recentes, de fabricantes ingleses, alemães, franceses, italianos, norteamericanos. Nem todos, entretanto, eram autênticos; alguns haviam sido fabricados no Instituto, para representar certos microscópios muito antigos; para recompô-los fora necessário consultar alfarrábios e examinar velhíssimos aparelhos guardados a sete chaves em uns poucos museus.

Na parede havia uma galeria de retratos, alguns de criaturas sem dúvida muito antigas, daqueles tempos passados em que os homens usavam cabelos compridos. Ali estava, por exemplo, um rosto de grandes olhos claros e nariz grosso, bigode reduzido a uma estreita nesga, como acento circunflexo sobre o lábio superior, basta cabeleira toda feita de caracóis... Era Leeuwenhoek, holandês que passa por ter sido o primeiro homem que viu micróbios; não só os viu, mas os descreveu e mandou desenhar e, mais do que isto, fez experiências com eles.

Falar de micróbios, hoje, é coisa banal. Pequeninas, as crianças já repetem essa palavra. Temem os micróbios como nossos antepassados temiam os maus espíritos, que supunham pudessem entrar nas criaturas e fazê-las adoecer. Muitos meninos e rapazes já tiveram a oportunidade de olhar através do microscópio e apreciar essas formas ínfimas da vida. Agora estamos no século vinte. Trezentos anos atrás tudo era bem diferente. Apesar de possuírem olhos, os homens eram incapazes de ver muitas coisas. Em torno deles, no ar que respiravam, nas águas que bebiam ou em que se banhavam, no solo que pisavam, no vinho que lhes dava alegria todo um mundo vibrava, como hoje ainda vibra: nesse mundo vivem curiosos habitantes, tão pequenos e todavia tão poderosos, pois operam transformações e reações que os homens nem sempre conseguem reproduzir.

*

- Discuta com seus colegas de grupo possíveis locais de coleta de material. Anote a resposta, que não obrigatoriamente precisa expressar um consenso entre o grupo.

- Anote o local de coleta do seu grupo de acordo com a definição feita para toda a turma.

- O que se pode interpretar a partir do que aconteceu no experimento, considerando suas previsões iniciais?

- Com a utilização da escala de pH é possível perceber diferença nos experimentos? Quais? O que podemos interpretar?

REIS, José. **Aventuras no mundo da ciência**. São Paulo: Melhoramentos, 1954. 175 p. (Conquistas).

REBOUÇAS, Marcia Maria. Aprender, tentando ensinar. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-3, nov. 2002. Disponível em: <<http://www.biológico.sp.gov.br/grandesnomes/jose.php>>. Acesso em: 14 ago. 2014