Universidade de São Paulo
Programa de Pós-Graduação Interunidades em
Ensino de Ciências

Dissertação de Mestrado

Luciana Romeira de Jesus

**Ensinando o Sistema Circulatório no Ensino
Fundamental**

São Paulo

2014

Luciana Romeira de Jesus

Ensinando o Sistema Circulatório no Ensino Fundamental.

Dissertação de Mestrado apresentado à de
pós-graduação Interunidades em Ensino de
Ciências.

Área de Concentração: Ensino de
Biologia.

Orientadora: Jesuína Lopes de Almeida Pacca

São Paulo

2014

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.
JESUS, L. R.

Catálogo da Publicação
Secretária do Programa de Pós-Interunidades em Ensino de Ciências
Instituto de Física da Universidade de São Paulo

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Jesus, Luciana Romeira de

Ensinando o Sistema circulatório no ensino fundamental. São Paulo, 2014.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Profa. Dra. Jesuína Lopes de Almeida Pacca

Área de Concentração: Biologia

Unitermos: 1. Biologia – Estudo e ensino; 2. História da ciência; 3. Sequência didática; 4. Ensino e aprendizagem; 5. Sistema circulatório.

USP/IF/SBI-087/2014

Nome: Luciana Romeira de Jesus

Título: Ensinando o Sistema Circulatório no Ensino Fundamental.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre Ensino de Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____
Julgamento: _____

Instituição: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Julgamento: _____

Instituição: _____
Assinatura: _____

Prof. Dr. _____
Julgamento: _____

Instituição: _____
Assinatura: _____

Dedico esse trabalho a memória de minha Mãe, que foi quem, desde muito cedo, despertou em mim o amor pelo estudo, e me mostrou o quanto ele é importante e prazeroso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que sempre iluminou meu caminho, e me deu força para enfrentar todos os desafios da pós graduação.

À minha querida orientadora, com quem aprendi muito, não só questões relacionadas a vida acadêmica, mas também para a vida pessoal; ao longo desses anos foram muitos conselhos, e os levarei sempre comigo.

À amável e querida turma do 5º ano do Colégio Raízes, que foi muito acolhedora e permitiu que esse projeto se tornasse possível.

À minha família, sempre tão carinhosa e compreensiva, que me apoiou em todas as minhas decisões, em especial ao meu pai que ainda hoje continua sendo meu grande herói, exemplo de vida.

À minha irmã, que me ajudou em tudo que era possível, e sempre teve paciência nos meus momentos mais complicados e estressantes.

Ao grande amor da minha vida e melhor amigo, Fernando Magalhães, que sempre me apoiou nos momentos mais difíceis, quem me ouve, me acalma e me aconselha.

*"Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me
insere na busca, não aprendo nem ensino".*

Paulo Freire

RESUMO

JESUS, L. R. **Ensinando o Sistema Circulatório no Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2014.

Este trabalho se caracteriza por ser uma proposta de intervenção pedagógica construtivista, que utiliza as ideias de Jean Piaget sobre a construção do conhecimento, como diretrizes para alcançar a aprendizagem. Espera-se permitir a aprendizagem de um conteúdo específico da Ciência, que é o Sistema Circulatório (SC) e, ao mesmo tempo, a compreensão do processo de construção do conhecimento científico. Para atingir esses objetivos de aprendizagem foi construída uma sequência didática (SD). Essa SD conta com estratégias para permitir que os estudantes aprendam um conteúdo específico (SC), e participem de atividades que envolvem a História da Ciência (HC). A SD procura fatos pontuais que mostram a construção dos conceitos científicos sobre o SC, e que acima de tudo, destacam o caráter descontínuo da evolução da Ciência, entremeados por erros e acertos, ambos essenciais para prosseguir. A SD foi aplicada em um curso piloto, e os materiais produzidos pelos estudantes durante as intervenções propostas foram analisados de acordo com a “análise discursiva textual”, no intuito de avaliar a aprendizagem em desenvolvimento e a propriedade das intervenções dentro da SD. Esta modalidade de análise foi tomada para adequar-se à natureza dos dados que se apresentavam, caracterizando uma pesquisa qualitativa. A primeira intervenção da SD foi a sondagem das concepções prévias dos estudantes, por meio de discussões em sala de aula. A segunda foi um momento de atividade prática, em que os estudantes puderam manipular nosso objeto de estudo (o elemento coração no SC). Eles receberam vários corações de galinha, e deviam analisá-los; fazer anotações e desenhos do que eles estavam observando. Depois de expressarem suas ideias, e explorarem algo concreto do SC, os estudantes receberam textos que traziam ideias distintas sobre o funcionamento deste sistema, formuladas por diferentes “pensadores” ao longo da HC. Muitas dessas ideias eram semelhantes às dos estudantes e outras bem distintas. Em seguida uma linha do tempo lhes foi apresentada, onde apareciam todos os pensadores dos textos anteriores, localizados na sua época. A última intervenção foi uma

aula expositiva-dialogada e prática, mostrando como compreendemos o SC hoje. Depois de expor como a Ciência defende o funcionamento do SC atualmente, o coração de boi foi utilizado para mostrar estruturas importantes do coração. Foi possível perceber que existe uma forte relação entre as ideias dos estudantes e as encontradas na literatura histórica a respeito desse conteúdo. A SD permitiu em vários momentos que os estudantes fossem atores de seus próprios conhecimentos, manipulassem estruturas concretas, e tivessem acesso a ideias distintas a respeito do funcionamento do SC - muitas delas, para o contexto atual, consideradas erradas. Com isso eles se relacionaram melhor com a ideia do erro, presente tanto no contexto da HC, como no ambiente de sala de aula, o que favoreceu o processo de ensino e aprendizagem em uma perspectiva construtivista.

Palavra-chave: ensino de biologia, história da ciência, sequência didática, aprendizagem, sistema circulatório.

ABSTRACT

JESUS, L. R. **Teaching the Circulatory System in Elementary Education.** (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2014.

This work is characterized by a constructivist pedagogical intervention proposal that makes use of Jean Piaget's ideas of knowledge construction as ways to reach learning. It is expected that learning about a specific Science content, such as the circulatory system may be enabled simultaneously with an understanding of the scientific knowledge construction process. A didactic sequence (DS) was elaborated in order to fulfill these two learning objectives. This DS contains strategies to lead students to learn a specific content (SC) and participate in activities that involve the History of Science (HC). The DS calls the attention to points that show the building up of scientific knowledge about SC stressing the discontinuous character of science evolution with sequences of misses and hits that are both essential for progress. SD was applied to a pilot course and materials produced by students during the proposed interventions have been analysed according to the "textual discursive analysis", aiming to an evaluation of ongoing learning and the adequacy of interventions within the SD. This kind of analysis was used to be adequate to the nature of data, characterizing a qualitative investigation. The first DS intervention was the investigation about student's previous conceptions by means of classroom discussions. The second intervention involved a practice activity when students could handle our study object (the heart element at SC). They received several chicken hearts that they should analyse writing notes and drawing sketches of what was being observed. After expressing their ideas and some concrete exploration about SC, students received texts containing different ideas about his scheme that had been written by several intellectuals along HS. Many of these ideas were similar to those of students but others were quite different. Then a timeline was presented to them where all the previous texts intellectuals appeared in their epoch. The last intervention was an expositive class with dialogues and practice showing how SC is presently understood. A cow heart was then used to show the important heart structures. It has been possible to conclude that there is a strong relation between students ideas and those that may

be found in historical literature about this subject. DS often enabled students to be the actors of their own knowledge, handling concrete structures and having access to different ideas about the heart functioning- some of them to be considered as wrong in the present context. This situation led them to improvement in the idea of errors that are present in HS context but also in the classroom and this favored the teaching and learning process from a constructivist perspective.

Keyword: teaching biology, history of science, instructional sequence, learning, circulatory system.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Aspectos positivos e negativos da Ciência destacados pelos estudantes.....	69
Tabela 2 - Características do coração.....	88
Tabela 3 - Os vasos sanguíneos.....	88
Tabela 4 - Conexões e relações entre os órgãos.....	89
Tabela 5 - Disposições dos órgãos.....	89
Tabela 6 - Aspectos observados pelos estudantes.....	96
Tabela 7 - Opinião dos estudantes em relação a Platão.....	99
Tabela 8 - Opinião dos estudantes em relação a Aristóteles.....	99
Tabela 9 - Opinião dos estudantes em relação a Hipócrates.....	100
Tabela 10 - Opinião dos estudantes em relação a Praxágoras.....	101
Tabela 11 - Opinião dos estudantes em relação a Herófilo.....	102
Tabela 12 - Opinião dos estudantes quanto a Aristóteles.....	103
Tabela 13 - Opinião dos estudantes quanto a Galeno.....	104
Tabela 14 - Opinião dos estudantes quanto a Servet.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Representação do coração.....	83
Figura 02. Representação de estruturas do Sistema Circulatório.....	83
Figura 03. Representação circular do Sistema Circulatório.....	84
Figura 04. Representação I do Sistema Circulatório no corpo.....	84
Figura 05. Representação II do Sistema Circulatório no corpo.....	85
Figura 06. Representação III do Sistema Circulatório no corpo.....	85
Figura 07. Representação II de estruturas do Sistema Circulatório.....	86
Figura 08. Representação IV do Sistema Circulatório no corpo.....	86
Figura 09. Representação V do Sistema Circulatório no corpo.....	87
Figura 10. Representação III de estruturas do Sistema Circulatório.....	87
Figura 11. Representação do coração de galinha.....	93
Figura 12. Representação II do coração de galinha.....	94
Figura 13. Representação III do coração de galinha.....	94
Figura 14. Representação IV do coração de galinha.....	95
Figura 15. Representação V do coração de galinha.....	95
Figura 16. Representação das artérias.....	95
Figura 17. Representação VI do coração de galinha.....	96
Figura 18. Aspectos observados no coração e desenhados pelos estudantes.....	105
Figura 19. Representação do coração e de sentimento.....	106
Figura 20. Representação I da relação entre coração e pulmão.....	106
Figura 21. Representação I da relação entre o coração e o fígado.....	107
Figura 22. Representação II da relação entre o coração e o fígado.....	107
Figura 23. Representação II da relação entre coração e pulmão.....	108
Figura 24. Representação I da circulação.....	114
Figura 25. Representação II da circulação.....	115
Figura 26. Representação com as regiões do coração.....	115

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. Utilização da História da Ciência (HC) no Ensino Fundamental.....	17
1.2. Associação entre Concepções Prévias, Aulas Experimentais e História da Ciência.....	19
1.3. Tema Escolhido.....	20
2. FUNDAMENTOS PARA A PESQUISA.....	22
2.1. A História da Ciência na Sala de Aula.....	22
2.2. O construtivismo na Sala de Aula.....	26
2.3. A teoria de Aprendizagem.....	28
3. OBJETIVO.....	35
4. APRENDIZAGEM E MODELOS CIENTÍFICOS.....	37
4.1. A aprendizagem na Sala de Aula e a Construção de Modelos Científicos.....	37
4.2. As concepções Prévias.....	43
4.3. A Construção de Modelos do Sistema Circulatório.....	48
5. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	58
5.1. O Curso Piloto.....	62
5.2. Metodologia de Análise dos Dados.....	65

6. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS.....	66
6.1. Concepções em Relação aos Aspectos da Ciência.....	66
6.2. Concepções em Relação ao Sistema Circulatório.....	73
6.3. A Aula Prática.....	91
6.4. O Contato com os Textos Históricos.....	98
6.5. A Linha do Tempo.....	110
6.6. Contato com os Conceitos Aceitos Hoje.....	109
 7. CONCLUSÕES.....	 117
 8. BIBLIOGRAFIA.....	 124

Apresentação:

O trabalho está dividido em sete capítulos. O primeiro capítulo, chamado **Introdução**, traz os aspectos gerais da pesquisa que foi realizada, apresentando seus objetivos e sujeitos de pesquisa. Além disso, este capítulo também apresenta algumas justificativas que respaldam o desenvolvimento e a realização da pesquisa em questão. O segundo capítulo, chamado **Fundamentos Para a Pesquisa**, explora a questão da utilização da História da Ciência (HC), e apresenta uma fundamentação teórica em relação ao construtivismo na sala de aula e em relação à teoria de aprendizagem em que se baseia o trabalho. O terceiro capítulo, chamado **Objetivo**, apresenta os objetivos gerais e específicos do trabalho. O quarto capítulo, chamado **Aprendizagem e Modelo Científico**, apresenta algumas considerações em relação a aprendizagem na sala de aula, e em relação as concepções prévias dos estudantes. Além disso, nesse capítulo também é feito uma exploração a respeito da história por traz da construção dos conceitos básicos do Sistema Circulatório (SC). O quinto capítulo, chamado **Desenvolvimento da Pesquisa**, apresenta de forma detalhada toda a pesquisa realizada e descreve qual será a metodologia adotada para análise dos dados gerados na pesquisa. O sexto capítulo, chamado **Análise dos Dados e Resultados**, traz uma análise detalhada de todo material gerado com a pesquisa. O sétimo capítulo, chamado **Conclusões**, apresenta nossas considerações, sugestões e conclusões a respeito da pesquisa desenvolvida.

01. INTRODUÇÃO:

Este trabalho foi desenvolvido ao longo do ano de 2012 e 2013, com estudantes do Ensino Fundamental I (Quinto ano), e tem como objetivo desenvolver o processo de ensino e aprendizagem em relação a dois aspectos. Esperamos permitir a aprendizagem de um conteúdo específico da Ciência, que é o Sistema Circulatório (SC) e, ao mesmo tempo, permitir a compreensão do processo de construção do conhecimento científico.

Para atingir os dois objetivos de aprendizagem descrito anteriormente construímos uma sequência didática (SD). Essa SD contará com estratégias para permitir que os estudantes aprendam um conteúdo específico (SC), e participem de atividades que envolvam a História da Ciência (HC). A SD procura fatos pontuais que mostrem a construção dos conceitos científicos sobre o SC, e que acima de tudo, destaquem o caráter descontínuo da evolução da Ciência, entremeados por erros e acertos, ambos essenciais para prosseguir.

1.1. Utilização da História da Ciência no Ensino Fundamental:

A maioria dos trabalhos presentes na literatura, que abordam o tema HFC, no Ensino, são trabalhos teóricos (GIL-PEREZ 1993.; MATTHEWS, 1995.; VILLANI et al, 1997.; BARRA, 1998.; JUNIOR, 2000.; VILLANI, 2001.; CACHAPUZ et al, 2004.; GOULART, 2005.; MARTINS, 2005.; PRESTES e CALDEIRA, 2009.; entre tantos outros), que objetivam discutir as possíveis contribuições desse recurso didático, bem como fazer análises de questões epistemológicas; ou trabalhos que se baseiam na análise de livros didáticos (MARTINS, 1998.; ALMEIDA e FALCÃO, 2005; CARNEIRO e GASTAL, 2005.; MARTINS e BRITO 2006.; SILVA et al, 2008); e também trabalhos que associam a HFC com a formação de professores (DUARTE, 2004.; DELIZOICOV et al 2004). Sendo poucos os que se destinam a testar e avaliar as formas de se utilizar a HFC no ensino (BASTOS, 1998.; EL-HANI et al 2004.; RODRIGUES, 2010.; CORRÊA et al, 2010.; BELTRAN et al, 2011), são ainda em menor número os que contribuem com sugestões de formas de se utilizar a História da Ciência no ensino de conteúdos na área biológica (JESUS e PACCA, 2013.;

PEROZZI et al, 2013.); na área da física aparecem trabalhos em maior quantidade, nos dando informações sobre procedimentos didáticos genéricos, mesmo com conteúdo diversos (VANNUCCHI, 1996.; BARROS e CARVALHO, 1998.; SILVA e MARTINS, 2003.; entre outros). O que pretendemos aqui é construir um trabalho que utiliza a HC com foco na sala de aula, para construção de um conteúdo específico; e que, além disso, contribua com o desenvolvimento de uma concepção crítica a respeito de Aspectos da Ciência.

Quanto aos trabalhos que fazem aplicações práticas da HFC na sala de aula, gostaríamos de destacar que muitos deles têm foco principal na discussão sobre a Natureza da Ciência (ou Aspectos da Ciência); com isso se comprometem muito pouco com a construção de um conhecimento específico sobre determinado conhecimento científico. Não pretendemos desvalorizar esses trabalhos, tendo em vista que são de enorme importância; o que queremos é destacar que se fazem necessários trabalhos que além de explorar os Aspectos da Ciência também se foquem em construir um conhecimento científico específico. Além disso, os trabalhos que objetivam a utilização da HFC na sala de aula, muitas vezes abordam isso no contexto do ensino médio ou mesmo do ensino superior, como por exemplo, os trabalhos de BASTOS, 1998; e EL-HANI, 2004, sendo bem escassos trabalhos que abordem essas questões nos primeiros anos do ensino fundamental. Outra questão importante em relação aos trabalhos com a HFC na sala de aula, diz respeito os temas abordados; a maioria deles abordam conhecimentos sobre evolução, origem da vida e classificação dos seres vivos.

Além dessa escassez de trabalhos tem-se, segundo Martins (1998), que alguns autores, ao utilizarem a HFC no ensino, o fazem de forma falha e superficial, o que acaba contribuindo ainda mais para uma visão distorcida a respeito da construção do conhecimento científico; isso por sua vez, acaba contribuindo com o fracasso de Educação Científica.

Essa utilização falha e superficial da HFC pode ser reflexo do fato de que o professor, na maioria das vezes, não possui conhecimento adequado sobre esse assunto, e assim, recorrem a fontes (como alguns livros didáticos) que podem ser pouco confiáveis. Nesse sentido é importante destacar a necessidade

que historiadores da Ciência e professores trabalhem juntos para construir materiais a serem utilizados em sala de aula.

Piaget e Garcia (1983) defendem que é essencial se caracterize os grandes períodos sucessivos de desenvolvimento de um conceito, ou de uma estrutura, e isso deve ser feito “com ou sem acelerações ou regressões, ações dos precursores ou cortes epistemológicos”. O principal foco não deve ser a continuidade ou descontinuidade (ambas intervêm em qualquer desenvolvimento), mas na existência das próprias etapas e, sobretudo, no porquê de sua sucessão. E é nesse sentido que nosso trabalho foi desenvolvido, na intenção de mostrar diversas etapas da construção do conhecimento sobre o SC, a fim de ensinar esse conteúdo e mostrar o caráter dinâmico da Ciência.

1.2. Associação entre Concepções Prévias, Aulas Experimentais e HC:

Pretendemos em nosso trabalho associar o conhecimento a respeito das concepções prévias dos estudantes com aulas práticas experimentais e com textos trazidos da HC. Ao trabalhar com as concepções dos estudantes motivamos os mesmos e tornamos a aprendizagem mais efetiva. São muitos os argumentos presentes na literatura que defendem uma posição de destaque a concepções dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, ver capítulo 4.2.

Com aulas experimentais os estudantes podem conhecer melhor o “objeto” de estudo e explorar suas próprias concepções a cerca dele. Partindo do princípio que a atividade científica tem uma forte característica experimental, é natural que para aproximar os estudantes desse contexto se faça necessárias intervenções experimentais. Além disso, as aulas experimentais são mais motivadoras e interativas. Há também a questão da importância de atividades concretas para essa fase de desenvolvimento dos estudantes (9 a 11 anos).

A utilização de pequenos fragmentos de textos da HC irá ajudar os estudantes a perceber como se dá a construção do conhecimento científico. Tentaremos destacar que o Erro é algo presente na Ciência, na tentativa de

contribuir para que os estudantes tenham mais facilidades em aceitar o próprio Erro (provenientes de suas concepções), não como algo ruim e evitável, e sim como algo que faz parte do processo de ensino e aprendizagem, assim como da atividade científica.

Os textos que serão utilizados tentarão mostrar o progresso do pensamento científico como algo não linear, que apresenta avanços e recuos e onde é possível identificar alguns obstáculos. Assim tentaremos mostrar que as teorias se estabelecem por rupturas e não por adição sucessivas (ASTOLFI e DEVELAY, 1991).

Nesse trabalho iremos nos apoiar nas ideias de Astolfi e Devalay (1991), em relação a obstáculo. Esses autores trazem a ideia de que “não se deve certamente subestimar o obstáculo caso se queira poder superá-lo, mas deve-se pensar em uma maneira que torne possível sua ultrapassagem”.

1.3. O Tema Escolhido:

O tema Sistema Circulatório foi escolhido principalmente por sua relevância, em termos de saúde individual e coletiva. Vivemos em um contexto sócio ambiental em que persiste a má alimentação e o sedentarismo, e como reflexo disso temos o aumento da incidência de doenças que acometem o coração e os vasos sanguíneos.

As intensas transformações socioeconômicas que a humanidade vivencia desde o final do século XIX, caracterizadas especialmente pela industrialização e pela urbanização das populações, continuam a agir como mola propulsora das modificações dos hábitos de alimentação, da redução do grau de atividade física e do aumento do estresse emocional. Estas mudanças ocorreram simultaneamente ao controle das doenças infectocontagiosas e as doenças cardiovasculares passaram, portanto, a ser a principal causa de morte no mundo, especialmente no Ocidente. (PINTO, 2007 p: 06).

Diante desse contexto a conscientização da sociedade quanto aos hábitos de vida pode ser uma estratégia importante para se evitar as doenças que acometem o Sistema Circulatório. Um ambiente que pode ser favorável a essa conscientização é o ambiente escolar. No entanto essa conscientização pode

ser dificultada quando este conteúdo é ensinado de forma anacrônica, fragmentada e sem fazer relação com o cotidiano dos estudantes. Pois dessa forma, os estudantes não pensam de forma crítica no conteúdo que está estudando, apenas tentam memorizar conceitos para posterior reprodução nas provas. Infelizmente muitas escolas têm trabalhado seus conteúdos dessa forma, sem permitir reflexões e tempo suficiente para que os estudantes se apropriem do conteúdo em questão. Por isso, pretendemos, utilizando a HFC, ressignificar o ensino do conteúdo Sistema Circulatório, na tentativa de proporcionar uma maior relação entre o que é ensinando na escola e a vida cotidiana dos estudantes. Desta forma pretendemos ensinar o conteúdo em questão, e também atuar ativamente na conscientização dos estudantes em relação aos hábitos de vida de nossa sociedade.

02. FUNDAMENTOS PARA A PESQUISA

2.1. A História da Ciência na Sala de Aula:

Atualmente muito tem sido discutido a respeito da importância da Educação Científica. Dentre os argumentos para a necessidade dessa educação, está o de que a mesma pode contribuir para a formação de futuros cientistas, além de auxiliar na formação de cidadãos críticos, que possam atuar em tomadas de decisões que envolvam conhecimentos científicos; ou ainda, que essa educação deva ser vista como direito de cidadania, uma vez que pode colocar o cidadão a par dos conhecimentos científicos dominados pela sociedade da qual ele faz parte. (CACHAPUZ, *et al*, 2005).

Diante de tantos argumentos em favor a Educação Científica, em termos quantitativos, tem-se percebido nos últimos anos o aumento da oferta de tal educação, tanto no âmbito formal (com o prolongamento do ensino obrigatório), quanto no informal (com os meios de divulgação científica, como revistas e documentários) (DUARTE, 2004). No entanto, mesmo diante dessa maior oferta da Educação Científica, o que muitos estudiosos da área têm relatado é um claro fracasso dessa educação (MATHEWS, 1995).

El-Hani (2004) destaca que apesar das grandes transformações sociais dos últimos 60 anos, influenciadas principalmente pelos avanços científicos e tecnológicos, os currículos de Ciências praticamente não mudaram, e estão ainda hoje, retratando a prática científica de forma separada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana, ignorando a dimensão histórica e filosófica da Ciência.

Frente a esse fracasso de Educação Científica, muitos autores apontam para as limitações do Ensino de Ciências tradicional, e defendem a necessidade de novos currículos, contendo novas formas de se ensinar Ciências. Nesse contexto a inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) nos currículos aparece como uma alternativa que pode contribuir para a melhoria do Ensino de Ciências (MATTHEWS, 1995; GIL-PEREZ, 1993).

Essa inserção objetiva e formal da História da Ciência (HC) no ensino não é uma questão unânime entre os pesquisadores da área, pois as motivações são muito diferentes e trazem uma diversidade de argumentos.

Dentre os defensores dessa inserção pode-se destacar Matthews (1995), que sintetiza os argumentos favoráveis presentes na literatura a esse respeito, ao defender que apesar de a História da Ciência não ter todas as respostas para a crise da educação científica, a mesma pode contribuir com sua superação, uma vez que tem o potencial para: humanizar as Ciências conectando-as com preocupações pessoais, éticas, culturais e políticas; conectar o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas; tornar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas; por consequência, permitir o desenvolvimento do pensamento crítico. Pode também colaborar para um entendimento mais efetivo de matérias científicas, por ter potencial para a “superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de Ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem, a saber, o que elas significam”; pode ainda melhorar a formação docente por permitir uma maior compreensão da Natureza da Ciência (ou aspectos da Ciência), e ajudar o professor a compreender melhor as dificuldades de aprendizagem de seus estudantes.

Dentre os argumentos contrários, Matthews (1995) destaca os levantados por Martin Klein em 1972, que defendia que “a única história possível nos cursos de Ciências era a pseudo-história”, que seria uma história simplificada, em que o professor selecionaria e apresentaria um material histórico de forma não histórica, e até mesmo anti-histórica; Thomas Kuhn em 1970 argumentava que “a exposição à história da Ciência enfraquece as convicções científicas necessárias à conclusão bem sucedida da aprendizagem da Ciência”; também destacou o argumento de Whitaker, quando diz que na sala de aula é utilizada à quase história, ainda mais problemática do que a pseudo-história, por apresentar falsificações e erros históricos.

Os pontos destacados acima realmente merecem ser analisados cuidadosamente, uma vez que a história não se apresenta de modo simples aos olhos do espectador, e sim é fabricada pelo mesmo a partir da seleção de

materiais, de períodos históricos, e de perguntas a serem construídas e respondidas; e tudo isso envolve decisões sobre a relevância das contribuições de fatores internos e externos para a mudança científica. Todas as questões aqui apresentadas, de alguma forma, “sofrem influência das visões sociais, nacionais, psicológicas e religiosas do historiador” (Matthews, 1995). E sabendo que as concepções pessoais e culturais afetam a visão e a compreensão de um fato, a história construída e apresentada na escola dependerá intrinsecamente de quem a produz. Mas não seria isso, o mesmo que ocorre com o ensino de qualquer outra questão na escola? Tudo que é ensinado não passa pelo viés de significação do professor?

Outra questão discutida por muitos autores, é que a História da Ciência apresentada na escola seria uma simplificação da “História Verdadeira”, mas, mais uma vez, não seria o mesmo que ocorre com qualquer outro conhecimento? Uma vez que ao estudar Ciências os estudantes não estão se apropriando do conhecimento científico tal qual foi produzido, e sim têm contato com um conhecimento científico que passa por uma transposição didática ou uma leitura social, que muitas vezes o simplifica.

A discussão com os estudantes sobre essa questão da simplificação e interpretação de um fato histórico pode em momentos adequados, contribuir para que os estudantes possam se posicionar cientificamente a respeito de determinado conhecimento. De fato, a subjetividade está presente na Ciência, e na História da Ciência, uma vez que ao serem apresentadas por alguém (no caso o professor), passam por mudanças e ressignificações que são dependentes de quem a apresenta. Essa problemática será discutida com os estudantes durante o desenvolvimento deste projeto. Como diria Maturana (2011), “tudo que é dito é dito por alguém”.

Bizzo (1992), apesar de ser um defensor da utilização da HC no ensino, elucida algumas dificuldades e cuidados que devem ser tomados ao se utilizar a HC com finalidade didática. A primeira questão destacada por ele, diz respeito à ideia de que ao utilizar o passado para a compreensão do presente pressupõem-se a existência de um contínuo entre esses dois momentos. Essa primeira questão a ser enfrentada acaba acarretando a segunda, na qual aparece um

quadro crescente de hierarquia e complexidade entre as ideias do passado e as de hoje. E por último Bizzo pede para que se fique atento para não utilizar uma visão recapitulacionista de HC, em que a mesma passaria a dirigir os procedimentos pedagógicos, buscando no passado da Ciência a orientação para o presente do ensino. Essas distorções na utilização da HC pode levar ao que Hebert Butterfield chamou de interpretação “Whig” da História da Ciência, ou História anacrônica, em que se estudaria o passado a partir de uma visão preconceituosa centrada no presente (BUTTERFIELD, 1931).

Em relação às formas de se utilizar a HC no ensino, Matthews (1994), destaca que nas décadas de 50 e 60 eram feitas abordagens integradas, em que se buscava a construção de uma perspectiva histórica ao longo de todo o currículo. Atualmente o mais comum são abordagens inclusivas, que se referem a abordagens de alguns episódios específicos, algo parecido com um estudo de caso (MATTHEWS, 1994). O que realizamos no presente trabalho se aproxima dessa última abordagem.

Nesse cenário de utilização da História da Ciência no ensino, Richard Duschl (1994), defende que inicialmente, entre as décadas de 50 e 60 o grande interesse em relação à História da Ciência no ensino girava em torno de construções de propostas de planejamento curricular, e a partir de das décadas de 70 e 80, o interesse se volta para o como aplicar a História da Ciência no ensino.

A forma como abordamos a HC nesse trabalho não corresponde a uma intenção deliberada, e se caracteriza pela escolha dos materiais que tragam informações sobre a história do desenvolvimento de determinado conteúdo. O que pretendemos é abordar a HC a partir das ideias de diversos pensadores (historicamente significativos) sobre um mesmo “objeto de estudo” (Sistema Circulatório). Os estudantes terão então acesso a textos elaborados e adaptados pela professora, com base em textos originais da HC, bem como em bibliografias secundárias construídas por historiadores. Pretendemos ainda acoplar a isso aulas experimentais e discussões prévias sobre as concepções dos estudantes. A perspectiva é adotar uma conduta de natureza construtivista, em que os

estudantes possam construir modelos para explicar o SC e aprimorá-los com experimentos e informações extraídas de textos HC.

Em relação à Natureza da Ciência, que é algo bastante discutido na literatura, gostaríamos de destacar mais uma vez o trabalho de Matthews (2012), em que o autor recomenda uma mudança no termo Natureza da Ciência ou *nature of science* (NOS) por *Features of Science* (FOS) ou aspectos da Ciência. Segundo esse autor essa mudança contribuiria para evitar diversas armadilhas que o termo Natureza da Ciência pode propiciar. O termo “Aspectos da Ciência” seria mais adequado porque além de concentrar-se na natureza da Ciência, também está preocupado com os processos, instituições e contextos culturais e sociais em que esse conhecimento é produzido. Adotando as ideias do autor utilizaremos nesse trabalho “Aspectos da Ciência” em substituição a “Natureza da Ciência”. Uma visão centrada na Natureza da Ciência pode transmitir a ideia de uma Ciência com essência única, com as mesmas normas e padrões, enquanto a visão centrada nas Características da Ciência pressupõe que existem diversas características, e não padrões que devam ser seguidos.

2.2. O Construtivismo na Sala de Aula:

Lino de Macedo (1994), um estudioso das obras de Piaget, nos seus textos intitulados “Ensaio Construtivistas”, foi muito elucidativo para nosso conhecimento em relação ao construtivismo aplicado a sala de aula. Este autor apresenta uma interpretação do construtivismo que serviu de base teórica pedagógica para o desenvolvimento das atividades deste projeto. Segundo esse autor, o construtivismo é produto de uma ação espontânea, ou apenas desencadeada, mas nunca induzida. Assim o que objetivamos com os recursos didáticos utilizados nesse trabalho é desencadear nos estudantes uma percepção diferenciada em relação ao SC e aos aspectos da Ciência, numa tentativa de indução mínima.

Para que seja possível esse desencadeamento esse autor estabelece alguns parâmetros necessários. Em relação ao professor, o mesmo deverá saber bem o conteúdo a ser ensinado, não para transmiti-lo aos estudantes, mas

para discuti-lo com eles e reconhecer as dificuldades e os progressos dos aprendizes; para localizar na HFC pontos que correspondam aos pensamentos deles; para fazer perguntas inteligentes; para formular hipóteses; para sistematizar quando necessário. Destaca que nessa perspectiva construtivista o professor tem a necessidade de dominar, de forma ainda mais aprofundada, tanto o conteúdo específico, quanto um referencial pedagógico, uma vez que nessa perspectiva os estudantes tendem a serem mais críticos e questionadores. Em relação à aula, o autor defende que a mesma “pede o ruído e a manipulação, nem sempre jeitosa, daqueles que, diante de uma pergunta, não estão satisfeitos com o nível de suas respostas. Pede a “sujeira” e o experimentalismo...” Macedo esclarece que Piaget defendia a interação como fonte de conhecimento, e sendo assim, a interação professor/estudantes e estudantes/estudantes, merece bastante cuidado e atenção por parte do professor comprometido com a aprendizagem dos seus estudantes. Apesar de o próprio autor, esclarecer que a aplicação das teorias de Piaget à prática pedagógica pode ser algo extremamente complexo, ele acredita que seja uma tarefa bastante relevante à prática escolar.

Devido à complexidade dessa aplicação acreditamos que a leitura de autores que já fazem um estudo das obras de Piaget em uma perspectiva pedagogia, deva acompanhar as leituras das obras originais de Piaget para produzir uma interação adequada na sala de aula.

Nossa intenção não é propor uma receita de como ensinar o SC, ou menos ainda como utilizar a HC no ensino, o que pretendemos com a sequência de atividades desenvolvidas, é dar subsídios para que o professor ao utiliza-la, lance mão do que Macedo (1994) defende como uma perspectiva experimental, não apenas de transmissão de informações. Tendo em vista que a característica da Ciência é experimental, é justo e compreensível que os estudantes queiram aprender assim, de forma experimental. O professor estará se comportando como um investigador, comprometido com o conhecimento tanto de técnicas pedagógicas como do conhecimento escolar específico, e sabendo valorizar e utilizar sua experiência docente acumulada. Além disso, esse trabalho poderá também ajudar o professor a trabalhar com a HC e com as concepções dos estudantes, neste caso, para compreender o SC.

2.3. A teoria de Aprendizagem:

Este trabalho se caracteriza por ser uma proposta de intervenção pedagógica construtivista, que utiliza as ideias de Jean Piaget sobre a construção do conhecimento, como diretrizes para alcançar a aprendizagem, a partir de um processo coerente. Sendo assim, se faz necessário que destaquemos quais são tais diretrizes, e como compreendemos o processo de aprendizagem.

Pode-se dizer que uma preocupação central de Jean Piaget era com a formação de uma epistemologia para compreender como o conhecimento era construído, e para isso ele realizou diversos estudos, baseando-se na observação de indícios da realidade do sujeito em formação. Em seus estudos ele defendeu que desde o nascimento até a fase adulta o desenvolvimento mental do indivíduo passa por processos contínuos de construção de estruturas variáveis, e estes ao lado de características constantes e comuns a todas as idades irá refletir no grau de desenvolvimento intelectual de cada um, podendo definir etapas bem marcadas pelos estádios. Para Piaget estas estruturas variáveis são maneiras de organização das atividades mentais, e envolvem os seguintes aspectos: motor, intelectual e afetivo, isso tanto na dimensão individual como na social (PIAGET E INHELDER, 1995).

Piaget dividiu o desenvolvimento humano em quatro grandes estádios ou períodos. Mas há que se evidenciar que ele tinha a clareza de que as idades e características de cada uma desses estádios podem ser variáveis, o que ele estabelece é a constante ordem de sucessão dos mesmos, como pode ser visto na frase do próprio autor: “A ordem de sucessão é constante, embora as idades médias que as caracterizam possam variar de um indivíduo para outro, conforme o grau de inteligência, ou de um meio social a outro”. Além disso, é importante esclarecer que ele defende que cada estádio tenha certa atividade potencial que pode ou não ser atingida, o que não significa que cada estádio de desenvolvimento seja caracterizado por um conteúdo fixo de pensamento. Os estádios discutidos por ele são os seguintes: Inteligência sensório-motora (que ocorre até 2 anos de idade); a inteligência simbólica ou pré-operatória (que vai de 2 a 7 ou 8 anos); a inteligência operatória concreta (que vai de 7 - 8 anos a

11 - 12 anos); e pôr fim a inteligência operatória formal (que começa a partir de 12 anos) (idem, 1995).

O período sensório-motor é assim chamado devido à ausência da função simbólica na criança, e assim, a criança não apresenta pensamento e afetividade ligada a representações que permitam evocar pessoas ou objetos. Esse período apesar de rápido é de extrema importância, uma vez que é nele que a criança irá elaborar conjuntos de estruturas cognitivas que irão servir de ponto de partida a partir desse período (idem, 1995).

Ao final do período sensório-motor, surge uma função fundamental para a evolução das condutas subsequentes, que consiste na capacidade de representar algo por meio de um “significante” diferenciado (linguagem, imagem mental, gesto simbólico, etc.). Tem início assim o período da semiótica ou inteligência simbólica (idem, 1995).

Finalmente por volta dos 7 a 12 anos inicia-se o período das operações concretas, que é o que de fato mais nos interessa, por se tratar da faixa etária com que trabalhamos nesse projeto. Esse momento se configura na passagem de um nível sensório motor, de ação direta sobre o real para o nível das operações apoiadas igualmente no real, mas com ações interiorizadas agrupadas em sistemas coerentes e reversíveis. No início desse período é possível identificar alguns obstáculos em relação à passagem da ação para a operação (idem, 1995).

O primeiro obstáculo consiste em reconstruir no plano das representações o que já foi adquirido na ação. Isso representa um obstáculo uma vez que um bom êxito na ação não garante necessariamente em uma representação adequada. O segundo obstáculo se configura na passagem de um estado inicial em que tudo é centrado no corpo e na ação do próprio sujeito, para um estado em que há a descentralização. Essa descentralização já é difícil no nível da ação e ainda mais no nível das representações, por se apoiar em um universo mais extenso e complexo. Outro obstáculo diz respeito ao fato de que a descentralização necessária para chegar à constituição das operações não se

baseia somente em um universo físico, mas também em um complexo universo interindividual ou social (idem, 1995).

Piaget defende que as operações consistam em transformações reversíveis, e essa reversibilidade pode consistir em inversões ou em reciprocidade. Uma transformação reversível não modifica tudo ao mesmo tempo, pois se assim fosse seria sem retorno, e não é o caso. Uma transformação operatória é, portanto sempre relativa a uma invariante, e essa invariante de um sistema de transformações é o que o autor chama de noção ou esquema de conservação. Esses esquemas de conservação irão interferir em todos os processos de aprendizagem do sujeito (idem, 1995).

A idade dos nossos sujeitos de pesquisa corresponde a esse período em que os estudantes estão trabalhando com as operações concretas, chamadas assim, por que segundo Piaget baseiam-se diretamente nos objetos e não ainda nas hipóteses enunciadas verbalmente, que somente se farão presentes nas operações proposicionais (idem, 1995). Por esse motivo acreditamos que atividades como as que propomos em nosso projeto (de manipulação de algo real – corações de galinha e de boi) estão coerentes com esse referencial e possam contribuir muito na aprendizagem das crianças nessa faixa etária.

Outra questão em que Piaget também se debruçou foi nos aspectos que podem interferir nesses estádios de desenvolvimento: Maturação (que é biológico e depende da embriogênese), Experiência Adquirida (experiência física e logico-matemática), Transmissão Social (de aspectos educacionais, linguísticos entre outros) e Equilibração (o desenvolvimento se dá por uma constante busca de equilíbrio, que significa a adaptação dos esquemas internos existentes em cada indivíduo ao mundo exterior) (PIAGET E GRÉCCO, 1974).

Abaixo pode ser vista uma interpretação de Ferracili (1999) que esquematiza o processo de assimilação de Piaget.

Analisando o esquema acima, podemos perceber que para adquirir um novo conhecimento os sujeitos terão que assimilar o que é novo, de forma a diferenciar e integrar o novo as suas estruturas cognitivas internas. O novo irá causar um desequilíbrio dessas estruturas cognitivas, mas e isso deverá provocar uma adaptação dessas estruturas, para que o equilíbrio seja novamente reestabelecido, e ocorra a acomodação das estruturas cognitivas com o conhecimento novo.

Piaget e Garcia (1983) destacam que o processo de aquisição de um novo saber se dá a partir da assimilação, que seria assim a origem geral dos instrumentos de aquisição de um conhecimento “É a assimilação dos objetos ou conhecimentos a esquemas ou estruturas anteriores do sujeito, desde os reflexos no nível da psicogênese até as formas mais elevadas do pensamento”. É importante esclarecer que nesse sentido a assimilação difere da associação, que é concebida como uma simples relação de semelhança entre os objetos, como se as atividades do sujeito não interferissem no conhecimento, como se este fosse apenas um amontoado de observáveis agrupados e classificados em uma caixa. Na área científica o movimento positivista mostra esse empirismo

associativo, acreditando na redução da ciência a um conjunto de fatos registrados.

“A assimilação consiste, pelo contrário, em considerar o conhecimento como uma relação indissociável entre sujeito e objeto, constituindo este um conteúdo ao qual o sujeito impõe uma forma retirada de suas estruturas anteriores, mas ajustada a este conteúdo, sobretudo se for novo, modificando ligeiramente o esquema assimilador mediante acomodações, ou seja, diferenciações em função do objeto a ser assimilado” (Piaget e Garcia, 1983. pg: 362).

Para Piaget (1974) nem toda aquisição de conhecimento é uma aprendizagem; existem várias formas de se adquirir conhecimento como, por exemplo, a partir da percepção, da compreensão imediata, da indução, da coerência pré-operatória, da dedução e finalmente a partir da aprendizagem no sentido restrito.

Ainda em relação à aquisição de conhecimentos Piaget (1974) defende que a leitura de uma experiência externa ao sujeito conta com um conjunto de coordenações, e essas constituem uma lógica que é interna ao sujeito. E por pensar assim, Piaget (1974) se debruça em tentar esclarecer quais são as relações entre esse sistema de lógica interna e a aprendizagem. Para ele a leitura de qualquer situação por um sujeito, nunca é um simples registro do que do que ocorre, e sim supõe uma esquematização no sentido de assimilação dos dados a esquemas internos do sujeito. Com isso ele conclui que a percepção e a associação são sempre uma assimilação; e haverá sempre a atribuição de um componente lógico a qualquer espécie de aprendizagem.

Estudando a formação das estruturas lógicas Piaget e Grécco (1974) recusam a recorrente dicotomia presente na literatura da época, em relação à aprendizagem como sendo algo dependente unicamente da maturação (algo biológico), ou da experiência de cada indivíduo. Para esses autores os fatores inatos (maturação) e de experiência (físico ou social) combinam-se para formar um fator mais geral que não pode ser considerado hereditário e nem somente adquirido em função da experiência. Esse fator recebe o nome de “equilibração”. O mecanismo de “equilibração” se explica pelo fato de que cada uma das etapas

cognitivas alcançadas apresenta uma probabilidade crescente em função de resultados obtidos em etapas precedentes. E o alcance de cada uma dessas etapas é tanto dependente de experiências vividas como de fatores inatos de cada indivíduo.

Para esses autores, a aprendizagem se caracteriza por ser um processo adaptativo que se desenvolve no tempo, em função das respostas dadas pelo sujeito a um conjunto de estímulos anteriores e atuais; a respeito das estruturas lógicas e da aprendizagem concluem que é possível que, por meio de treinamento adequado, crianças aprendam novas estruturas lógicas. Em relação a como os sujeitos adquirem esses novos conhecimentos argumentam que, apesar de serem adquiridos em função da experiência, eles não podem ser considerados como sendo simplesmente formados pela leitura de acontecimentos ou por acumulação de constatações. Quanto ao valor dos conhecimentos assim adquiridos eles não são tão sólidos e nem tão móveis quanto as noções operatórias propriamente ditas, que normalmente serão adquiridas pelas crianças um ou dois anos mais tarde. As estruturações ou esquemas que são adquiridos por treinamento na maioria dos casos são incompletos, não se estendendo a outras situações diferentes das quais foram treinados. Assim podemos chamar essas estruturações de “estruturações parciais”.

Piaget e Grécco (1974) conferem grande relevância aos pensamentos ou ideias dos sujeitos, isso porque segundo eles “a verdade da ideia é muito mais coercitiva que a verdade do fato”; assim tanto criança como adultos admitem o que concebem bem ou o que não concebem absolutamente, e recusam o que concebem mal. O sujeito antes de tomar notas dos acontecimentos empíricos, tenta compreendê-los em função dos conhecimentos que já possui, ou seja, o sujeito lê a experiência a partir de esquemas pré-estabelecidos, e sendo assim, não há fronteira entre a constatação e a inferência. As constatações nada mais são que um jogo de inferências lógicas ou pré-lógicas.

Finalmente depois de analisar diferentes experimentos os mesmos autores concluem que para que haja aprendizagem é necessário que um estímulo seja percebido pelo sujeito, depois ele deve ser decodificado,

assimilado pelo organismo, mas tudo isso não é suficiente, ele também tem que fabricar novos esquemas de conhecimento, e isso é algo muito pessoal, em que o professor pode interferir de forma muito limitada. Assim podemos concluir que na perspectiva construtivista de aprendizagem cabe ao professor fazer algumas inferências no sentido de mostrar o que se pretende ensinar, além de tentar questionar alguns conhecimentos dos estudantes, afim de que esses estímulos sejam percebidos pelos sujeitos e de alguma forma leve-os a assimilar e produzir conhecimentos novos. O processo de aprender algo é extremamente dependente da estrutura cognitiva de cada um dos estudantes, por isso o ato de aprender não depende apenas de quem ensina, e as individualidades devem ser respeitadas.

03. OBJETIVO:

O objetivo deste trabalho é contribuir com a aprendizagem de um conteúdo específico da Biologia – o Sistema Circulatório, bem como permitir a discussão de Aspectos da Ciência no contexto da sala de aula, buscando assim, contribuir para um melhor relacionamento e entendimento do desenvolvimento da Ciência por parte dos estudantes do Ensino Fundamental I. Para alcançar tal objetivo, e diante da escassez de trabalhos que abordem formas de se utilizar a História da Biologia no Ensino, foi construída uma sequência didática (SD) para trabalhar o tema SC. A SD utilizou trechos da História da Ciência adaptados para esses estudantes, mostrando a evolução de conceitos sobre o SC, e também a manipulação de material biológico em experimentos orientados; tudo isso acompanhado por muita interação e discussão com o professor e os estudantes.

Na SD buscamos considerar as concepções dos estudantes em relação ao conteúdo em questão e em relação aos Aspectos da Ciência. Procuramos relacionar essas concepções espontâneas ou de senso comum com as diversas hipóteses que foram propostas ao longo do desenvolvimento dos conceitos sobre o SC. Muitas dessas concepções caracterizam barreiras conceituais para o desenvolvimento científico, e acredita-se que elas também podem representar barreiras conceituais no processo de ensino e aprendizagem, e por isso devem receber uma atenção especial durante as aulas. Dessa forma tentaremos ressignificar esse conteúdo para o estudante, incentivando a reflexão e a discussão. Assim, será possível ao estudante relacionar o conteúdo aprendido com os fatores do seu cotidiano, por exemplo, com questões de saúde pública. Além disso, nos interessa também estudar Aspectos da Ciência, a partir das discussões e ideias dos estudantes.

Pretendemos mostrar diversos modelos explicativos do funcionamento do SC, que foram propostos ao longo da HC, chegando finalmente ao modelo atualmente utilizado para explicar esse funcionamento. Para isso, textos sobre alguns momentos históricos serão utilizados durante as aulas, paralelamente aos experimentos de manipulação de material biológico e as aulas serão acompanhadas pela observação atenta do professor. Registros das conclusões

devem ser produzidos pelos estudantes para discussão posterior e análise do professor.

Apesar de trabalhar com textos da HC na sala de aula, não é objetivo do nosso trabalho, fazer um levantamento histórico profundo e detalhado seguindo modelos de pesquisa com estudos em História da Ciência; nosso objetivo está focalizado na aprendizagem, com a SD elaborada; não se caracteriza portanto como uma pesquisa histórica da evolução do modelo do SC. Para conseguir desenvolver as sequências de atividades desse trabalho foi necessária muita leitura de textos da HC, mesmo sem a preocupação com uma metodologia sistemática de estudos de História da Ciência. Os trabalhos sobre a História da Ciência têm metodologias próprias bem definidas e são trabalhos metacientíficos, que utilizam a terminologia da filosofia da Ciência. Poderíamos ter escolhido realizar um trabalho metacientífico, fazendo um estudo detalhado e sistematizado sobre a história do SC, para depois partirmos para a sala de aula, mas essa não será e não é a realidade de um professor da educação básica, ele não irá produzir um trabalho de pesquisa aprofundado sobre a história da Ciência para depois levar isso a seus estudantes. Acreditamos que é possível que um professor engajado consiga, sem conhecimentos sobre técnicas de pesquisa em HC, com algumas leituras (de alguns textos originais e outros de historiadores da Ciência) levar uma História da Ciência a seus estudantes. O que pretendemos é construir um trabalho que seria possível e viável de ser reproduzido (respeitando as características e contextos de distintas salas de aulas) por outros professores.

A sequência aqui apresentada foi construída a partir da análise de aulas, numa experiência que caracterizamos como piloto da nossa proposta, em que se objetivou avaliar um tipo de abordagem histórica possível para o ensino. Tentamos encontrar estratégias metodológicas que nos pareceram interessantes para conduzir a aprendizagem dentro de uma concepção construtivista com atividades escolhidas e sequenciadas. Este projeto, com seus resultados além de gerar uma proposta que possa ser utilizada por professores em suas aulas, também pretende analisar de que forma a HC associada a outras estratégias didáticas, pode contribuir para o processo de aprendizagem dos estudantes.

04. APRENDIZAGEM E MODELO CIENTÍFICO:

4.1. A Aprendizagem na Sala de Aula e a Construção de Modelos Científicos:

Este trabalho apoia-se fundamentalmente nas ideias de Astolfi (1999), que defende a aprendizagem a partir da identificação de obstáculos epistemológicos, e nesse contexto, o autor explora a questão do “erro” para a aprendizagem; e também no construtivismo de Piaget, mas especificamente nas interpretações de Macedo (1994), sobre as obras de Piaget e na transposição de algumas de suas ideias para a sala de aula. Segundo Macedo (1994), no construtivismo de Piaget a visão do erro como oposição ao acerto, geralmente presente no ensino, deve ser revista. Nessa perspectiva construtivista o desenvolvimento da criança está marcado pela invenção e descoberta e não necessariamente por acertos ou erros (MACEDO, 1994).

Neste trabalho as crianças/estudantes tiveram espaço para explorar sua capacidade de invenção e descoberta. Durante as aulas de sondagem sobre as concepções prévias, em vários momentos os estudantes foram questionados a respeito de fenômenos que não são corriqueiros em seu cotidiano; por isso não tinham uma resposta já formulada, mas pensavam e inventavam um sistema explicativo para o questionamento. Além de permitir essa exploração da capacidade de invenção, foi nesses momentos de sondagem que pudemos conhecer as ideias dos estudantes para futuramente explorá-las, colocando-as à prova ou questionando-as, para talvez aproximá-las de uma visão científica ou mesmo diferenciá-las.

Durante o desenvolvimento do trabalho houve algumas aulas de manipulação de material biológico (corações de animais e de boi), e nesses momentos os estudantes realizaram várias descobertas, que não eram induzidas ou direcionadas, dependiam apenas do observar e perceber o que lhes parecia pertinente. Esse momento da sequência didática permitiu que os estudantes utilizassem a observação para a construção ou consolidação de conhecimento (cabe ressaltar que as ideias que aparecem nos textos dos estudantes não dependem unicamente da observação, mas dependente de sistemas de

significações internos de cada um), muito parecido com o que ocorre na Ciência. Desta forma podemos caracterizar esse momento como um momento investigativo, em que os estudantes tiveram algumas de suas ideias confirmadas, de acordo com suas interpretações. Por exemplo, a ideia de que as artérias transportariam ar, foi confirmada ao não observarem sangue em seu interior. Além disso, esse momento também permitiu que os estudantes tivessem sua criatividade mais uma vez instigada para criar explicações a diversos aspectos observados nos corações e em alguns vasos sanguíneos. Também permitiu que eles percebessem estruturas importantes, como por exemplo, a gordura no coração, que uma cavidade é mais espessa, que as artérias são elásticas, dentre tantas outras. O professor em momentos subsequentes fez uso dessas constatações para explicar a dinâmica de funcionamento do SC tal como se acredita hoje.

Astolfi (1999) analisa a percepção do erro na Ciência e na Educação. Na Ciência empírica com a “precisão das observações”, e positivista com o “rigor das deduções”, não haveria espaço para o erro na investigação científica, no entanto, essa visão segundo o autor pouco tem a ver com o desenvolvimento da Ciência real. O autor destaca a ideia de René Thom, que defende que o método experimental da Ciência tem uma contradição literária, uma vez que, *Método* etimologicamente indica um caminho seguro, enquanto *Experimental* tem por base a ideia de ensaio e tentativa, e assim, nessa perspectiva aceitaria o “erro”. Independente das etimologias das palavras hoje sabemos que o erro é algo presente e natural na atividade científica. Na educação não é diferente, o erro se faz presente no processo de aprendizagem, e apesar de sabermos isso, cometemos o equívoco de não o aceitarmos como algo natural.

Macedo (1994) argumenta que analisando na perspectiva do adulto nossa sociedade é marcada por duas mentalidades, uma pré-formista e uma empirista. Nessa análise do autor “O pré-formismo corresponde à ideia de que o conhecimento expressa-se por revelação”, já o empirismo é marcado pela ideia de que conhecimento se adquire por transmissão. Mas para a criança a principal perspectiva de adquirir conhecimento é a criação, não a transmissão nem a revelação (MACEDO, 1994). Por acreditar que a perspectiva da criança deva ser mais valorizada no processo de ensino aprendizagem nesse trabalho

procuramos dar espaço para que as crianças construíssem seus sistemas explicativos em relação ao SC. Foi a partir dos sistemas explicativos criados pelas crianças que o professor tentou construir com elas os conceitos aceitos hoje para explicar a dinâmica de funcionamento do SC. Para isso, o professor durante as discussões com os estudantes, questionava os sistemas explicativos dos estudantes e/ou dos pensadores, de forma a aproximar as ideias dos estudantes das explicações mais atuais sobre o funcionamento do SC.

Partindo do princípio que durante o processo de criação, invenção e descoberta, o erro e o acerto sejam inevitáveis (MACEDO, 1994), se torna necessário que o professor tome a decisão de como lidará com o erro e o acerto durante as atividades. Pensando que o erro deva ser respeitado e superado (ou pelo menos percebido), se faz necessário a construção de estratégias para sua superação ou percepção. Mas que fique claro que superação do erro não necessariamente remete a correção. Para Macedo (1994) somente no plano formal dos adultos que certo e errado fazem sentido, e nessa perspectiva o importante se torna apenas apontar o erro da criança, e não o “por que” ou “como” errou. Não se pretende nesse trabalho identificar os erros e simplesmente corrigi-los, antes objetiva-se identifica-los, compreender o porquê do mesmo, e apontar formas de supera-lo (ou pelo menos de percebê-lo). É importante esclarecer que o sentido que damos ao erro é bem distinto do sentido comumente utilizado, não o temos como algo ruim, negativo e a ser corrigido, antes o pensamos como algo comum ao ato de aprender.

Para esse processo de superação do erro é fundamental que o professor torne o erro um “observável” pelos estudantes (MACEDO, 1994). De alguma forma o professor tem que evidenciar o erro do estudante, mas sem assim o definir, como algo errado, a ser consertado. Quem deve chegar a essa conclusão é o próprio estudante, ao professor cabe apenas a condução do processo.

Astolfi (1999) categoriza vários tipos de erros, um deles é o erro resultado das concepções prévias dos estudantes, que é pertinente para o nosso trabalho. Como forma de superar esses erros, o autor propõe que se faça a análise das representações e dos obstáculos subjacentes ao conceito estudado, com trabalhos de escuta, de tomada de consciência, e de debate científico

envolvendo os estudantes, foi nesse sentido que este trabalho foi desenvolvido. Durante o curso piloto desenvolvido para construir a sequência didática realizamos escuta dos estudantes, debates e discussões que ajudaram para que os estudantes pudessem tomar consciência dos erros tanto em relação à natureza da Ciência com em relação ao conteúdo SC.

E difícil para o professor compreender os erros de seus estudantes, uma vez que cada um tem suas referências e não possuem o mesmo sistema lógico de raciocínio e usam conceitos diferentes entre si (ASTOLFI, 1999). Essa dificuldade em compreender o que é dito pelo outro fica muito bem expressa na fala de Maturana e Varela (1995), que defendem que:

...toda experiência cognitiva envolve aquele que conhece de uma maneira pessoal, enraizada em sua estrutura biológica. E toda experiência de certeza é um fenômeno individual, cego ao ato cognitivo do outro, em uma solidão que, (...), é transcendida somente no mundo criado com esse outro (pg. 46).

Pensando assim percebemos que de nada adianta que o professor fique com suas certezas tentando “passá-las” aos estudantes, pois estes também possuem as suas certezas. Faz-se necessário a construção de um ambiente em que ambos os envolvidos nesse processo de ensino aprendizagem sejam ouvidos, e que suas ideias sejam discutidas, para que dessa forma um possa compreender o outro, para talvez modificar suas certezas, construindo um mundo junto, que permite o processo de ensino e aprendizagem.

Para Astolfi (1999), considerar o erro como defeitos formais do trabalho acaba impedindo a compreensão de sua essência, e não se percebe sua potencialidade e suas possibilidades. É importante que se dê outro tratamento aos erros. Que eles sejam vistos como formas de se encontrar as dificuldades dos estudantes, e não como um “ritual corretor sem perspectiva de acabar com o erro”. Quanto ao momento de abordar o estudante, o autor descreve que, se no fim do processo for dito ao estudante que o que ele produziu não é conveniente, este pode se sentir enganado e se desmotivar, assim como, se a comunicação do erro for dita muito prematuramente, corre-se o risco de fazer com que o ele priorize o domínio dos conhecimentos finais, aos quais ele está

tentando apropriar-se com dificuldade; isso pode ser desmotivador. O interessante é um equilíbrio, em que se tente animar os estudantes sendo sincero com ele. É importante que se tenha uma maior tolerância com os erros, ainda que somente durante o tempo necessário para compreendê-los e analisá-los. Essa postura é uma forma de situar-se estrategicamente e pensar em meios de trabalhar com os erros realmente (ASTOLFI, 1999).

Ainda segundo este autor, na Ciência, existe um mecanismo de explicação da atividade científica que é incapaz de explicar sua própria experiência. Isso porque a apresentação lógica do método científico tem como foco comunicar os resultados, e não descrever a forma de alcançá-los. O mesmo acontece na escola, quando utilizando métodos transmissivos o professor espera que seus estudantes memorizem conteúdos de livros textos que apresentam resultados dos saberes, e com linguagens que não são acessíveis a quem não percorreu determinado caminho para a construção desse conhecimento (ASTOLFI, 1999), pensando assim, pretendemos permitir com que os estudantes se apropriem do caminho para o estabelecimento de determinado conceito, e para isso a HC se mostra muito útil e relevante.

Para Astolfi (1999), ocorre com os estudantes (no processo de aprendizagem), algo equivalente ao que Thomas Kuhn chamou de mudança de paradigma na HFC. E em ambos os casos, com o estudante e na HFC, a mudança de paradigma não significa necessariamente a vitória da verdade sobre o erro. E sendo assim, se faz necessário o rompimento com a “ideologia do progresso” tão presente nesse século, que considera a “História dos conceitos como um progresso linear com sucessivas vitórias da implacável verdade”. Não se faz necessário, e nem depositaremos nossas expectativas na possibilidade de que os estudantes abandonem seus sistemas explicativos com seus erros, apenas queremos que os estudantes reconheçam esses erros, e conheçam a explicação científica.

É importante no ensino uma abordagem Histórica das ideias, ou seja, uma reflexão epistemológica que se interesse pelos métodos, princípios e conclusões de uma Ciência. Pois assim, podemos dar dupla função ao ensino científico, uma vez que fornece aos estudantes chaves essenciais para responderem

questões científicas e técnicas em sua vida cotidiana, e também promove uma aproximação aos métodos de pensamento do fazer científico. Devemos ter cuidado ao tratar a aprendizagem como algo sequencial de forma hierárquica, pois para isso espera-se que os estudantes tenham alguns requisitos prévios para compreender alguns conceitos; o interessante é trocar essas condições requeridas para condições de possibilidade, ou seja, partir do que o estudante sabe (ASTOLFI e DEVELAY, 1991). E assim deixá-los explorar suas capacidades de invenção, criação e descoberta, e somente depois após a análise de suas concepções promoverem alguma interferência no sentido de ajudá-los a perceber os próprios erros.

Outra ideia apresentada por Astolfi e Develay (1991) que são pertinentes para nosso trabalho é a ideia de uma reflexão epistemológica em relação à didática. Nesse contexto esses autores defendem que a história das ideias diferentemente da história dos homens, se mostra esclarecedora em relação às condições de produção do saber. Essa reflexão epistemológica se foca nos métodos, princípios e conclusões da Ciência, e por assim ser, torna possível uma maior aproximação dos estudantes aos métodos e atitudes da Ciência (ASTOLFI e DEVELAY, 1991).

Para justificar essa reflexão epistemológica em relação à didática das Ciências Astolfi e Develay (1991) apresentam alguns argumentos, dentre eles:

1. A noção de fato: Apesar de a Ciência se basear em fatos, eles jamais são evidentes, ou seja, não existem a priori. Os fatos somente têm sentido em reação a um sistema de pensamentos, ou em relação a uma teoria preexistente. E dessa forma os fatos que nos parecem evidente, aos estudantes pode não fazer o menor sentido, uma vez que eles não apresentam o mesmo sistema de pensamentos do professor.
2. A noção de obstáculo epistemológico: os autores propõem uma verdadeira psicanálise do conhecimento, para que nasçam os obstáculos do conhecimento. Essa ideia de obstáculo epistemológico tem a Ciência mais em termos de rupturas que em termos de continuidade.

3. Conceitos científicos, leis e teorias: O conceito científico não designa um fato bruto, mas uma relação que pode reaparecer em situações diversas, que permite explicar e prever algo. “Da mesma maneira que um medicamento só é válido entre certos limites, um conceito só é explicativo dentro de certas delimitações”. As leis organizam os fatos em conjuntos que seguem uma determinada coerência. “As leis em biologia traduzem, na maioria dos casos, relações casuais”. As Teorias unem as leis e os fatos em uma unidade coerente na maioria das vezes traduzida em um modelo, e tudo leva a crer que a teoria precede os fatos. “Para que um objeto seja acessível a análise, não basta percebê-lo”, é preciso ainda que uma teoria esteja pronta para acolhê-lo.

O professor deve ter consciência de todos os aspectos destacados acima afim de não cometer equívocos que possam tornar o ensino de Ciências algo anacrônico e sem sentido, desconectado de seu contexto social e cultural, e acima de tudo, desconectado de nossos protagonistas no processo de ensino e aprendizagem, os estudantes.

4.2. As Concepções Prévias:

É possível perceber na literatura de ensino uma grande ênfase as ideias prévias dos estudantes, por consequência principalmente de uma visão construtivista da aprendizagem. Macedo (1994) alerta para a importância de que a escola se prepare para valorizar as ações de suas crianças “enquanto experiência vivida” e para transformar essas experiências em um objeto científico. O trabalho do professor perpassa então por promover uma aproximação entre os sistemas de significação dos estudantes e os sistemas formais de explicação científica. E isso não é uma tarefa fácil, uma vez que, como destaca Santos (1991), uma mesma realidade pode dar origem a múltiplas representações

Para que essa aproximação se torne possível o primeiro passo é conhecer as concepções dos estudantes.

É importante ter clareza de que as representações dos cientistas, da criança e do professor, convergem de forma direta ou indireta para situações didáticas que objetivam a reestruturação de conceitos, originando assim a

representação de ciência do estudante (SANTOS, 1991). Para essa mesma autora as representações das crianças são em sua maioria espontâneas e imediatas, influenciadas por conhecimentos cotidianos, e pouco relacionadas com o científico.

Giordan e Vecchi (1996) ao se referirem as concepções dos estudantes, defendem que “As concepções pré-científicas fazem parte da nossa bagagem intelectual de aprendente; através delas é que se entende... elas estão na base do conhecimento e constituem uma espécie de substrato do saber”. Como resultado disso, para os autores, “mesmo após um longo aprendizado no campo das ciências, elas ainda nos orientam em nossa apreensão da realidade diária”.

Giordan e Vecchi (1996) realizaram alguns estudos de análise sobre as respostas de estudantes em diferentes níveis escolares. Os autores mostraram resultados assustadores, que demonstram que mesmo com alto nível de escolaridade os estudantes apresentam concepções em essência correspondentes às concepções de crianças no início da vida escolar. Com isso os autores ressaltam que devemos conhecer, reconhecer e levar em consideração as concepções dos estudantes, para que assim possamos interferir nelas. Como causa dessa grande problemática, os autores apontam; a insuficiente preparação do professor para entender e educar as novas gerações de estudantes (o que faz com que o mesmo ignore as concepções prévias tidas por esses estudantes); as múltiplas reformas no ensino, que são propostas por indivíduos isolados da Ciência e dos estudantes; a falta de recurso e o baixo número de horas dedicado à Ciência na escola; a precária formação do professor, tanto em relação à didática como em relação à Ciência.

Tentamos em nosso trabalho valorizar as representações espontâneas das crianças, como algo pessoal e natural de cada um; se atentando a ideia defendida por Santos (1991), de que essas representações podem gerar respostas rápidas, não refletidas e consideradas evidentes pelas crianças

Caberá então ao professor tentar estimular a reflexão dessas ideias aparentemente “evidentes”.

Para a compreensão das atitudes e reações dos estudantes diante das atividades propostas nesse trabalho, serão utilizadas algumas ideias de Piaget desenvolvidas em seus trabalhos sobre o método clínico em que as reações das crianças são categorizadas das seguintes formas: Não-importantismo; fabulação; crença sugerida; crença espontânea; crença desencadeada.

O Não-Importantismo corresponde a uma reação em que a criança ao ser questionada se aborrece, ou o questionamento não provoca “nenhum esforço de adaptação” e a criança responde sem se envolver, com respostas descompromissadas. O estudante foge de qualquer coisa que possa demandar um esforço ou conflito. “Nesse simplismo não cabe o divertimento, que supõem envolvimento, alegria, interesse, nem a construção de mitos, que supõem usar a imaginação, ousar, pensar, inventar resposta, mesmo que falsa”. Como saída a essa situação complicada e tão corriqueira nas escolas Macedo (1994), aponta a auto avaliação do professor para com o seu trabalho pedagógico como uma forma de propor mudanças (MACEDO, 1994).

A Fabulação corresponde a uma reação ainda primitiva e insuficiente para a aprendizagem escolar, mas já representa um contexto melhor que o anterior. É caracterizada por uma criação de explicações sem muita reflexão. Quando a criança é questionada, reage com uma resposta que ela inventou e que pode ou não acreditar nela (MACEDO, 1994).

A Crença Sugerida corresponde ao esforço da criança para responder uma determinada questão, sem que a mesma lhes seja sugestiva. Assim a criança responde o que irá agradar quem está questionando, e não sua “verdadeira” resposta, algo que parta dela, e não do outro. As crianças reproduzem o que esperamos delas sem ao certo compreender o que falam. Macedo (1994) destaca que é de extrema importância “aprendermos a reconhecer a criança, seus conhecimentos, suas estruturas, suas hipóteses” e também a avaliar se a criança está podendo ser ela mesma em sua própria perspectiva (MACEDO, 1994).

A Crença Desencadeada corresponde à criança responder com reflexão utilizando seus próprios recursos. Essa reação não é nem espontânea nem

sugerida, e sim um “produto de um raciocínio feito sob comando”, em que o professor consegue ajudar a criança, mas sem induzi-la. É importante que o professor consiga distinguir uma ajuda que leva a crença desencadeada e a que leve a crença sugerida. A pergunta ou instigação pode partir do outro (colega ou professor), mas a resposta deve ser construção do estudante (MACEDO, 1994).

A crença espontânea é um resultante do biológico, social e coletivo, em que a criança não apresenta a necessidade de raciocinar para responder a qualquer questionamento, e sim apresenta uma resposta imediata. Isso ocorre quando a questão não é nova para a criança, e sim resultado de uma reflexão anterior (MACEDO, 1994).

Apresentamos essas reações descritas por Piaget, porque temos a intenção de durante as aulas identificar algumas delas e, além disso, refletir um pouco sobre o contexto e as condições de criação de cada uma.

Astolfi e Develay (1991) argumentam que ensinar conceitos de Física, Química e Biologia “não pode mais se limitar a um fornecimento de informações e de estruturas correspondendo ao estado da Ciência do momento, mesmo se estas são eminentemente necessárias”, pois para esses autores “uma verdadeira aprendizagem científica se define, no mínimo, tanto pelas transformações conceituais que produz no indivíduo quanto pelo produto de saber que lhe é dispensado”. E assim, para provocar transformações conceituais, é necessário saber/conhecer quais conceitos que se pretende transformar. Trata-se de tomar consciência da importância de se conhecer os saberes prévios dos estudantes.

Nosso trabalho apresentará as concepções dos estudantes a respeito do SC, e como já destacado anteriormente, o objetivo é conhecer melhor essas concepções, para que assim possamos aumentar as chances de provocar mudanças nas mesmas, ou pelo menos que elas possam se relacionar com as concepções científicas que se pretende ensinar. Temos a clareza de que trabalhos que se focam em conhecer as concepções dos estudantes apesar de serem muito positivos apresentam também seus limites, como destacado por Astolfi e Develay (1991). Dentre os limites esses autores destacam que os

questionamentos para obter essas concepções podem supor um caráter estável e invariável das representações, e para evitar isso devemos nos ater a algumas questões:

1. Ao fato de que as representações são inicialmente estratégias cognitivas em resposta a um determinado problema, e por isso os contextos da produção das respostas devem ser considerados. Por esse motivo será fornecido ao longo do nosso trabalho o máximo possível de detalhes sobre o contexto de produção das perguntas e respostas dos estudantes.
2. Outro aspecto que se relaciona com o anterior, diz respeito ao fato de que uma resposta sempre tenta satisfazer a pergunta de quem a faz, e assim se o questionador for outro, as respostas também poderiam ser outras. Temos plena clareza desse aspecto, pois a relação estabelecida entre a professora e os estudantes afetam direta ou indiretamente as respostas que os estudantes apresentam.
3. O significado de uma representação é dado pelo pesquisador, e não é algo que se efetua naturalmente, como se os dados recolhidos pelo pesquisador se auto-ordenassem para produzir um determinado sentido.

Mesmo sabendo todas as limitações apresentadas acima, acreditamos que o estudo das concepções dos estudantes é algo extremamente válido, uma vez que essa é a melhor forma que temos de conhecer o que pensam os estudantes, para assim propor qualquer mudança ou acomodação nessas formas de pensar.

Os estudos sobre as origens das representações têm conduzido as seguintes orientações (ASTOLFI e DEVALAY, 1991):

- a) Uma orientação psicogenética: que apresenta um paralelismo entre os dados do desenvolvimento da inteligência da criança e as representações relativas a cada conceito.
- b) Uma orientação histórica: que apresenta correspondências entre as representações atuais dos estudantes e as concepções presentes ao longo da HC.

- c) Uma orientação sociológica: que apresenta as representações como uma reapropriação social de conceitos científicos.
- d) Uma orientação psicanalítica: que apresenta o caráter superdeterminado de certas representações cuja interpretação salienta a importância do trabalho do inconsciente.

Concordamos com Astolfi e Devalay (1991) de que estas diferentes linhas podem juntas contribuir para uma melhor abordagem sobre as concepções/representações. Para que assim possamos superar a ideia de “distanciamento entre as representações e o pensamento científico, como se as primeiras tivessem apenas uma função negativa”. Para Astolfi e Devalay (1991):

“o problema seria antes o de examinar caso por caso, a área de validade das representações, o campo para o qual elas funcionam como auxiliares, ao mesmo tempo em que são analisadas como obstáculos; uma vez que todo progresso intelectual verdadeiro deverá apoiar-se sobre elas para melhor trabalha-las e fazer com que evoluam” (pg 73).

Concordamos com a ideia de Astolfi e Devalay (1991) de que as representações são como pontes de equilíbrio da estrutura cognitiva do indivíduo, e este equilíbrio deverá evoluir durante a aprendizagem. E sendo elas pontes de equilíbrio, se faz necessário que as conheçamos bem quando pretendemos interferir nesse equilíbrio trazendo novos conhecimentos.

4.3. A Construção de Modelos de Sistema Circulatório

O início deste projeto se caracterizou por uma busca detalhada na literatura sobre a história da construção dos conceitos sobre SC. Desta busca na literatura foram construídos uma coleção de textos, com linguagem apropriada para estudantes do Ensino fundamental. Esse conjunto de textos levava em consideração as barreiras conceituais existentes ao longo da história desse conhecimento, bem como as concepções discutidas em geral pelos estudantes, segundo a literatura. Parte desse conjunto de textos foi utilizada durante o decorrer das aulas.

Quanto à construção desses textos, a mesma se deu a partir de leitura de algumas obras históricas originais, como a tradução “História dos animais” de Aristóteles, “Estudo anatômico sobre o movimento do coração e do sangue nos animais” de Harvey e “Timeu” de Platão; e também a partir da leitura de bibliografias secundárias como Porto, 1994; Filho, 2001; Delizoicov, 2004; Rebollo, 2006 e 2007; Pinto, 2007; Silva, 2009; Martins, 2008. É importante destacar que ao utilizar obras originais, fazemos recortes e interpretações desse material, e ainda ao utilizar obras secundárias nos valemos de interpretações desses autores a respeito dos originais. Estando cientes dos riscos que isso pode representar, e por esse motivo tentamos nos baseamos em autores bastante conhecidos na área da HC. Segue abaixo uma breve reconstrução da história sobre o desenvolvimento dos sistemas explicativos a respeito do funcionamento do SC.

A Ciência caminha passo a passo, e apesar de ser habitual creditarmos importantes descobertas a “cientistas geniais”, vale sempre lembrar que estes cientistas alcançaram tais descobertas pautadas em conhecimentos anteriores a seus estudos, quer seja no intuito de ampliar, corroborar, ou até mesmo de refutar determinado conhecimento.

A respeito do conhecimento sobre o Sistema Circulatório, o documento mais antigo referindo-se a este assunto data de 3000 a.C., trata-se de um papiro atribuído a Imhotep, médico egípcio, em que consta uma descrição do coração, como algo conectado a canais que se espalham pelo corpo, além disso há também há menção sobre a pulsação (PINTO, 2007).

Entre o papiro atribuído a Imhotep e os escritos de William Harvey, médico pesquisador que postulou significantes teorias sobre SC, houve contribuições de diversos pesquisadores, dentre eles temos os destacamos abaixo. Hipócrates que ensinava a seus seguidores que o coração era dividido em cavidades, e que a coloração do sangue seria distinta entre as cavidades direita e esquerda, além disso, ele também ensinava que as veias transportavam sangue pelo corpo, já as artérias carregariam ar. Praxágoras defendia que com o exame da pulsação seria possível obter informação relevantes sobre várias doenças. Herófilo descreveu detalhadamente os movimentos do coração – sístole e diástole.

Erasitato era um estudioso das obras hipocráticas defende que as artérias também contêm sangue, como as veias, e que ambas se comunicam (PINTO, 2007). Aristóteles estudou profundamente as artérias, e defendia que o coração apresentava três cavidades em animais de grande porte e duas ou uma nos de pequeno porte, e que era recoberto por uma membrana fibrosa e gordurosa, além de ser último órgão do corpo a morrer, e que o sangue estaria relacionado a temperatura do corpo. Aristóteles também acreditava que o coração apresentava uma cavidade que se comunicava com os pulmões, e que a partir de características físicas do coração podia-se fazer previsões sobre caráter (ARISTÓTELES, 2006). Platão defendia o coração como órgão central da circulação, responsável pela movimentação constante do sangue, que transporta a energia pelo corpo e pela produção do sangue (PLATÃO, 2011).

É possível perceber no parágrafo anterior a presença de uma importante barreira conceitual, que se refere à diferença entre o que é transportado por veias e artérias. Durante muitos anos acreditou-se que as artérias seriam responsáveis pelo transporte de ar, e as veias pelo transporte de sangue. Quando durante a história foi postulado que as artérias também transportavam sangue, isso provocou certo estranhamento da comunidade estudiosa desse assunto, e durante determinado período a comunidade científica tinha suas opiniões divididas quanto a essa questão.

Dentre os episódios cruciais que ocorreram ao longo da História sobre os conhecimentos do SC, tem-se a transição do modelo de Cláudio Galeno (Modelo com um misto de ideias filosófica e religiosa) para o modelo de Harvey (Modelo mais mecanicista), com explicações bem distintas quanto a várias questões envolvendo esse Sistema.

Galeno foi um médico grego (Médico de gladiadores da antiga Pérgamo) que viveu no segundo século de nossa era. Ele postulou descobertas muito pertinentes sobre SC, baseado nas ideias de Hipócrates e de seus experimentos com animais (MARTINS, 2008).

As obras de Galeno baseiam-se na teoria dos Temperamentos, segundo a qual humores corpóreos determinam os temperamentos dos seres humanos.

Os escritos mais antigos a respeito dessa teoria estão em diversos tratados, que formam o *Corpus Hippocraticum* (MARTINS, 2008). Essas ideias podem ser assim explicadas:

A teoria humoral, a idéia de que a saúde está relacionada ao equilíbrio dos humores corporais, ou seja, que eles estejam nas quantidades certas e nos lugares corretos e que a doença é decorrente do excesso, falta ou acúmulo de humores em lugares errados, é atribuída normalmente a Hipócrates, um médico que teria vivido durante a Antigüidade por volta do século IV a.C (MARTINS, 2008, pg: 2).

O corpo do homem tem dentro dele sangue, fleuma, bÍlis amarela e bÍlis negra. Eles constituem a natureza desse corpo e por eles surge a dor ou a saúde. Ocorre a saúde mais perfeita quando esses elementos estão em proporções corretas um para com o outro e em relação à composição, poder e quantidade, e quando eles estão perfeitamente misturados. Sente-se dor quando um desses elementos está em falta ou excesso, ou se isola no corpo sem se compor com todos os outros. (Hipócrates, séc. IV a. C. /1999, p. 406 Apoud MARTINS, 2008).

Dentre os esclarecimentos feitos por Galeno, tem-se que, o átrio direito do coração recebe o sangue vindo do corpo, através de grandes veias, e este sangue é então ejetado para o ventrículo direito, e mandado ao pulmão. Ele também defendia o fato de as artérias conduzirem sangue e não ar como era pensado (Harvey, 1628).

Uma das questões que Galeno não conseguiu esclarecer foi como o sangue passava do lado direito para o lado esquerdo do coração. Por não conseguir explicar ele aceitou o que circulava no mundo científico da época, que existiriam poros entre os ventrículos. (Harvey, 1628).

Para Galeno o sangue se movimentava num sistema aberto, com início e fim, passando uma única vez pelo coração, os vasos sanguíneos partiriam do fígado, local onde o sangue seria produzido constantemente. O sangue sairia do fígado, através de vasos (Veia cava), com destino à cavidade direita do coração, onde as impurezas eram retiradas na forma de vapor, e levadas para o pulmão através de um vaso sanguíneo. O sangue purificado continuaria no sistema de vasos, e uma pequena porção era perdida para o lado esquerdo do coração através de poros existentes entre os ventrículos. No lado esquerdo do coração o sangue se misturaria com o pneuma (ar) do mundo exterior (vindo dos

pulmões), se transformando no espírito vital (sangue arterial) que era distribuído pelo corpo através das artérias (DELIZOICOV, 2004). Além disso, para Galeno o sangue não fluía em uma única direção, e sim partiria do fígado em direção à região do organismo que necessitasse de nutrição, e chegando nesse local o sangue seria consumido para nutrição (PORTO, 1994). É importante ressaltar que as ideias apresentadas acima, não foram todas formuladas unicamente por Galeno. O que este médico pesquisador fez, foi unir várias teorias a respeito do Sistema Circulatório, algumas delas provenientes da escola de Alexandrina, outras formuladas por ele mesmo em seus estudos.

As ideias postuladas pelo modelo de Galeno perduraram por cerca de 1500 anos a partir desse período começaram a surgir inúmeras refutações as suas colocações. Um dos pioneiros em críticas ao modelo de Galeno foi Ibn al-nafis no século XIII. Para ele,

...o sangue circulava através dos pulmões e não através do septo interventricular; admitiu a existência de pequenas passagens (ou poros) entre as veias e as artérias pulmonares (o que tem sido interpretado como uma referência a capilares, cerca de 400 anos antes da sua visualização); adicionalmente apresentou, também pela primeira vez, o conceito da circulação coronária, pela qual o sangue proveniente do ventrículo esquerdo e transportado através de pequenos vasos, nutria o coração (SILVA, 2009, pg: 1248)

Três séculos depois da publicação de Ibn al-nafis, Miguel de Servetus e Matteo Realdo Colombo, publicam suas obras a respeito da circulação pulmonar, e assim ficou demonstrado que o sangue passa pelo pulmão para ser oxigenado, diferentemente do que foi proposto por Galeno (SILVA, 2009).

Percebemos então, a transposição de uma barreira conceitual, que se caracterizou pelo rompimento com as ideias de Galeno quanto a existência de poros entre o septo ventricular, e a aceitação da existência de uma circulação pulmonar.

Três pontos falhos dos postulados de Galeno merecem destaque. Primeiramente, ele não havia compreendido verdadeiramente a existência da circulação, uma vez que acreditava que o sangue era consumido para nutrir as

partes do corpo, o fígado reporia esse sangue, dessa forma não haveria movimento circular no nosso corpo, e sim um movimento com início e fim. Segundo, ele não percebeu a função do pulmão para a transformação do sangue venoso em arterial. E em terceiro lugar, a não aceitação do coração como um órgão muscular e propulsor, haja vista que seus movimentos são involuntários (DÉCOURT e GRINBERG, 1990).

Durante o período reconhecido como renascimento houve grandes contribuições na Ciência, artistas com Leonardo da Vinci, com seus desenhos, retratou detalhadamente o corpo humano. Durante esse período tiveram destaque ilustres pesquisadores que reformularam e criaram conceitos sobre diversos assuntos, como astronomia, física e fisiologia. Esse período marcou a transformação da visão do universo.

O médico Miguel Serveto, era um grande estudioso das obras do Sistema Circulatório, e corroborou alguns dos postulados de Galeno, a respeito da circulação de sangue do átrio direito para o ventrículo direito, seguindo em direção aos pulmões, e ainda afirmou que dos pulmões saíam veias que conduziam o sangue para o ventrículo esquerdo. Servet nega então a existência de poros nos septos que separam o ventrículo direito do esquerdo, ideia que era muito aceita naquela época (REBOLLO 2007).

Aliado as contribuições de Andreas Vesalius, Miguel de Serveto e Cesalpino surgiram várias contestações ao modelo de Galeno.

(a) o septo interventricular não era permeável ao sangue, donde este não poderia passar directamente do ventrículo direito para o esquerdo;

(b) a veia cava não provinha do fígado;

(c) foi demonstrada a existência de um percurso intrapulmonar entre o coração direito e o esquerdo;

(d) em lugar da diástole (que aspiraria o sangue para o coração), seria a sístole cardíaca a determinar a função contráctil do coração e subsequente descarga do sangue para as artérias, que assim se encheriam com o volume debitado; a pulsação resultaria do enchimento das artérias com sangue, debitado regularmente a cada sístole (e não, como resultado da expansão da mistura do sangue com o *pneuma*);

(e) o sentido da deslocação do sangue seria determinado por válvulas existentes no coração e nas veias (SILVA, 2009, pg: 1251).

Apesar de muitos considerarem Harvey o pai da Cardiologia, milhares de anos antes de seus postulados, como se pôde perceber, os egípcios, gregos e romanos já haviam se atentado aos batimentos do coração, e atribuíam a esse órgão funções espirituais e emocionais. Para muitos deles era no interior desse órgão que estava contido a alma humana.

Coube ao médico inglês Willian Harvey, no século XVII (1578), a postulação da teoria ou modelo do Sistema Circulatório Sistêmico, caracterizado por ser um modelo complexo e bastante explicativo. Esse médico realizou amplas investigações, envolvendo embriologia, anatomia e fisiologia da circulação em diferentes grupos de animais (como por exemplo, insetos, répteis, anfíbios, peixes, pássaros, mamíferos). E relacionou os dados obtidos ao observado em dissecções de cadáveres humanos (DÉCOURT, 1990).

Dentre os postulados de Harvey destaca-se, que ele descreveu a disposição das válvulas cardíacas, que somente permitia o sangue fluir em um único sentido; esclareceu que os átrios se contraíam enviando sangue para os ventrículos que se contraíam simultaneamente depois dos átrios; e que o sangue do ventrículo direito passaria para o átrio esquerdo através dos pulmões, e do átrio esquerdo seria transmitido ao ventrículo esquerdo (refutando assim o proposto por Galeno, em relação a existência de poros entre os ventrículos.); os movimentos do sangue seriam determinados pelo coração e não pelo fígado; ele também rejeitou a ideia de que o sangue seria movimentado por sucção cardíaca, (com fluxo e refluxo); defendeu ainda que o sangue que sai do coração circulava em um sistema de vasos diferentes daquele que o transportava no sentido contrário; argumentou que nas artérias e veias existiriam o mesmo tipo de sangue; e que o enchimento das artérias de sangue seria o fenômeno responsável pela pulsação, diferente do que era pensado na época (que as artérias se dilatavam e só depois recebiam o sangue); refutou a ideia de que o sangue seria continuamente produzido no fígado e consumido pelos tecidos

corporais, através de cálculos matemáticos em que se levava em conta o número de batimentos cardíacos por dia e o volume residual de sangue colhido no coração de cadáver, o que permitiu chegar à conclusão de que, a quantidade de sangue bombeado diariamente pelo coração seria muito maior que à quantidade de líquidos e alimentos ingeridos no dia, e à capacidade da hipotética regeneração do sangue pelo fígado; ele propôs que o sangue existente no corpo teria de circular continuamente na rede vascular, seguindo sempre o mesmo sentido, passando das artérias para as veias, destas para o coração, e depois de novo para as artérias, em circuito fechado e constante; no seu modelo de dinâmica de funcionamento desse sistema o coração passa a ser compreendido apenas como um órgão propulsor, e não mais como um local onde o sangue se misturaria com o ar, esta função passou a ser dos pulmões (SILVA, 2009).

Pode-se perceber algumas barreiras conceituais que este novo modelo rompeu para conseguir ser aceito pela comunidade da época, dentre eles tem-se os destacados por Silva (2009):

- ✓ Aceitação do coração como órgão musculoso com função propulsora;
- ✓ A aceitação do movimento circular do sangue. Centrífugo nas artérias e centrípeto nas veias;
- ✓ Não seria na diástole que o coração teria um maior vigor, e sim na sístole, e a sequência da estimulação cardíaca seria do átrio para o ventrículo;
- ✓ O sangue não passaria através dos ventrículos, ou seja, não existem poros entre os ventrículos;
- ✓ No pulmão seria o local onde o sangue recebe o “espírito vital” (Oxigênio), e não no coração;
- ✓ Os vasos se distendem porque recebem o sangue vindo do coração, e não o contrário, o sangue passa pelos vasos porque estes se distendem.

Muitas das ideias presentes nas obras de Harvey já haviam sido propostas anteriormente, mas não com tantas evidências e de forma tão sistematizada como a proposta de Harvey. O que pode ser percebido é que esse modelo promoveu a superação de muitas dificuldades e apresentou explicações bem coerentes aos fenômenos observados na prática.

Em experimentos Harvey colocou em evidencia a artéria de um animal, e a cortou, com isso ele observou o sangue jorrando pela artéria cortada, com o passar do tempo a quantidade de sangue foi diminuindo até cessar e o coração parava de bater. Assim ele refutou a ideia defendida por Galeno, de que o fígado produzia sangue continuamente, pois se isso fosse verdade o sangue não cessaria na artéria cortada, pois o fígado reporiria o sangue perdido na hemorragia (PORTO, 1994).

Outro experimento de Harvey consistiu em laquear (bloquear) e em seguida cortar um vaso sanguíneo que partia do coração de uma cobra, nesse experimento não houve hemorragia, e alguns segundos depois, o coração começou a inchar pelo acúmulo de sangue. Dessa forma ele conseguiu constatar que realmente o sangue flui do coração para o restante do corpo, e o coração teria então a função de impulsionar o transporte de sangue no interior das artérias (PORTO, 1994).

Em outro experimento Harvey conseguiu demonstrar a existência de válvulas nos vasos que levam o sangue de volta ao coração. Ao comprimir uma veia do antebraço e espremer o sangue em direção ao coração, ao interromper a segunda manobra, o sangue não volta a fluir no interior do vaso, esse fluxo somente é restabelecido quando deixa-se de comprimir a veia (primeira manobra). O que mostra que o sangue somente flui no interior nas veias em direção ao coração. (PORTO, 1994).

Harvey abandonou as explicações espirituais para compreender o Sistema Circulatório, que eram até então o que embasava muitas das explicações aceitas sobre o assunto. Ele utilizou, “provas matemáticas e cálculos exatos em ensaios biológicos”, para explicar como funcionava o Sistema Circulatório (PORTO, 1994).

Apesar de todos estes postulados, Harvey não conseguiu explicar de forma clara a função do movimento circular de sangue pelo corpo, nem como o sangue seria formado, nem que ocorria fisiologicamente durante a respiração pulmonar, e a principal lacuna de sua teoria, que era como se dava a comunicação do sistema venoso com o arterial. (SILVA, 2009).

Após a invenção do microscópio, muitas das lacunas deixadas por Harvey foram esclarecidas, como por exemplo, a descoberta dos capilares (a relação entre as veias e as artérias), por Marcello Malpighi, ainda no século XVII (FILHO, 2001).

Delizoicov (2004) destaca que o resgate histórico sobre o contexto de surgimento, da aceitação e do uso do modelo de Harvey pode permitir discussões e problematizações das seguintes questões: “1) os pressupostos segundo os quais a origem do conhecimento científico está na observação e na experimentação, como quer a concepção empirista” – Analisando o que foi descrito acima fica claro que o conhecimento não é obtido por simples observação, e sim depende muito do olhar de quem observa, e este por sua vez é dependente de todo um contexto social político econômico e cultural. “2) que o crescimento do conhecimento científico é linear e essencialmente cumulativo” – Os conflitos de ideias, as polemicas em torno da movimentação de sangue pelo corpo e as refutações de ideias indicam pouca relação de aspectos lineares e cumulativos na construção do conhecimento científico. “3) uma concepção individualista e neutra de sujeito, que, ao tratar com um aparato lógico-matemático os dados observados, descobre as leis naturais” – Como já discutido acima, a construção de conhecimento a partir da observação é estritamente relacionada a interpretações subjetivas do sujeito que observa. “4) a imagem descontextualizada e socialmente neutra da ciência” – A Ciência não é algo supremo que está posto ao homem, e sim é um corpo de conhecimento construído por ele, e assim sendo, não é neutra nem independente do contexto em que é produzida.

Diante do histórico apresentado, acreditamos que todas as barreiras conceituais, contradições e passos que se fizeram presentes na consolidação dos conhecimentos sobre o SC, possam ser utilizados como forma de contribuir para uma melhor compreensão em relação ao funcionamento deste sistema e em relação aos aspectos da Ciência. Desta forma, utilizando de informações trazidas da HC podemos contribuir para a aprendizagem de um conteúdo específico e também auxiliar em uma melhor compreensão sobre os Aspectos da Ciência.

05. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA:

Uma visão construtivista serviu de base teórica pedagógica para o desenvolvimento das atividades da SD. Partimos do princípio que o construtivismo é o produto de uma ação espontânea, que pode algumas vezes ser desencadeada, mas nunca induzida; e assim o que se objetiva com os recursos didáticos utilizados na SD é desencadear nos estudantes uma percepção diferenciada em relação ao SC e à natureza da Ciência, numa tentativa de indução mínima.

As estratégias desenvolvidas ao longo da sequência didática visam focalizar as ideias dos estudantes e suas concepções, além disso, visam permitir uma possível reelaboração de seus modelos para explicar o funcionamento do SC. A seguir foram destacadas cada uma das atividades desenvolvidas na SD, com seus respectivos objetivos, e com o que cada uma forneceu em termos de ações observáveis dos estudantes, passíveis de análise e acompanhamento da aprendizagem.

A primeira intervenção da SD foi à sondagem das concepções dos estudantes, por meio de uma discussão entre eles guiada pela professora a partir de uma sequência de perguntas previamente elaboradas. Com essa primeira intervenção, foi possível começar a conhecer as ideias dos estudantes, tanto em relação a aspectos da Ciência como em relação ao SC.

A segunda intervenção foi um momento de atividade prática, em que os estudantes puderam manipular nosso objeto de estudo (o elemento coração no SC). Eles receberam vários corações de galinha, e deviam analisá-los e fazer anotações e desenhos do que eles estavam observando e consideravam importantes para o SC. Nessa atividade não houve intervenção da professora no sentido de explicar nenhum conteúdo, quem deveria explicar eram os estudantes; com isso eles se sentiram protagonistas do processo de construção do conhecimento, e assim puderam revelar os conhecimentos que traziam com eles a respeito do SC. Além da importância dessa atividade permitindo que os estudantes revelassem o que pensavam sobre o SC, ela também foi de extrema importância por se tratar de uma atividade com algo concreto que era altamente

motivador e acessível ao conhecimento desses estudantes. Nossa intervenção pedagógica considera as ideias de Piaget como diretrizes para desenvolver o processo de ensino e aprendizagem; sendo assim, acreditamos que nessa idade (entre 9 e 11 anos) o raciocínio da criança se baseia principalmente em objetos ou em realidades concretas e observáveis, e a atividade prática nos parece muito pertinente.

Depois de expressarem suas ideias, e explorarem algo concreto do SC, os estudantes receberam textos que traziam ideias distintas sobre o funcionamento deste sistema, formuladas por diferentes “pensadores” ao longo da HC. Muitas dessas ideias eram semelhantes às dos estudantes e outras bem distintas. Eles foram capazes de ler o texto e escrever com quais ideias concordavam e com quais discordavam, isso constituiu uma análise crítica dos estudantes a respeito do conteúdo do texto. Essa intervenção permitiu que os estudantes descobrissem que na Ciência também há ideias discordantes e conflitantes.

A quarta intervenção constou de uma apresentação da professora - uma linha do tempo, em que apareciam todos os pensadores dos textos anteriores, localizados na sua época. Os estudantes puderam então ver a distância temporal entre cada um deles, o que já causou interesse e curiosidade; além disso, a linha do tempo permitiu uma discussão muito produtiva a respeito dos aspectos da Ciência. Essa atividade permitiu discutir o caráter descontínuo da Ciência, bem como destacar que o que estávamos vendo (as ideias presentes nos textos) eram apenas um recorte da HC sobre o SC, com localização de algumas das ideias que foram propostas para explicar seu funcionamento.

A última intervenção foi uma aula expositiva-dialogada e prática, mostrando como compreendemos o SC hoje. Para essa intervenção foi utilizada à lousa, pincel atômico e o coração de um mamífero bovino. Primeiramente a professora construiu na lousa, com a ajuda dos estudantes um modelo antigo (de Galeno) para explicar o funcionamento do coração, já conhecido pelos estudantes (através dos textos discutidos na SD). Em seguida a professora construiu ao lado desse modelo, o modelo utilizado para explicar a circulação de sangue hoje (modelo de Willian Harvey). A intenção era ressaltar as diferenças

entre os dois modelos, e, ao mesmo tempo, mostrar o caráter dinâmico da Ciência; pois apesar de o modelo de Galeno ter sido utilizado por mais de um século para explicar o funcionamento do SC, hoje podemos reconhecer nele várias falhas, e pensamos seu funcionamento de forma bem distinta. Cabe ressaltar que em momento algum o modelo de Galeno foi menosprezado ou inferiorizado em relação ao de Harvey, pois o fato de terem sido propostos em momentos bem distintos da HC foi considerado, esclarecido e discutido com os estudantes.

Depois de expor como a Ciência defende o funcionamento do SC atualmente, o coração de boi foi utilizado para mostrar estruturas importantes do coração e esclarecer algumas dúvidas que haviam ficado da primeira atividade prática com os corações de galinha. Para explicar às estruturas presentes no coração a professora retomava sempre as ideias que os estudantes haviam desenvolvido na primeira atividade prática, quer no sentido de contradizer o que eles argumentaram, ou no sentido de corroborar com suas ideias.

A SD permitiu em vários momentos que os estudantes fossem atores de seus próprios conhecimentos, manipulassem estruturas concretas, e tivessem acesso a ideias distintas a respeito do funcionamento do SC - muitas delas, para o contexto atual, consideradas erradas. O intuito era fazer com que os estudantes compreendessem melhor a ideia do erro, presente tanto no contexto da HC, como no ambiente de sala de aula. Acreditamos que tudo isso tenha favorecido o processo de ensino e aprendizagem em uma perspectiva construtivista.

Para a construção da sequência didática, primeiramente foi estabelecido um roteiro prévio de atividades (em anexo) a serem trabalhadas com estudantes do Ensino Fundamental (5º ano) de uma escola particular de Ensino Fundamental e Médio da zona leste da capital paulista. A SD de que trata esta pesquisa foi proposta e programada para se desenvolver em 10 aulas, dentro da disciplina de Ciências, e foi nomeada por nós de curso piloto. A turma na qual esse curso foi ministrado era formada por 18 estudantes com idades entre 9 e 10 anos, com predominância do sexo feminino, caracterizada por ser uma turma bem participativa e envolvida com as atividades propostas. O instrumento para

coleta de dados constou de gravação em áudio das aulas, de anotações feitas pela professora e dos materiais produzidos pelos estudantes, na forma de relato e registros em papel, com textos e figuras. O material oferecido para o trabalho dos estudantes em sala de aula constou de textos curtos descritivos do SC e sua evolução ao longo da história; material biológico para pesquisa, questões para respostas escritas e discussões. Procuramos assim organizar uma forma de trabalhar elementos trazidos da HC associadas ao levantamento das concepções dos estudantes e seu desenvolvimento; de cada momento do curso piloto produzimos dados a partir dessas fontes distintas.

O curso foi dividido em seis momentos para efeito de análise, de acordo com o esquema a seguir:

Do momento inicial do curso piloto – “sondagem das concepções”; teremos para análise as anotações da professora e a gravação em áudio das falas dos estudantes. O segundo momento - “Atividade prática”; e o quinto momento - “Atividade prática II” – são ocasiões em que aparecem intensamente as ideias e a compreensão dos estudantes através de textos e desenhos produzidos por eles. Do terceiro momento – “Leitura de textos da HC” - teremos para a análise os textos produzidos pelos estudantes com suas interpretações sobre o SC exposto. Do quarto momento – “Linha do tempo”; teremos para

análise anotações feitas pela professora. E finalmente do último momento do curso – “Discussão final”; teremos para serem analisadas as anotações da professora e alguns relatos escritos pelos estudantes.

Cabe ressaltar, que o roteiro prévio do curso piloto não representa uma sequência didática final propriamente dita, uma vez que esta será sempre reconstruída a partir da interação com os estudantes. As modificações no roteiro prévio foram feitas sempre que necessário ao longo das aulas, e assim, ao final dessas aulas, depois da análise de cada atividade desenvolvida no curso piloto, foi estabelecida uma sequência didática, que terá partido de um roteiro prévio, mas que também contará com contribuições da interação estudantes-professor, na realidade das aulas. Consideramos que uma sequência didática nunca será definitiva dentro de uma concepção de ensino e aprendizagem que tem a preocupação de incluir o estudante na aprendizagem e desenvolvimento dos conceitos científicos. Porém o que podemos apresentar é uma SD que utiliza a HC com atividades de manipulação experimental, acopladas a aulas em que a interação e o diálogo com as concepções dos estudantes são fundamentais para a aprendizagem.

5.1. O Curso piloto:

Abaixo será discriminado cada uma das atividades desenvolvidas durante o curso piloto e seus respectivos objetivos:

A primeira atividade do curso propõe a sondagem das concepções dos estudantes em relação a dois aspectos; em relação a Aspectos da Ciência e simultaneamente em relação ao Sistema Circulatório. Pretende-se que o estudante possa perceber o fenômeno real trabalhando, experimentando, ou seja, sendo sujeitos ativos no processo de aprendizagem, e para que isso seja possível suas concepções são de extrema importância para que ele próprio possa coloca-los em cheque com orientação do professor. O professor precisa compreender as concepções de Ciência que os estudantes possuem, para, a partir dessas concepções, diferenciar reelaborações necessárias no sentido da construção científica. Compreender quais são as concepções dos mesmos em

relação ao SC é imprescindível. Sempre no fim de cada atividade do curso os estudantes eram convidados a construir um texto ou esquema com as ideias trabalhadas na aula.

Após o primeiro momento de sondagem a respeito das concepções dos estudantes, foi realizada uma atividade prática, utilizando corações de aves (galinhas). Os estudantes puderam observar, e mais uma vez anotar explicações ao que estavam visualizando e ao que o professor questionou durante a aula. Dessa forma eles fizeram anotações tanto sobre o funcionamento (Fisiologia) do Sistema Circulatório, quanto sobre a parte estrutural de órgãos desse sistema (Anatomia). Foi pedido ao fim dessas atividades práticas que os estudantes tentassem relacionar o que podiam observar nos corações, com suas ideias apresentadas e desenvolvidas nas aulas anteriores, quanto ao SC. Incluímos essas atividades acreditando que nessa idade, segundo Piaget (1999) os estudantes necessitam de atividades concretas (com o objeto real) e visuais.

As explicações dos estudantes foram coletadas e analisadas no sentido de encontrar possíveis aproximações entre o que eles pensam, e o que foi pensado e defendido ao longo da história dos estudos sobre SC. Cabe ressaltar que não se pretende em nenhum momento defender uma correlação direta entre as ideias dos estudantes e as ideias propostas ao longo da HC; haja vista que isso é impossível devido às diferenças culturais, sociais e econômicas de cada época. Antes, o que se pretende, e dentro das limitações, é utilizar a HC para facilitar e desencadear o processo de ensino-aprendizagem. Após a análise dos materiais produzidos pelos estudantes, fizemos uma seleção de textos tratando da história da construção desse conhecimento a serem utilizados com eles. Essa seleção foi feita a partir de uma coleção de textos que foram previamente coletados por nós quando nos propusemos a trabalhar o tema proposto nesta pesquisa. Dentro de um universo de textos tratando das barreiras conceituais enfrentadas ao longo da história deste conhecimento, foram selecionados os textos que mais se aproximavam das ideias dos estudantes. Assim os estudantes entraram em contato com esses textos contendo diferentes ideias para explicar o SC; com a leitura puderam procurar pontos em que as ideias se aproximassem das suas e em que se distanciassem.

As ideias trabalhadas nos textos ao longo do curso piloto se referiam aos seguintes autores/pensadores: Hipócrates (460 – 370 a. C.), Platão (428 – 348 a. C.), Praxágoras (340 a. C.), Aristóteles (384 – 322 a. C.), Herófilo (335 – 280 a. C.), Claudio Galeno (129 – 217 d. C.) e Miguel de Serveto (1511 - 1553). Além desses pensadores (trabalhados em textos com os estudantes), os estudantes também tiveram contato com as ideias de William Harvey (1578 – 1657) e Marcello Malpighi (1628 – 1694), através de explicações feitas pela professora.

Em seguida foi feita discussões sobre as hipóteses formuladas por eles (“e compartilhadas por antigos pesquisadores”), tentando mostrar os pontos que elas conseguiram esclarecer bem, e os que pareceram ser “falhos”. Para isso foram criadas estratégias (a partir de perguntas, ou de simulação de situações específicas) para que os próprios estudantes reconhecessem os pontos falhos de suas hipóteses.

Reconhecidos esses pontos falhos, o professor tentou esclarecer os principais conceitos do Sistema Circulatório. Em seguida foi pedido que os estudantes construíssem textos, onde deveria conter as principais diferenças e semelhanças entre o que eles pensaram e o que é aceito hoje.

Para a compreensão do modelo de Harvey (o mais aceito hoje para explicar o funcionamento do SC), os estudantes também tiveram atividades práticas de manipulação do coração de um mamífero bovino, só que desta vez a atividade teve um caráter mais explicativo que a prática anterior. Durante esse momento a professora retomou sempre que possível às ideias e dúvidas da atividade prática anterior (com coração de Galinha).

Após o contato dos estudantes com as diversas ideias para explicar o mesmo fenômeno, eles receberam uma linha do tempo contendo em ordem cronológica todos os pensadores (pode ser vista em anexo). O objetivo é possibilitar que os estudantes compreendessem o processo lento, “tortuoso” e com muitos conflitos, de construção do conhecimento científico. Tentando mostra aos estudantes como são construídos os modelos científicos explicativos. A linha do tempo permite que eles possam ver a distância temporal entre as ideias dos pensadores, e permite a discussão sobre os Aspectos da Ciência. Foi

possível utilizando a linha do tempo, mostrar a eles que ideias que foram tidas com verdades absolutas por mais de um século (ideias de Galeno, por exemplo) hoje são consideradas ultrapassadas, e dessa forma destacar o caráter dinâmico e descontínuo da Ciência. Além de tudo isso, com a utilização da linha do tempo também foi possível discutir com os estudantes, o fato de que o que estava sendo visto no curso era apenas um recorte da história, e não ela por completo.

A linha do tempo foi construída com uma imagem que remete a circulação do sangue. Ela apresentou muitas ramificações, isso permitiu esclarecer que o que estava sendo estudado no curso representava apenas um pequeno recorte da HC, e que existem muitas outras “ramificações” com as quais não estávamos tendo contato no curso.

As análises dos materiais produzidos no curso piloto foram sendo feitas ao longo do desenvolvimento do curso. O que pretendemos com isso é validar ou não uma forma de utilização da HC no Ensino, em que se faz o acoplamento de discussões, aulas práticas e textos sobre a História de um conhecimento específico (Sistema Circulatório). O roteiro detalhado do curso piloto pode ser visto em anexo (01).

5.2. Metodologia de Análise dos Dados:

Antes de discriminar a forma de análise dos dados gostaríamos de deixar claro que temos ciência que a análise qualitativa, como defendida por Minayo (2012), pode apresentar grandes obstáculos, dentre eles a “ilusão de transparência”, em que o pesquisador tenta interpretar os “dados como se o real se mostrasse nitidamente”, e assim, para uma análise confiável é necessário que o observador supere a “sociologia ingênua”. Outro obstáculo também destacado pela autora é o que leva o pesquisador a sucumbir à magia dos métodos e técnicas, deixando de lado a fidedignidade à compreensão do material. Além disso, a autora defende que muitos pesquisadores têm dificuldade em fazer uma junção e síntese das teorias e dos achados em campo.

Para evitar os obstáculos destacados acima seguimos algumas indicações da Minayo (2012). Essa autora defende que a análise do material recolhido em campo deve buscar atingir alguns objetivos, dentre eles:

1. A ultrapassagem das incertezas, uma vez que podem trazer respostas as perguntas pertinentes;
2. Enriquecimento da leitura, por permitir a ultrapassagem de um olhar imediato e espontâneo;
3. Integração das descobertas, por permitir desvendar uma lógica interna, que ultrapassa o nível espontâneo das mensagens.

Os dados serão analisados a partir da análise de discurso. Para Minayo (2012), o objetivo da análise de discurso é realizar uma reflexão geral sobre as condições de produção e apreensão da significação de textos produzidos nos mais diferentes campos.

Além de seguirmos as indicações da Minayo, também nos guiaremos nesta fase de análise nas ideias de Moraes (2007). Para esse autor a análise discursiva textual pode ser entendida como um processo de desconstrução, seguido de uma reconstrução, para produzir novos entendimentos sobre os fenômenos e discursos investigados. Os textos são marcados pela subjetividade e modos de interpretação e compreensão de todos os sujeitos envolvidos em sua produção e toda leitura é uma interpretação, não existindo leitura objetiva e neutra. “Fazer análises qualitativas de materiais textuais requer assumir interpretações dos enunciados dos discursos a partir dos quais os textos são produzidos, tendo consciência de que isso envolve a própria subjetividade” (MORAES, 2007).

Cientes de todas as questões destacadas acima, seguiremos os seguintes passos indicados por Moraes (2007) para realizar a análise dos nossos dados:

1. Leitura comprometida: Momento em que se deve realizar uma leitura com o intuito de conhecer o material, prestando o máximo de atenção no que está escrito;
2. Caracterização dos enunciados significativos: momento em que se definem as unidades de análise. Essa etapa consiste em dividir o texto

em partes de tamanhos variáveis, com o objetivo de construir uma melhor compreensão sobre o texto. É importante esclarecer que essa fragmentação do texto implica em perda de uma parte da informação existente. Serão consideradas unidades válidas para uma pesquisa aquelas que afirmem algo em relação ao objeto de investigação, por exemplo, no nosso caso, descrições detalhadas, observações na aula prática, localização do elemento do texto sobre o SC e sua função.

3. Categorização dos elementos unitários: É o momento de organizar as unidades produzidas acima, seguindo um conjunto de regras específicas. Vale destacar que “o exercício de categorizar nunca é inteiramente objetivo, podendo dar margens a dúvida e imprecisões”, por isso procuraremos exemplificar com dados reais e as interpretações que fizemos;
4. Produção de um metatexto destinado a apresentar o produto das análises: Esse momento combina descrição e interpretação, devendo dar sentido a alguma ideia subjacente ou implícita.

A seguir serão apresentados os resultados de nossas análises, nossas interpretações dos dados brutos e a categorização elaborada com eles.

06. ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS:

Essa parte do trabalho corresponde a um sequenciamento das atividades e materiais produzidos. Serão feitas considerações sobre o desenvolvimento destas atividades e interação com os estudantes. Tudo que está destacado em *itálico* e entre aspas, correspondem à fala ou escrita dos próprios estudantes.

6.1. Concepções em Relação aos Aspectos da Ciência:

Para realizar a sondagem a respeito das concepções dos estudantes sobre Aspectos da Ciência, uma série de questionamentos (que podem ser vistos em anexo) foram feitos a eles, e em seguida suas respostas foram ouvidas e discutidas entre eles e com o professor. Os dados apontados abaixo foram em grande parte obtidos a partir de anotações feitas pela professora no momento das discussões. As categorias elaboradas e destacadas abaixo trazem os exemplos das expressões dos estudantes.

A leitura e análise inicial dos dados levaram-nos a compor um quadro de dimensões de análise com os seguintes elementos:

- ✓ Características do Conhecimento Científico;
- ✓ Consequências do Desenvolvimento Científico;
- ✓ Visão a Respeito dos Cientistas;
- ✓ Definição de Ciências.

Inicialmente o que tínhamos era um conjunto de perguntas que provavelmente iriam nos fornecer informações importantes sobre como os estudantes pensam a atividade científica. Depois que essas perguntas foram feitas, analisando as respostas de uma forma ampla percebemos que elas nos traziam informações sobre os aspectos destacados a seguir.

Características do Conhecimento Científico:

Quanto ao desenvolvimento científico os estudantes parecem compreender que ele corresponda à evolução ou avanço da Ciência. Quando questionados sobre o que significa desenvolvimento científico, segundo eles:

“O desenvolvimento científico é algo que vem se desenvolvendo através dos anos”,

“Que a ciência está desenvolvendo mais coisas”;

“Ele permite desenvolver ou descobrir coisas novas”;

“Que a ciência está evoluindo”.

Foi solicitado aos estudantes que dessem exemplos de desenvolvimento científico, e eles destacam:

“Eles estão criando os remédios para as doenças”;

“Eles estão fazendo remédios mais fortes para ajudar nas doenças”;

“Invenção do celular”.

Quando pedido a eles que dessem exemplos de avanços científicos ligado ao Sistema Circulatório, eles citaram três exemplos:

“As cirurgias de retirada de varizes”;

“O homem conseguiu tirar o órgão de uma pessoa e colocar em outra”;

“Antes não sabia que tinha tipo de sangue diferente, mas agora dá para pegar o sangue por em uma máquina e dizer que tipo de sangue que é”;

“Foi à necessidade do homem que fez com que eles descobrissem que era possível transplantar o coração”.

Outro aspecto interessante levantado por eles foi a respeito da educação para o avanço da Ciência. Segundo um dos estudantes, para que haja o avanço do conhecimento científico é preciso a educação, pois é através dela que são transmitidas informações importantes, e assim sempre que alguém descobre

uma coisa nova passa esse conhecimento para outras pessoas que podem aperfeiçoar a tal descoberta. Segundo ele essa transmissão de conhecimento é feita pela educação.

“Os cientistas as vezes quando vão trabalhar na faculdade ele acaba ensinando aquilo que ele sabe, como se fosse hereditariedade”

Uma das alunas fez o seguinte questionamento:

“Mas naquela época (dos portugueses colonizando o Brasil) professora, não existia Ciência, existia?”

O questionamento foi posto em discussão. E as respostas a esse questionamento foram as seguintes:

“Existia, mas não tão boa quanto a de hoje”;

“Existia, mas não tão avançada quanto a de hoje”.

Segundo eles a Ciência sempre existiu e foi se desenvolvendo ao longo do tempo. Então a professora questionou o que diferenciava a Ciência de hoje da Ciência daquela época. A resposta a esse questionamento foi a seguinte.

“Antes eles achavam que tecnologia era fazer um avião ou um telefone, era uma coisa meio que daquela época... hoje é diferente. A Ciência está aprofundando mais em algumas coisas”.

Ao serem questionados se cada um desses avanços científicos foi desenvolvido por um único cientista. Eles disseram que não, pois a Ciência depende de muitas pessoas trabalhando juntas

“A ciência precisa de muitos lugares pesquisando o mesmo assunto”;

“Tem que ter os institutos da Ciência, que tem mais de uma pessoa trabalhando”.

Para os estudantes as descobertas científicas são precedidas de vários testes (que são feitos nos institutos científicos), e estes podem muitas vezes dar certo ou errado, e é dessa forma, segundo eles, que a Ciência avança.

Ao questionar se o desenvolvimento da Ciência era necessário, todos concordaram que sim, pois segundo eles:

“O desenvolvimento científico pode salvar vidas, tanto do homem como de outros animais”.

Quanto ao reconhecimento do conhecimento científico, os estudantes disseram que seria possível reconhecer através dos seguintes aspectos:

“Jeito que a pessoa fala.”; “São coisas inteligentes.”; “Se eu observo, é verdade, é Ciência.”.

Consequências do Desenvolvimento Científico:

Em relação às consequências do conhecimento científico os estudantes destacam aspectos positivos e negativos desse desenvolvimento.

Aspectos positivos	Aspectos negativos
<i>“É bom para o cientista que descobre coisas novas”.</i>	<i>“Ruim para a população, pois pode não ser útil”.</i>
<i>“É bom porque pode salvar vidas”.</i>	<i>“Pode desenvolver vírus que pode causar doenças”.</i>

Tabela 1: Aspectos positivos e negativos da Ciência destacados pelos estudantes.

O quadro a cima apresenta oposições de aspectos positivos e negativos, que nos mostram que concepções do senso comum parecem depender de fatores que não estão sendo considerados neste trabalho. Foi posto em discussão, por um dos estudantes, a utilização de animais para fazer experiências científicas. A turma ficou dividida quanto a isso, pois uma parte não vê problemas na utilização de animais, porque pra eles esses animais seriam na maioria das vezes *“inferiores e nojentos”*, como ratos, por exemplo, e por isso não haveria problemas em utilizá-los. Outra parte da turma não concorda, pois

defende que apesar de serem nojentos são animais como nós, e não devem ser tratados como inferiores.

“Os ratos podem parecer nojentos, mas eles são animais como a gente e também sentem dor e sofrem”;

“Fazer testes em ratos não garante que vai funcionar na gente, porque a gente é diferente dos ratos.

Visão a Respeito dos Cientistas:

Quanto à visão que os estudantes têm de cientista como Albert Einstein, por exemplo, a sala apresenta visões distintas, que podem ser vistas abaixo:

“Era doido”; “O cientista pode ser genial para a época dele”; “Era uma pessoa normal”; “Os cientistas usam conhecimentos do passado”; “Os cientistas fazem uma mistura das coisas que já existiam”.

Quando questionados se os cientistas estão sempre certos, todos defenderam que não, no entanto segundo eles, não é divulgado para a sociedade os erros dos cientistas, apenas os acertos. Para eles:

“Os cientistas podem até errar, mas nós não ficamos sabendo”.

Definição de Ciências:

Em relação ao que seria a Ciência, os estudantes apresentam visões distintas que foram categorizadas. Alguns não definem claramente, dizendo que:

“Ciência é o estudo de tudo”.

“Ciência é quase tudo”.

Já alguns estudantes dão a definição da ciência pela utilidade que ela apresenta:

“Ciência é uma coisa que a gente necessita”.

“É algo que o homem precisa para não ficar doente”.

Outros estudantes ainda a define pela sua característica mais dinâmica:

“Ciência é uma coisa que se desenvolve através dos tempos”.

Considerações 01:

Foi possível perceber que os estudantes apresentam uma visão positivista e dogmática sobre a Ciência. Em alguns momentos se torna perceptível certa criticidade ao conseguirem destacar que o desenvolvimento científico pode apresentar aspectos positivos e negativos como apontados anteriormente. Isso facilitou uma melhor discussão a respeito dos Aspectos da Ciência, e de seus interesses.

Durante a sondagem sobre as concepções de Ciência uma questão que pode ser facilmente destacada é a visão distorcida que ainda hoje alguns estudantes têm, ao defenderem certa inferioridade de alguns animais. O que mostra a necessidade de se trabalhar essa questão, no intuito de mostrar que cada ser vivo tem seu valor, e que devem ser respeitados.

Cabe destacar, diante das falas dos estudantes, a importância de se trabalhar a questão dos Aspectos da Ciência. É possível perceber em vários momentos da discussão que eles apresentam uma visão cumulativa de Ciência, em que a Ciência do presente seria melhor que a do passado, por representar um maior acúmulo sucessivo de conhecimento. No entanto alguns estudantes apresentam uma ideia bem diferente dessa, o que pode ser percebido na frase, em que o estudante mostra que as necessidades mudaram, e com isso a Ciência também mudou. Uma ideia fortemente defendida por eles é que a Ciência atual seria mais avançada e melhor que a do passado, o que representa uma visão anacrônica do fazer científico, tendo em vista que se trata de uma análise do passado com olhos no presente. E isso foi discutido com eles no intuito de superar essa visão.

Alguns estudantes apresentam uma visão crítica em relação ao fazer Ciência, e ao ser cientista, no entanto alguns, ainda não compreendem de forma adequada, e apresentam uma visão de cientistas como pessoas “doidas”, que se trancam em laboratórios, e que parecem pouco com os humanos comuns. Foi possível perceber que eles ainda apresentam uma visão bem ingênua a esse respeito, uma vez que em suas falas temos a imagem de um conhecimento superior, imparcial e verdadeiro, que é construído unicamente a partir da observação e descrição da “verdade”. É importante que seja trabalhado com os estudantes a ideia de que a Ciência é falível e comete erro, para assim tentar desmistificar a visão dogmática, positivista e de superioridade do conhecimento científico que eles possuem. É interessante mostrar que a Ciência é um campo de conhecimento produzido pelo homem, que apresenta metodologias próprias, mas que não apresenta superioridade em relação a nenhuma outra forma de conhecimento, e que como qualquer outro conhecimento é dependente de quem a produz. Quanto à forma de promover a desmistificação da Ciência, um caminho bastante viável e que utilizamos nesse trabalho, é a utilização do “Erro” na Ciência. Mostrar ao estudante que conhecimentos tidos por muito tempo como verdadeiros hoje são considerados ultrapassados pode ser uma forma de mostrar a dinâmica do fazer científico.

Quanto ao momento de sondagem sobre as concepções dos estudantes em relação aos Aspectos da Ciência houve poucas mudanças no roteiro prévio. No início da aula já havia uma sequência de questionamentos a serem feitos aos estudantes, no entanto durante a aula, como esperado, surgiram novos questionamentos, que passaram a fazer parte da sequência. Esses novos questionamentos partiram dos estudantes, ou da própria professora que durante o desenvolver da aula achou pertinente acrescentar outras questões.

Esse primeiro momento da sequência foi possível perceber um grande envolvimento dos estudantes, eles gostaram de poder expressar o que pensam. Nos primeiros questionamentos eles ainda estavam meio tímidos e não apresentavam compromisso nem com as perguntas nem com as respostas que davam. Chamaremos as reações dos estudantes nos primeiros instantes de “não-importantismo” (pegando emprestado o termo de Piaget), que segundo Piaget (1926) corresponde a reações em que os indivíduos respondem sem se

envolver, com respostas descompromissadas. Mas ao perceber que suas respostas estavam verdadeiramente sendo ouvidas e colocadas em discussão, à motivação dos estudantes aumenta, e eles começam a ter um pouco mais de compromisso com o que está sendo proposto. Nesse segundo momento chamaremos as reações dos estudantes como “fabulação”, que segundo Piaget (1926) é caracterizada por uma criação de explicações sem muita reflexão. A mudança de um contexto de ausência de envolvimento dos estudantes (não-importantismo), para outro com um pequeno envolvimento, com alguma reflexão, se deu a partir da criação de um momento para que os estudantes fossem verdadeiramente ouvidos, e suas respostas consideradas, independentes do “certo ou errado”. Acreditamos que o “não-importantismo” (tão presente nas salas de aula) seja uma reação que ocorre, em partes, pelo fato de os estudantes estarem acostumados a não serem considerados. Sendo assim quando questionados a respeito de qualquer assunto que jugam não conhecer, se sentem incomodados e respondem qualquer coisa, já sabendo que estará errado, e que assim serão julgados e suas respostas esquecidas. Quando isso não ocorre, e suas respostas são postas em discussão eles percebem que não serão ignorados, e com isso terão que se envolver mais na próxima resposta, já que a mesma será considerada, analisada e não julgada como “certa ou errada”.

6.2. Concepções em Relação ao Sistema Circulatório:

Os dados apresentados abaixo são provenientes de anotações da professora sobre o desempenho e a manifestação dos estudantes durante as atividades em sala de aula, e de pequenos textos produzidos pelos estudantes. Os Estudantes foram questionados e suas respostas ouvidas e discutidas. Analisando as respostas dos estudantes foi possível perceber que elas trouxeram informações a respeito dos seguintes aspectos sobre o SC:

- ✓ Características da Circulação de Sangue;
- ✓ Produção de Sangue;
- ✓ Funções do Sangue;
- ✓ Funções do Coração;

- ✓ Distinção entre Veias e Artérias;
- ✓ Importância do Sistema Circulatório.

Características da Circulação de Sangue:

Em relação à circulação, os estudantes foram questionados: **O que ocorre quando sofremos um corte no dedo?** (Esse questionamento foi o que finalizou a aula anterior; a professora já havia pedido que eles pensassem nisso, e que iria discutir esse fenômeno na próxima aula). As ideias principais dos estudantes podem ser vistas abaixo:

“Sai sangue porque cortamos as veias”;
“Interrompe/Atrapalha o Sistema Circulatório”;
“Quando cortamos sai CO₂ pelo corte”.

Segundo os estudantes depois de um tempo o ferimento para de sangrar pelos seguintes motivos:

“Porque a veia se junta”;
“Nasce outra veia no lugar, e o sangue seca”;
“Aperto o corte e bloqueia a circulação”.

Quanto à circulação do sangue, os estudantes defendem que:

“Quando aperto no corte, bloqueia a circulação, aí para de sair sangue”; *“Quando nós ficamos muito tempo sem se mexer o nosso corpo começa a formigar, porque nosso sangue precisa circular”.*

Os estudantes associam os termos circulatório e circulação com círculo. Segundo eles Sistema Circulatório é um sistema que circula pelo corpo; por isso segundo eles:

“Quando a gente coloca uma meia apertada no pé prende a circulação”.

Produção de Sangue:

Quando questionados sobre: **quem produz o sangue?** a maioria afirma que:

“É o coração quem produz e bombeia o sangue pelo corpo”.

Para eles o coração exerce duas funções importantes no Sistema Circulatório. Além disso, um estudante afirma que

“O coração bombeia, mas sem o sangue ele não consegue bater, o sangue parado se mistura com o novo e volta para o coração para receber células novas”.

Talvez na ideia do estudante, o sangue novo produzido pelo coração sairia pelo corpo pegando o sangue velho, e levaria este ao coração para receber células novas, assim o sangue seria constantemente reciclado pelo coração.

Funções do sangue:

Ao serem questionados a respeito de qual o destino do sangue após sair do coração os estudantes defendem que:

“O sangue é mandado para todo o corpo, para levar vitaminas”;

“Precisamos do sangue, porque sem ele ficaríamos paraplégicos”;

“O sangue também tem a função de deixar o corpoquentinho”.

O que foi exposto nos leva a interpretação de que eles relacionam o sangue com o transporte de nutrientes e com a movimentação do corpo, e ainda com a temperatura corpórea.

Funções do Coração:

Para os estudantes o coração desempenha as seguintes funções:

“Produção de sangue”; “bombear sangue”; “reciclar o sangue”; “dar pressão as artérias”.

Em seguida eles foram questionados a respeito do que seria feito o coração. Para eles:

“O coração humano é um órgão do formato da mão”;

“O coração é o principal órgão do sangue”.

Quando questionados sobre como saber se o coração está funcionando, surgiu um impasse entre os estudantes. Inicialmente eles responderam que:

“Se ele está bombeando está funcionando, e para saber é só pôr a mão no peito da pessoa para sentir”.

Entretanto uma aluna disse que não é de todas as pessoas que conseguiríamos ouvir ou sentir o coração. Para resolver o problema uma aluna disse:

“Professora se a pessoa estiver viva, o coração está funcionando, se estiver morta não está”.

Alguns estudantes defendem que o coração é o mais importante órgão do nosso corpo, outros defendem ser o cérebro o mais importante.

Distinção Entre Veias e Artérias:

Eles também foram questionados: **Qual a diferença entre veia e artéria?** Segundo eles as veias estariam espalhadas pelo corpo todo, e seriam responsáveis por transportar o sangue, e as artérias estariam no coração e seriam responsáveis por transportar pressão para o corpo. Eles se expressam nestes termos:

“As veias estão espalhadas pelo corpo e transportam sangue”;

“As artérias estão no coração”;

“As artérias transportam a pressão do coração”;

“As artérias transportam a força do coração”;

“As artérias transportam água”;

“As artérias transportam sangue”;

“As artérias transportam ar”.

Durante as aulas, ainda em relação às veias e artérias, a professora solicitou que os estudantes apalpassem diferentes vasos sanguíneos pelo corpo, e fizessem anotações do que podiam observar e sentir. Os estudantes perceberam que existem vasos que eles sentem pulsar e outros que não sentem. Como bem evidenciado na frase seguinte:

“Nós colocamos a mão na veia e não senti nada, eu acho que tinha alguma coisa passando, mas nós não sentimos... Também colocamos a mão na cabeça e eu senti tum tum tum e eu acho que era alguma coisa bombeando”.

Essa constatação de que existem dois tipos de vasos sanguíneos, um que faz “tum tum” e outro em que não se senti nada deixou alguns estudantes inquietos, um deles escreveu que:

“Não entendi o que é artéria, não sei se é o negócio que fica no coração, ou um tipo de veia que você consegue sentir o coração bobear”.

Durante as discussões surgiu a explicação de que o coração além de produzir e bombear o sangue, também teria a função de dar pressão para as artérias.

Importância do Sistema Circulatório:

Quando questionados se o Sistema Circulatório seria importante para o nosso corpo, todos concordam que este sistema é muito importante, e sem ele

nós não viveríamos. Em seguida eles foram questionados sobre o que faz o Sistema Circulatório ser tão importante, eles responderam que:

“Ele produz sangue novo e espalha pelo corpo”;

“Ele leva as vitaminas para todo o corpo”.

Essa sondagem tinha como principal objetivo compreender as concepções prévias dos estudantes a respeito do SC. Durante esse momento eles escreveram e desenharam o coração e o SC. Após a sondagem das concepções dos estudantes nas discussões descritas acima, foi o momento de sondagem das concepções associada e atividades práticas de manipulação de materiais biológicos.

Considerações 02:

Pelas respostas dos estudantes é possível perceber que eles compreendem que o sangue se movimenta pelo corpo no interior de vasos, e quando esse é rompido (pelo corte), sai o sangue. Segundo eles:

“Quando corta o dedo estoura uma veia”.

Talvez algumas das ideias que os estudantes desenvolveram em relação ao mecanismo de distribuição do sangue pelo corpo tenham sido influenciadas pelo fato de a professora ter utilizado no início do curso os termos **Sistema Circulatório**. Que como vale lembrar só faz sentido pensando nas ideias de Harvey para explicar esse mecanismo circular e o transporte de sangue. No entanto há que se levar em consideração que a maioria dos estudantes já apresentava uma ideia de circulação de sangue pelo corpo, mesmo que de forma simplista, talvez por já terem ouvido falar sobre isso.

Em relação ao evento “parar de sangrar” os estudantes apresentam dificuldades em compreender esse processo, apresentando diversas explicações, o que era perfeitamente esperado. Para alguns nasceriam veias no lugar das veias rompidas, mas ao serem questionados se haveria tempo para

isso, eles mesmos reconhecem que não, e então argumentam que a veia rompida se colaria ou o sangue secaria no local:

“Quando corta o dedo a gente corta uma veia, e o sangue fica dentro, aí começa a sangrar, depois quando o sangue seca, vira uma casquinha para proteger.”

Com essa ideia, de que a “veia se colaria”, torna-se mais fácil introduzir brevemente o conceito de coagulação sanguínea. Nesse momento da aula foi possível visualizar alguns estudantes, diante de questionamentos pertinentes, reconhecendo as falhas nos seus sistemas explicativos (reconhecendo seus erros). Inicialmente alguns argumentavam que o fenômeno “parar de sangrar” era resultado do nascimento de outra veia no lugar da veia rompida; mas ao serem questionados se haveria tempo suficiente para nascer outra veia e parar o sangramento eles mesmos reconhecem que não, e tentam buscar outras explicações. E essas novas explicações ao fenômeno se tornam mais próximas dos conceitos aceitos hoje para explicar a coagulação sanguínea.

Percebe-se em muitos momentos que os estudantes têm a ideia de que o sangue está em constante movimento, e isso facilitará a compreensão da dinâmica de funcionamento do SC. Outra questão que é bem evidente em muitas falas de alguns estudantes é o fato de que mesmo utilizando o termo circulatório e circulação, eles não dão muita importância ao que isso significa na prática, e apenas utilizam esses termos como sinônimos de movimento.

É perceptível por algumas falas que os estudantes apresentam uma visão razoavelmente adequada em relação à movimentação do sangue pelo corpo (que ocorreria somente no interior dos vasos sanguíneos). No entanto não é colocado por nenhum estudante que o sangue faça um movimento circular pelo corpo, saindo de um local e retornando a ele em seguida. O que provavelmente significa que eles realmente utilizam esses termos apenas como sinônimos de movimento.

Algumas das ideias dos estudantes correspondem às defendidas por Aristóteles, que argumentava que o coração tinha a função de produzir sangue (ARISTÓTELES, 343 a. C.). Já a ideia de bombear o sangue pelo corpo, estaria tanto próxima as de Aristóteles quanto das atuais.

A ideia de sangue novo e velho, desenvolvida por um dos estudantes pode ser utilizada como mote para explicar a relação entre o Sistema Circulatório e o respiratório. O “sangue novo” pode ser relacionado com a ideia de sangue oxigenado, e o “sangue velho” com a ideia de sangue rico em gás carbônico. Utilizando a explicação do estudante é possível mostrar a função dos pulmões na circulação do sangue pelo corpo. Pelo que o estudante escreveu é possível perceber também que ele realmente tem a noção de que o sangue tem um movimento circular em nosso corpo, saindo do coração e em seguida retornando a ele. Essa é uma forma de aproximar as ideias dos estudantes das explicações científicas.

De acordo com as explicações que eles dão, o que fica claro é que eles não compreendem a produção do sangue de forma muito aproximada do conhecimento aceito hoje, antes, tem uma visão mais próxima as dos antigos gregos, de que o sangue seria produzido pelo coração. Desta forma essa questão deve ser mais bem explorada com os estudantes.

A relação entre o sangue e a manutenção da temperatura que aparece nas falas dos estudantes, está presente na obra de Aristóteles intitulada “***Historia Animalium***”, em que o autor separa os animais em sangue quente e sangue frio (ARISTÓTELES, 343 a. C.). Mas os estudantes até esse momento não tinham tido contato com essas ideias. Além disso, o sangue teria a função de dar cor para as pessoas e de fazer o coração bombear.

É importante perceber que em alguns momentos os estudantes se contradizem em suas explicações (por exemplo, se as artérias estão no coração, como eles transportariam pressão para o corpo?), e essas contradições devem ser colocadas de forma que eles reconheçam falhas nos seus sistemas explicativos e assim proponham novas formas para explicar a dinâmica de funcionamento do SC.

Pelas falas dos estudantes fica evidente que eles não compreendem a diferença entre veia e a artéria da forma mais adequada para o contexto atual. E suas ideias se aproximam mais uma vez as encontradas na literatura a respeito do SC. Hipócrates defendeu durante anos que as artérias seriam responsáveis

por transportar ar pelo corpo. No entanto alguns estudantes já apresentam ideias bem próximas as atuais, um deles disse que:

“Acho que as artérias que passam sangue para as veias”.

Depois de explicar a ideia de capilares essa frase do estudante foi retomada durante a aula.

Na frase destaca a seguir, ambas as indicações do estudante, com algumas correções, fazem sentido para explicar a diferença entre veias e artérias, e com isso fica fácil valorizar suas dúvidas para construir conhecimento, uma vez que as artérias são vasos sanguíneos que estão ligadas ao coração, e que distribuem sangue pelo corpo, e por elas podemos sentir o coração bombear; já as veias são os vasos que levam o sangue de volta ao coração:

“Não entendi o que é artéria, não sei se é o negócio que fica no coração, ou um tipo de veia que você consegue sentir o coração bombear”.

É possível perceber que os estudantes associam as artérias com pressão do coração, o que mais uma vez facilita a explicação do que são as artérias, uma vez que esses vasos realmente recebem o sangue bombeado pelo coração e esse sangue provoca uma pressão no interior desses vasos.

Alguns dias anteriores a essa aula os estudantes haviam estudado os tipos de músculos existentes no nosso corpo, e nesse momento foi falado a eles a respeito da musculatura cardíaca, no entanto durante essa aula ninguém relacionou o coração com um músculo.

Durante e após essa sondagem a professora tentou perceber e analisar os erros dos estudantes com a intenção de conhecê-los, organiza-los melhor e saber como se apresentam, para a partir dessas informações tentar utilizar estratégias para que o próprio estudantes perceba que seu sistema explicativo apresenta falhas, como diria Macedo (1994), “tornar o erro um observável pelo estudantes”.

Durante os momentos de sondagem a respeito dos conhecimentos prévios em relação ao SC os estudantes ao se depararem com perguntas

complexas, que os exigiam um pouco mais que as relacionadas aos Aspectos da Ciência. Ao se depararem com essas perguntas de início eles tentavam responder algo para agradar o professor (acredito que, tentando buscar na memória explicações que já ouviram na escola), mas ao perceberem que todas as respostas eram válidas, começaram a se arriscar mais, e a buscar explicações mais complexas, não se preocupando mais com o “agradar o outro”. Acredito que os estudantes apresentaram durante poucos instantes o que Piaget (1926) chamou de “crença sugerida”, em que a reação ou devolutiva do estudante gira em torno de agradar quem o questiona, não utilizando para isso recursos que lhes são próprios. Fica em evidência como é importante partir do que o estudante sabe para a construção de qualquer conteúdo. Se anteriormente a essa sondagem os estudantes já tivessem tido uma aula expositiva tradicional, sobre esse assunto, suas respostas se limitariam a tentar reproduzir o que lhes foi “ensinado”, e com isso não utilizariam sua criatividade e reflexão para propor respostas que lhes pareçam pertinentes, e isso faria com que tivessem sempre como reação a “crença sugerida”, além do mais não seria possível atingir a base de seus saberes. O que acredito que tenha prevalecido em termos das reações dos estudantes foi a crença desencadeada, em que segundo Piaget (1926) são reações que envolvem reflexões, em que a criança utilizaria seus próprios recursos para construir respostas que lhes pareçam satisfatória. Esse envolvimento não seria segundo esse autor, nem espontâneo nem sugerido pelo professor, e sim produto de um raciocínio sobre comando. Foi o que acredito que ocorreu durante o curso piloto, a professora tentou comandar as atividades de forma a sempre valorizar as respostas e envolvimento dos estudantes.

Os momentos de sondagem das concepções proporcionaram um espaço para que os Erros dos estudantes acontecessem. Tomando esse Erro como algo natural, inerente ao ato de aprender, principalmente se tratando de conhecimentos tão complexos como o funcionamento do SC. Era esperado que as ideias dos estudantes fossem em muitos pontos, distintas e até erradas quando comparadas aos conhecimentos atuais, pois o conhecimento científico não é algo evidente e facilmente dedutivo.

Durante as intervenções os estudantes construíram imagens para representar o SC, essas imagens foram utilizadas para ajudar o professor a

compreender melhor as ideias dos mesmos. Abaixo podem ser vistas algumas imagens construídas pelos estudantes para representar o SC.

Figura 1: Representação do coração.

Figura 2: representação de estruturas do Sistema Circulatório.

Figura 3: Representação circular do Sistema Circulatório.

Figura 4: Representação do Sistema Circulatório no corpo.

Figura 5: Representação II do Sistema Circulatório no corpo.

Figura 6: Representação III do Sistema Circulatório no corpo.

Figura 7: Representação II de estruturas do Sistema Circulatório.

Figura 8: Representação IV do Sistema Circulatório no corpo.

Figura 9: Representação V do Sistema Circulatório no corpo.

Figura 10: Representação III de estruturas do Sistema Circulatório.

Nos desenhos construídos por eles foram observados os seguintes aspectos:

- ✓ Características do Coração.
- ✓ Vasos Sanguíneos.
- ✓ Conexões e Relações entre Órgãos
- ✓ Disposição dos Órgãos.

Como pode ser observado nas tabelas abaixo. Entre parênteses estão os números correspondentes aos desenhos.

Tabela 02: Caraterísticas do coração		
Imagem popular de coração	Imagem mais próxima do real	Relação com movimento
(2, 5, 6, 7)	(1, 3, 4)	(1)

Tabela 2: As características do coração destacadas pelos estudantes em seus desenhos.

Tabela 03: Os vasos sanguíneos			
Localização	Coloração	Identificação	Forma
Artérias ligadas somente ao coração (8, 9)	Única cor (8, 6, 5)	Apenas das veias (10, 5, 6, 4)	Artéria sem forma bem definida (3)
Artérias no pulso (2, 7)	Duas cores (10, 7, 1)	Veias e artérias (7, 3, 2, 9, 8)	Artérias com formas definidas (2, 7, 9, 8)
Veias ligadas ao coração e espalhadas pelo corpo	_____	Sem se referir a veias e artérias	_____

(5, 8, 9)		(1)	
Ausentes na cabeça (4, 5, 6, 9)	-----	-----	-----
Presentes no coração (10,8, 3,1)	_____	_____	_____
Presentes na cabeça (8)	-----	-----	-----
Veias somente nas extremidades (6)	_____	_____	_____

Tabela 3: As características dos vasos sanguíneos destacadas pelos estudantes em seus desenhos.

Tabela 04: Conexões e relações entre os órgãos		
Presença de conexões Anatômicas (1, 5, 8, 9)	Ausência de conexões anatômicas (2, 3, 4, 6, 7, 10)	Relações com órgãos de outros sistemas (10, 8, 6)

Tabela 4: Conexões e relações entre os órgãos destacados pelos estudantes em seus desenhos.

Tabela 05: Disposições dos órgãos		
Em um corpo (9, 8, 6, 5, 4)	Fora do corpo (10, 7, 2, 1)	Associação com círculo (3)

Tabela 5: Localização e disposição dos órgãos no corpo nos desenhos dos estudantes.

Considerações 03:

Nos desenhos dos estudantes é possível se deparar com duas imagens de coração, uma que seria bem próxima ao real e uma que representa uma visão romântica de coração. Prates (2005) destaca que essa imagem criada para representar o coração sempre levantou muito à curiosidade de historiadores, uma vez que ela tem pouco a haver com a imagem anatômica desse órgão. Segundo ele “Para alguns, sua origem deve-se à semelhança com a folha da Hera, que na Antiguidade representava o símbolo da imortalidade e do poder”. Há também em relação ao coração, nos desenhos dos estudantes, a relação do mesmo com movimento (Figura 01), isso provavelmente por ser esse um fenômeno facilmente percebido pelos estudantes (nosso coração se movimenta constantemente e seus movimentos podem ser ouvidos e sentidos pelos estudantes). Essa percepção do caráter dinâmico do coração permite estabelecer a relação entre os movimentos constantes e a função vital do órgão.

Em relação às artérias é possível perceber que os estudantes as relacionam com os movimentos do coração, uma vez que eles as localizam no próprio coração (figuras 8 e 9), ou mesmo no pulso (figuras 2 e 7); locais em que podemos sentir o batimento cardíaco e a pulsação respectivamente. Essa relação que eles estabelecem entre as artérias e os movimentos do coração pode ajudar em uma melhor compreensão sobre sua função; uma vez que as artérias recebem o sangue que sai do coração com a pressão máxima do SC. Quanto às veias, na maioria dos desenhos elas se encontram conectadas ao coração e espalhadas pelo corpo. No entanto em um grande número de desenhos não existem nenhum vaso sanguíneo na cabeça (4, 5 e 6), o que pode ser pelo simples fato de os estudantes estarem tentando manter certa estética no desenho. É notável a ausência de definição que alguns estudantes apresentam em relação às artérias. Em muitos desenhos elas nem chegam a ser evidenciadas (figuras 10, 5, 6, 4), e em outros apesar de ser evidenciada aparece com uma forma pouco definida (figura 3).

A ideia da existência de duas cores de sangue ou duas cores de vasos sanguíneos está presente nas representações dos estudantes (figuras 10, 7, e 1), isso antes de qualquer explicação em relação a esse conteúdo. Isso pode ser

reflexo de imagens encontradas em livros didáticos e em meios de divulgação da cultura científica, como revistas e TV. Essa ideia precisa ser melhor trabalhada com os estudantes, para que os mesmos possam compreender o porquê das representações corriqueiras dos vasos sanguíneos em duas cores. É importante destacar que em nosso organismo não encontramos os vasos como representados nesses meios de comunicação, e ao mesmo tempo explicar por que é tão comum a imagem de duas colorações distintas para o coração.

Foi possível perceber também pelos desenhos, que nem todos os estudantes conseguem conectar anatomicamente as estruturas desenhadas. Isso pode ocorrer em decorrência da dificuldade do estudante em compreender a ideia de sistemas. Com isso muitos estudantes apesar de construir corpinhos não conseguem relacionar as estruturas internamente no corpinho (figuras 4 e 6). Em alguns casos os estudantes relacionam os nossos órgãos do sistema circulatório com de outros sistemas, no entanto não apontam as conexões anatômicas existentes entre os órgãos (figura 10, 8, 6).

6.3. A Aula Prática:

Durante esse momento do curso os estudantes puderam manipular vários corações de galinhas, e fizeram anotações e esquemas do que estavam observando. Um dos objetivos era perceber como os estudantes constroem esquemas gráficos a partir da observação de um material biológico. Além dos esquemas eles também construíram textinhos explicando o que conseguiam observar no coração. As observações feitas pelos estudantes nessa aula pode ajudar o professor a conhecer melhor as concepções prévias dos mesmos.

É importante ressaltar que nessa aula prática, além corroborarem as observações defendidas antes, eles também fizeram algumas descobertas pertinentes para a aprendizagem. Abaixo tem-se alguns apontamentos dos estudantes, seguidos de orientações de como utilizar esses apontamentos para construção de conhecimento.

**** “*Existe gordura no coração*”** - isso permitiu abordar a questão da importância de uma boa alimentação para um bom funcionamento do coração;

**** “As artérias são elásticas”** - assim pode-se trabalhar a função das artérias e a relação com sua elasticidade, uma vez que ela é elástica para poder receber o sangue com toda a pressão ao sair do coração;

**** “A função dos buracos no coração é deixar passar o sangue”** – a observação das cavidades permitiu distinguir e explicar as funções do coração;

**** “Um lado do coração é opaco e o outro translúcido”** - Permitiu explicar a função de cada lado do coração, ressaltando a diferença entre a pequena e a grande circulação;

**** “1 das cavidades do coração se divide em duas”** – Essa constatação facilita a explicação sobre a anatomia cardíaca, bem como sua fisiologia;

**** “Um dos buracos do coração é ligado as artérias”** - essa constatação contribui para a compreensão da dinâmica do SC;

**** “Artérias ajudam o coração a bombear sangue para as veias”** – A estrutura anatômica do coração junto com seus vasos sanguíneos permitiu uma constatação de grande relevância para a compreensão da dinâmica do SC;

**** “O coração é coberto por uma camada”; “O coração tem musculo dentro”** - Os estudantes foram capazes de reconhecer estruturas importantes nos corações, que mais tarde poderão ser nomeadas, o pericárdio e o miocárdio.

Em relação a quantidade de cavidades presentes no coração os estudantes os estudantes apresentam respostas bem distintas:

“O coração apresenta 5 buracos: 4 em cima, 2 em baixo”;

“O coração apresenta 3 furos: 2 em cima, 1 em baixo”;

“O coração apresenta 2 buracos grandes”;

Durante essa atividade prática foi possível perceber algumas confusões ou equívocos dos estudantes, como por exemplo, alguns deles consideram as fibras musculares do coração como vasos sanguíneos. Essa atividade permitiu

que o professor pudesse até certo ponto perceber a perspectiva dos estudantes quanto ao material analisado.

Nessa aula praticamente não houve mudança em relação ao roteiro prévio. Acredito que deveria ter havido, durante a aula, mais questionamentos que induzissem os estudantes a relacionar melhor as ideias desenvolvidas na aula anterior com o que estavam observando. Esses questionamentos existiram, mas poderiam ter sido em maior proporção.

A seguir podem ser vistos os esquemas construídos pelos estudantes durante a aula prática com a manipulação do coração de galinha:

Figura 11: Representação do coração de galinha.

Figura 12: Representação II do coração de galinha.

Figura 13: Representação III do coração de galinha.

Figura 14: Representação IV do coração de galinha.

Figura 15: Representação V do coração de galinha.

Figura 16: Representação das artérias.

Pelos desenhos construídos pelos estudantes é possível perceber que os aspectos mais observados por eles são os seguintes:

Tabela 06: Aspectos observados pelos estudantes:			
Coração	Possui gordura (11,12,13, 14)	Possui cavidades/furos (11, 12, 13,17)	Tem sangue morto (13)
Vasos sanguíneos	Artérias estão dentro do coração (14, 17)	Artérias são vasos que saem do coração (13, 16, 17)	Tubos por onde sai sangue (11,14)

Tabela 6: Aspectos observados no coração e desenhados pelos estudantes.

Considerações 04:

Nessa atividade prática não houve uma interferência direta do professor no sentido de transmitir algum conhecimento especializado. A atividade possibilitou que eles confirmassem algumas de suas concepções como a de que existiriam ar e sangue no coração, e que a entrada de ar era feita pelas artérias. Segundo eles:

“Tem ar e sangue no coração que ajuda ele a bombear”;

“O ar chega ao coração pelas artérias”.

Isso ocorre porque, ao analisar o coração da galinha, os maiores vasos sanguíneos, que para os estudantes correspondem às artérias encontram-se vazios, uma vez que seu conteúdo de sangue foi perdido poucos instantes antes de sessarem as batidas do coração.

O professor nesse momento já deve conhecer as ideias de seus estudantes, e principalmente conhecer os obstáculos ao que ele pretende ensinar, para que assim possa saber orientar a superação desses obstáculos. Sem conhecer esses obstáculos algumas atividades podem ao invés de promover a superação dos mesmos, reforça-los.

Por meio dos desenhos podemos compreender muito em relação às concepções dos estudantes como pode ser visto nas tabelas acima. É como se pudéssemos ter acesso ao que eles veem e compreendem quando analisam um material biológico. Ficou bem destacado nos desenhos dos estudantes a presença de gordura no coração (11, 12, 13, 14), e isso permite a discussão sobre a influência de hábitos alimentares na nossa circulação; a presença de cavidades e sangue no coração (11, 12, 13, 17), que permite a discussão sobre sua função. Outra questão que pode ser explorada é o fato de que poucos estudantes colocam nos desenhos dos corações a presença de veias, e em sua maioria dão nome de artéria aos vasos presentes no coração. Esse fato pode ser devido a forte relação que eles estabelecem entre artérias e os movimentos do coração.

Essa atividade permitiu que o professor compreendesse de que forma os estudantes interpretam o material biológico, para que assim possa reconhecer as dificuldades dos mesmos, para direcionar uma aula prática subsequente a essa. Os estudantes apresentam dificuldades em reconhecer o número de cavidades do coração, e confundem cavidades com vasos sanguíneos. Muitos deles acham que o átrio (uma cavidade do coração) é um vaso sanguíneo, devido a sua fina espessura. Outros consideram o arco aórtico (um grande vaso sanguíneo) como uma cavidade. E alguns não conseguem perceber as cavidades direitas do coração, por terem as paredes mais delgadas. Por esse motivo os números de cavidades do coração foram definidos por eles de formas muito diversas.

Apesar de todas essas opiniões diversas esse tipo de atividade tende a tocar todos os estudantes de forma muito parecida, pois permite que eles possam no seu tempo tentar entender o que estão vendo, e assim àquela estrutura biológica começa a tomar forma para eles. E assim o ensino do conteúdo em questão se torna mais efetivo. É muito importante que eles antes de qualquer sistema explicativo tenham suas opiniões, e essas vão enriquecer o processo de ensino aprendizagem.

6.4. O Contato com os Textos Históricos:

Após a atividade prática os estudantes receberam um texto, intitulado, “Alguns Pensadores” que continha ideias de alguns pesquisadores, sobre o coração e seu funcionamento. Esses textos tinham como objetivo apresentar aos estudantes diferentes ideias que foram propostas ao longo da história para explicar o funcionamento do SC. Além disso, esses textos também permitem que os estudantes acompanhem o processo de construção de um modelo explicativo na Ciência. Eles tiveram um tempo para ler, e após a leitura foi solicitado que eles dissessem com quais ideias concordam e com quais discordam, incentivando assim uma leitura crítica.

Abaixo destacaremos o que cada grupo de pensadores defende, e qual o posicionamento dos estudantes em relação ao escrito no texto.

❖ GRUPO 01: Platão e Aristóteles:

1. Platão (348, 347 a.C.) afirmava que o coração era o órgão central da circulação e que o sangue se encontrava em constante movimento.

Tabela 07: Opinião dos estudantes em relação a Platão	
Concordam	Discordam
<i>“O coração é o órgão central”</i>	<i>“O coração não fica no meio do corpo, fica no peito”.</i>

Tabela 7: Opinião dos estudantes em relação às ideias de Platão.

E eles ainda destacam que:

“O sangue corre pelas veias”;
“O coração tem gordura”;
“Dentro do coração correm veias”;
“O coração é o principal órgão do corpo”.

De uma forma geral, retirando a confusão que gerou a afirmação de o coração ser o órgão central da circulação, a maioria dos estudantes concorda com a ideia de Platão. O que já era esperado, pois nas aulas anteriores os estudantes em suas falas já defendiam que o sangue está sempre em constante movimento.

2. Aristóteles (322 a. C.) dizia que o coração era o último órgão a morrer, o que acontecia quando suas batidas cessavam.

Tabela 08: Opinião dos estudantes em relação a Aristóteles	
Concordam	Discordam

<i>“Se o coração parar de bater morremos”.</i>	<i>“O coração não é o ultimo órgão a morrer”.</i>
<i>“Se as batidas do coração ficar rápida morremos”.</i>	<i>“Se o coração morrer todos os outros órgãos morrem ao mesmo tempo”.</i>

Tabela 8: Opinião dos estudantes em relação as ideias de Aristóteles.

É importante ressaltar que alguns estudantes apenas reproduzem o que está no texto e dizem que concordam, sem nenhum argumento.

❖ GRUPO 02: Hipócrates:

1. Hipócrates (460 a. C.) ensinava aos seus discípulos que o coração era dividido em cavidades, algumas delas separadas por válvulas e que a coloração do sangue diferia nas cavidades direitas e esquerdas.
2. Hipócrates (460 a. C.) descreveu as veias como sendo os vasos que conduziam o sangue, mas ensinava que as artérias eram os canais responsáveis pela distribuição do ar no organismo.

Tabela 09: Opinião dos estudantes em relação a Hipócrates	
Discordam	Concordam
<i>“Porque fala que o coração muda de cor”.</i>	<i>“Porque o sangue com O₂ é vermelho, e o sangue com CO₂ é azul”.</i>
<i>“Porque artéria não transporta ar”.</i>	<i>“Porque veias transportam sangue e artéria transporta ar”.</i>
<i>“Porque o coração não é dividido em cavidades”.</i>	<i>“Porque as artérias puxam o ar para nós sobrevivermos, e o sangue fica nas veias transmitindo vitaminas”.</i>

Tabela 9: Opinião dos estudantes em relação as ideias de Hipócrates.

As ideias de Hipócrates dividiram a turma, uma parte tem uma visão mais próxima às ideias atuais, de que o sangue não mudaria de cor, e que as artérias não transportariam ar; e outros ainda acreditam na existência de sangues com cores diferentes no interior do corpo, e ainda não reconhecem que o coração apresente cavidades, mesmo após a manipulação de corações de aves.

❖ GRUPO 03: Praxágoras e Herófilo:

1. Praxágoras (340 a. C) acreditava que o exame atento do pulso poderia dar informações importantes sobre muitos tipos de doença.

Tabela 10: Opinião dos estudantes em relação a Praxágoras	
Concordam	Discordam
Porque “existe exame do pulso”.	Porque “não acha o pulso muito importante”.
Porque “a pulsação informa que o coração está batendo”.	_____
Porque “pelo pulso podemos descobrir doenças”.	_____
Porque “sentimos o coração quando apertamos o pulso”.	_____

Tabela 10: Opinião dos estudantes em relação as ideias de Praxágoras.

É possível perceber nas respostas dos estudantes que alguns deles dão grande importância ao pulso, e o relaciona com as batidas do coração, no entanto outros estudantes não consideram o pulso algo de muita relevância, talvez por não compreenderem o que está por traz do movimento de pulsação, sua força geradora.

2. Herófilo (300 a.C.), foi o primeiro anatomista e clínico ao mesmo tempo, fundador da doutrina do pulso. Ele descreveu com exatidão as pulsações, correlacionou a sístole e a diástole com os sons musicais e considerou ser o pulso um fenômeno que ocorre dentro dos vasos.

Tabela 11: Opinião dos estudantes em relação à Herófilo
Concordam:
“Porque o sangue pula quando mede a pulsação”.
“Porque quando o coração bombeia o sangue faz sons”.
“Porque sentimos os batimentos do coração no pulso”.

Tabela 11: Opinião dos estudantes em relação às ideias de Herófilo.

Nos momentos seguintes a essa atividade o professor comentou um pouco a respeito das ideias dos estudantes em relação ao texto 01. E em seguida os estudantes receberam um texto histórico sobre o Sistema Circulatório, um pouco mais complexo que o anterior (Texto 2: “A máquina funcionando”). Por ser mais complexo que o anterior, o professor fez a leitura do texto com os estudantes, e em seguida pediu que eles dissessem se concordavam ou não com tais ideias, justificando sua opinião.

Tanto o texto 01 como o 02, são textos históricos sobre as ideias e teorias a respeito do Sistema Circulatório. No entanto, o texto 01, “Alguns pensadores”, contém basicamente informações sobre função e anatomia de órgãos do Sistema circulatório. Já o texto 02, “A máquina funcionando”, contém informações sobre o funcionamento desse sistema.

O texto 02, possui três grupos de ideias a respeito do funcionamento do sistema circulatório. Abaixo está o primeiro grupo, e em seguida as ideias dos estudantes quanto ao texto.

❖ GRUPO 01:

1. Aristóteles (322 a. C.) afirmava que no coração, concentrava-se a vida, a fonte de calor e das sensações. Para ele o sangue era produzido no coração, e partia por vasos sanguíneos que distribuíam o sangue pelo corpo. Os ligeiros movimentos do coração de “empurrar e retrain” eram transmitidos a outras partes do corpo através de fibras a ele conectadas.

As opiniões dos estudantes:

Tabela 12: Opinião dos estudantes quanto a Aristóteles	
Concordam:	Discordam:
Porque “o coração produz o sangue, e é a fonte de calor e das sensações”.	Porque “o coração não é a fonte de calor e das sensações”
Porque “o coração retrai o sangue que ele manda e empurra o sangue que está em movimento no corpo”.	Porque “quem transmite as sensações é o sistema nervoso/ Cérebro”
Porque “o coração bombeia sangue para o corpo, as veias estão espalhadas pelo corpo e o sangue fica nas veias”.	Porque “não é coração que controla a temperatura”.

Tabela 12: Opinião dos estudantes em relação as ideias de Aristóteles.

❖ GRUPO 02:

1. Galeno (129-217) se contrapôs a alguns de seus antecessores como, por exemplo, Aristóteles, ao defender que os vasos partiam do fígado e não do coração. E também por acreditar que no interior das artérias havia sangue, e não ar. Galeno acreditava que o coração possuía 4 cavidades. Para ele o sangue se movimentava num sistema aberto, com início e fim, passando uma única vez pelo coração, os vasos sanguíneos partiriam do fígado, local onde o sangue seria produzido constantemente. O sangue sairia do fígado, através de vasos (Veia cava), com destino à cavidade direita do coração, onde as impurezas eram retiradas na forma de vapor, e levadas para o pulmão através de um vaso sanguíneo. O sangue purificado continuaria no sistema de vasos, e uma pequena porção era perdida para o lado esquerdo do coração através de poros existentes entre as duas cavidades inferiores do coração. No lado esquerdo do coração o sangue se misturaria com o ar do mundo exterior (vindo dos pulmões), se transformando no espírito vital (sangue arterial) que era distribuído pelo corpo através das artérias.

Para Galeno o sangue partiria do fígado em direção a região do organismo que necessitasse de nutrição, e chegando nesse local o sangue seria consumido para nutrição.

Tabela 13: Opinião dos estudantes quanto a Galeno	
Concordam:	Discordam:
Porque “o coração tem sangue e também tem ar”.	Porque “o coração tem 5 ou 3 cavidades”.
Porque “no lado esquerdo do coração o sangue se mistura com o ar”.	Porque “o sangue não é produzido no fígado”.
Porque “o coração tem 4 cavidades”.	Porque “o sangue não é consumido para a nutrição”.
Porque “o sangue sai do fígado”.	Porque “artérias não tem sangue”.
_____	Porque “os vasos não partem do fígado e sim do coração”.
_____	Porque “o sangue não se movimenta em um sistema aberto, e não volta mais... Ele volta para se transformar em sangue novo”.

Tabela 13: Opinião dos estudantes em relação as ideias de Galeno.

Nas falas dos estudantes é possível perceber algumas questões que merecem destaque. Em relação ao que existe no interior do coração, a quem produz o sangue, e a questão de sangue novo e sangue velho; é possível perceber que alguns não apresentam ideias próximas as atuais, se identificando muito mais com Galeno.

❖ GRUPO 03:

1. Miguel de Servet (1511-1553) defendia que existia uma circulação pulmonar, onde o sangue passaria do coração para o pulmão para receber o gás oxigênio. Ou seja, para ele o sangue não recebia oxigênio no coração,

e sim no pulmão. E, segundo ele, não existiriam poros entre as cavidades inferiores do coração.

Tabela 14: Opinião dos estudantes quanto a Servet	
Concordam:	Discordam:
Porque “um sangue é rico em O ₂ e o pulmão precisa de O ₂ ”.	Porque “o sangue não passa do coração para o pulmão, porque o pulmão não tem um buraco para entrar sangue”.
_____	Porque “o pulmão só tem ar, não tem sangue”.
_____	“Se o pulmão ficar cheio de ar morremos”.

Tabela 14: Opinião dos estudantes em relação as ideias de Servet.

Após a leitura dos textos os estudantes também construíram algumas imagens para representar as ideias dos pensadores. A análise dessas imagens permitiu que pudéssemos visualizar a compreensão dos estudantes a respeito dos textos.

Figura 18: Representação do coração com duas cores distintas.

Figura 19: Representação do coração e de sentimento.

Figura 20: Representação I da relação entre coração e pulmão.

Figura 21: Representação I da relação entre o coração e o fígado.

Figura 22: Representação II da relação entre o coração e o fígado.

Figura 23: Representação II da relação entre coração e pulmão.

Considerações 05:

Os textos trazendo informações sobre a história por traz da construção de um modelo explicativo científico motivaram os estudantes e os permitiram conhecer um pouco mais sobre os aspectos do conhecimento científico. A leitura crítica proposta no trabalho deu importância e relevância às ideias dos estudantes, que puderam perceber o caráter dinâmico do fazer científico.

O fato dos textos trazerem “erros” que foram cometidos ao longo da HC contribui para que os estudantes pudessem aceitar melhor o erro, tanto no contexto científico como no contexto da sala de aula. A ideia era fazer com que eles percebessem o erro como algo natural da construção de qualquer conhecimento, e acreditamos que isso tenha sido alcançado.

Apesar de termos proposto uma leitura crítica a respeito dos textos, alguns estudantes pareceram não ter compreendido essa ideia; uma vez que não apresentam argumentos concordantes ou discordantes com as ideias dos pensadores, apenas reproduz o que está escrito para dizer que concorda.

As ideias de Hipócrates dividiram a turma, pois uma parte tem uma visão mais próxima às ideias atuais, de que o sangue não mudaria de cor, e que as artérias não transportariam ar; e outros ainda acreditam na existência de sangues com cores diferentes no interior do corpo, provavelmente por já ter visto imagens relatando isso, em livros ou nas mídias. Entre os estudantes que concordam com as ideias de Hipócrates houve até um que relacionou essa diferença de cor com a questão do transporte de gases (CO₂ e O₂), essa ideia foi utilizada mais tarde para tentar esclarecer de onde surgiu essa representação.

Em relação a Aristóteles a turma também ficou dividida, pois uma parte concorda com as ideias desse pensador, e outra parte não, por não atribuírem ao coração tantas funções como Aristóteles. Para muitos estudantes o coração não seria responsável por manter a temperatura e controlar as sensações, pois essas funções seriam para eles atribuídas ao Sistema Nervoso. Isso mostra que uma parcela significativa da turma já apresenta ideias bem próximas as atuais em relação a esse aspecto.

Muitos estudantes se identificaram com as ideias de Galeno em relação ao que existe no interior do coração, a quem produz o sangue, e a questão de sangue novo e sangue velho, sabendo disso temos a clareza de que esses aspectos merecem atenção, para que possamos de alguma forma questionar o que os estudantes acreditam a esse respeito, a fim de permitir que os mesmos possam reconhecer tanto os pontos positivos como as falhas nesse sistema explicativo.

Outra questão importante que foi possível perceber é que muitos estudantes não admitem a presença de sangue nos pulmões, para eles há somente ar nesse órgão. Sabendo disso foi possível no momento de trabalhar a relação entre a circulação e os pulmões explicitar essa questão e esclarecer o mecanismo de funcionamento dos pulmões na circulação.

Nos desenhos produzidos pelos estudantes para representar as ideias presentes nos textos, foi possível identificar várias das ideias dos pensadores. A figura 18, apresenta dois corações com cores distintas, para tentar representar as ideias de Hipócrates. No entanto o que este pensador defendia era que as colorações do sangue nas cavidades direitas e esquerdas eram distintas, e não a existência de duas cores de coração. A figura 19 apresenta as ideias de Aristóteles, mostrando que a produção do sangue seria no coração, e ainda que este órgão seria a fonte dos sentimentos. Na figura de número 20 e 23 aparece a relação entre o coração e o pulmão, para representar as ideias de Servet. A figura de número 21 e 22 trazem a representação do modelo de Galeno, destacando as cavidades e a relação entre o coração e o fígado. No desenho é possível perceber que os estudantes não compreendem o significado de “cavidades”, e consideram que cavidades sejam furos ou pontinhos no coração. Essas figuras nos permite dizer que os estudantes parecem compreender bem as ideias trazidas nos textos.

6.5. A Linha do Tempo:

Na linha do tempo constavam nomes de grandes pensadores a respeito do tema Sistema Circulatório. Esse material continha alguns dos autores que tentaram compreender o Sistema Circulatório, e que para isso criaram suas hipóteses para o funcionamento desse sistema.

O objetivo de construir e utilizar essa linha do tempo como recurso didático foi discutir com os estudantes como se dá a construção de um conhecimento científico, tentando ressaltar como seus processos podem ser lentos, confusos e cheios de conflitos. Além disso, a linha do tempo, utilizada após a leitura e compreensão dos textos históricos permite discutir Aspectos da Ciência relacionados ao erro no contexto científico. Esse recurso permite que os estudantes percebam que ideias/teorias consideradas inadequadas hoje, foram tidas como verdades absolutas durante séculos. Além disso, por termos trabalhado com muitos autores em nossos textos sobre a HC, a linha do tempo também foi útil por permitir uma retomada nas ideias centrais de cada um desses autores, funcionando como uma ferramenta que ajudou a conectar tudo que já

havia sido discutido em momentos anteriores, e situou tudo isso em determinados períodos.

Os estudantes não tiveram dificuldade em compreender a linha do tempo, e ficaram impressionados com a grande distância temporal entre os pensadores que estávamos trabalhando.

A linha do tempo continha 9 pensadores, e desses 7 já eram conhecidos pelos estudantes, devido aos textos 01 e 02, trabalhados com eles em sala. Durante a análise da linha do tempo os estudantes questionaram sobre o que haviam falado/defendido os últimos dois pensadores presente na linha do tempo (Harvey e Malpighi), foi então que a professora começou a explicar a ideia desses dois pensadores, alguns estudantes estranharam as ideias, mas pareceram compreender. Acreditamos que a linha do tempo tenha cumprido seu papel - de estimular uma discussão e permitir uma conexão de tudo que foi discutido anteriormente.

6.6. Contato com os Conceitos Aceitos Hoje:

Para explicar o modelo de Harvey, a professora construiu na lousa o modelo de Galeno, com a ajuda dos estudantes, e do lado, o modelo de Harvey, tentando ressaltar o que diferia um do outro. No fim da aula a professora esclareceu que o modelo de Harvey é considerado o mais atual para explicar a circulação do sangue no nosso corpo.

Além do momento de comparação entre as ideias de Galeno e Harvey, para explicar os conceitos aceitos hoje também houve uma aula prática expositiva, em que foi utilizado o coração de grande mamífero bovino. A professora tentou esclarecer algumas questões anatômicas e funcionais sobre esse sistema. Nesse momento foi possível perceber o quanto é importante interação entre o que a professora explicava e o que os estudantes já haviam escrito em seus textos. Essa interação motiva os estudantes a participarem do momento de aprendizagem. Logo após a aula a professora solicitou em os estudantes construíssem esquema do que foi observado.

Analisando o que os estudantes produziram após as aulas da sequência didática é possível perceber que as atividades propostas parecem ter alcançado seus objetivos e contribuído com o processo de ensino e aprendizagem. Abaixo seguem algumas colocações dos estudantes:

“Eu concordo com Harvey. Porque Galeno falava que o sistema circulatório tinha um começo e um fim. Começava no fígado e acabava no corpo, e eu não concordo com isso”;

“Harvey disse que a circulação não tem fim”.

No trecho acima é perceptível que os estudantes parecem ter compreendido as ideias de Galeno a respeito do movimento de sangue pelo corpo e as de Harvey, uma vez que destacam um grande ponto de divergência entre os dois sistemas explicativos.

“Ele (Harvey) falava que o coração tinha 4 cavidades, que o coração bombeava sangue, as artérias recebiam o sangue bombeado e levava ele para o corpo, que o capilar (Malpighi descobriu o capilar) o sangue passava das artérias para as veias e voltava para o coração”.

Nesse trecho fica explícito que os estudantes conseguiram compreender a movimentação do sangue pelo corpo segundo o modelo de Harvey. E ainda compreendem bem a função fisiológica dos capilares.

“Na parte de cima do coração do boi é chamada átrio e em baixo do coração é chamado ventrículo”.

No trecho acima é possível perceber que os estudantes conseguem identificar e nomear as cavidades do coração.

“A artéria é mais grossa e a veia é mais fina”.

Nesse trecho, apesar da constatação do estudante ser válida na maioria das vezes, há que se destacar que a espessura é sempre algo relativo, haja visto, que existem grandes veias que são bem espessas e em contrapartida artérias de pequeno calibre.

“Galeno falava que o corpo consome o sangue, e Harvey não concordou”.

Com o destacado a cima é possível perceber que os estudantes identificam importantes pontos de divergência entre as ideias de Harvey e Galeno.

“Hipócrates também falava que a coloração do sangue diferia nas cavidades direita e esquerda do coração, mas Harvey falava que o sangue só tinha uma coloração a vermelha”.

É possível perceber no trecho que o estudante compreendeu a existência de duas posições teóricas em relação à coloração do sangue. De um lado uma afirma que existem duas cores distintas e do outro uma que afirma que há apenas uma coloração. Mas pelo trecho não é possível perceber com qual ele se identifica ou acredita.

“Átrio não se encontra com átrio, ventrículo não se liga com ventrículo, só átrio se liga com ventrículo”.

Nesse trecho é possível notar uma refutação as ideias de Galeno, pois o mesmo defendia que existia comunicação entre os ventrículos. O fato de o estudante ter compreendido tal questão anatômica o ajudara a compreender a fisiologia do SC.

“Hipócrates acreditava que as artérias levavam ar, e já Harvey acreditava que levava sangue para o corpo, passava pelos capilares e os capilares levava até as veias”.

Mais uma vez os estudantes descrevem dois sistemas explicativos para um mesmo fenômeno (para um sistema explicativo as artérias transportariam ar, para outro sistema explicativo elas transportariam sangue). E isso é muito importante, mas não é possível saber em qual sistema explicativo ele confia ou acredita.

De forma geral é possível perceber que os estudantes se relacionaram bem com as ideias dos pensadores e conseguiram destacar pontos de divergências entre eles, isso mostra que eles parecem ter se familiarizado com

a ideia de que as divergências e controvérsias são comuns no fazer científico. Outro aspecto bastante interessante é o fato de não surgir nos textos dos estudantes à ideia de um sistema explicativo certo e outro errado. Desde o início, o que se pretendia ao utilizar a HC, era que os estudantes conseguissem visualizar que em cada período histórico são propostos sistemas explicativos distintos para explicar o mesmo fenômeno, tendo com isso uma melhor visão a respeito de aspectos da Ciência. Além de conhecer as ideias dos diversos pensadores, se faz importante também que os estudantes tenham conhecimento a respeito do sistema explicativo aceito hoje para explicar a dinâmica do SC; e eles demonstraram conhecer, uma vez que explicam as principais ideias de Harvey, bem como as de Malpighi.

Abaixo podem ser vistos desenhos construídos por eles após a aula prática com o coração de boi:

Figura 24: Representação da circulação.

Figura 25: Representação II da circulação.

Figura 26: Representação com as regiões do coração.

Nos esquemas é possível visualizar a reprodução esquemática construída pela professora na lousa (19, 20); com a função do coração; a localização das cavidades, e a função dos capilares em um sistema fechado e circular.

07. CONCLUSÕES:

A sequência didática construída com o acoplamento de HC, aulas práticas e discussão se mostrou bem relevante para o ensino e aprendizagem, uma vez que permitiu que os estudantes explorassem sua capacidade criativa e de descoberta, os motivando, por ser uma forma de ensino que valoriza suas ideias. Os estudantes ao sentirem suas ideias valorizadas pelo professor e por encontrar um correspondente na HC se comprometem com o processo de criação de sistemas explicativos que lhes pareçam corretos, e se envolvem verdadeiramente com as atividades propostas, apresentando uma reação semelhante ao que Piaget chama de “crença desencadeada”. A partir desse envolvimento dos estudantes a tarefa do professor de sondar suas concepções e compreender seus erros se torna possível, e assim, o processo de ensino e aprendizagem também. Analisando as respostas dos estudantes é possível perceber que os mesmos se apropriaram tanto de conceitos defendidos no passado, quanto dos atuais.

É interessante a discussão que se torna possível após a atividade prática não direcionada, segundo a qual, os dados não se traduzem imediatamente em conhecimento, antes são interpretados segundo aspectos que pareçam lógicos ao olhar de quem observa. Em outras palavras, os estudantes ao observarem os corações chegam a distintas conclusões, que não são unicamente dependentes da estrutura apresentada pelo órgão em questão, e sim dependem dos sistemas internos de interpretações de dados do observador. O mesmo ocorre na atividade científica. Giordan e Vecchi (1996) destacam o fato de que “os conhecimentos não são evidentes e não aparecem instantaneamente quando se é colocado ante ele”. E sendo assim, para obter determinado conhecimento não basta “ver melhor”, haja vista que o conhecimento se trata de algo já elaborado, “que responde a uma necessidade e às questões levantadas, é o fruto de um processo de abstração e formalização, que se estabelece, na maioria das vezes, em ruptura à evidência”. Esses mesmos autores, para exemplificar o exposto acima citam o ocorrido com as ideias de pré-formação após a invenção do microscópio. Segundo as ideias pré-formistas, haveriam miniaturas de seres humanos no interior das células reprodutivas (Espermatozoides e óvulos). Após a invenção do microscópio as correntes pré-formistas acreditaram ver a

miniatura no interior das células reprodutivas. Sendo assim, os autores esclarecem que “na verdade, o que obscurece a compreensão são mesmo as ideias vigentes e sua resistência às objeções ou certos fatos novos alcançados por outras”. E assim, tanto na HC quanto na aprendizagem, “as concepções prévias representam um obstáculo determinante” para a construção do conhecimento.

Sabemos que os estudantes não são páginas em branco onde podemos imprimir o conhecimento que desejamos, pelo contrário, eles já trazem consigo seus saberes, suas concepções, e é a partir dessas que devemos começar nosso trabalho, a fim de alcançar o entendimento do saber científico. E esse entendimento é algo do estudante, o que nós como professor podemos tentar, é auxiliá-los nesse processo, mas as mudanças cognitivas necessárias para esse entendimento do conhecimento científico (“as assimilações”) não podem ser forçadas, e ocorrerá de forma distinta em cada um dos estudantes. Em outras palavras podemos dizer que a compreensão é algo que não é possível transmitir, e sim, só pode ser alcançada e operada mediante a participação central do estudante (ASTOLFI e DEVALAY, 1991).

Trabalhar com as concepções dos estudantes não é uma tarefa fácil, é necessário desenvolver estratégias para conhecer essas concepções, e, além disso, compreendê-las, e pensar em estratégias para superá-las, e tudo isso exige muito compromisso. O fato de o estudante dizer o que pensa não é garantia de que iremos compreender o que eles estão dizendo; e não é somente a discussão dessas concepções que irá garantir sua superação (GIORDAN E VECCHI, 1996).

Ainda que diante de todas as dificuldades é necessário ressaltar que as concepções dos estudantes são peças fundamentais no processo de aprendizagem, e caso elas sejam rejeitadas, “o sujeito adquirirá somente a ilusão de um saber”, e assim, “as velhas concepções ressurgiram na primeira oportunidade” (GIORDAN E VECCHI, 1996). É importante também que o professor consiga trabalhar as concepções de forma a compreender a lógica subjacente a elas, e não apenas fazê-las emergir e em seguida abandoná-las, só as retomando para pôr em evidência algum aspecto pitoresco.

Neste trabalho utilizamos as concepções dos estudantes como “modo de conhecer” (GIORDAN E VECCHI, 1996). Isso se caracteriza pela criação de uma situação de partida, que tenha o propósito de fazer expressar as ideias dos estudantes. Em seguida com diversas atividades o professor permitiu que as distintas concepções se encontrassem e se confrontassem. Esse tipo de abordagem das concepções permitiu que os estudantes fossem ouvidos, e que suas ideias fossem debatidas e isso provocou um maior envolvimento dos estudantes, que passaram a elaborar melhor suas ideias, e em alguns casos até mesmo reconhecer falhas no que havia proposto. O que pretendíamos era conhecer um pouco o conhecimento do estudante, e trazê-lo para uma discussão, a fim encontrar diferenças e semelhanças entre esse conhecimento e o conhecimento científico do passado e do presente; e esperamos que com isso possamos tornar a aprendizagem de Ciência mais efetiva e motivadora.

Giordan e Vecchi (1996) destacam a importância de que superemos as pedagogias que operam unicamente “com” ou “contra” as representações. Compartilhamos com esses autores a ideia de que o “aprendente é quem constrói seu saber. É ele portanto, adulto ou criança que, por uma razão ou outra, deve encontrar-se na situação de mudar de representações”. Diante do exposto o papel do educador é ajudar o estudante a tomar a consciência por ele mesmo, da necessidade de operar qualquer revisão em suas concepções, e foi isso que tentamos realizar nesse trabalho.

Giordan e Vecchi (1996) defendem que essa abordagem permite restaurar e estimular a curiosidade, fortalecer a confiança do estudante em si próprio e assim encoraja o aprender. Mas que fique claro que somente essa intervenção não irá permitir uma superação das concepções prévias.

Esses mesmos autores argumentam que “a tomada de consciência da não validade de uma concepção anterior pode criar um certo desespero no aprendente, portanto um bloqueio, se não for ajudado a construir outra fornecendo-lhes as informações necessárias a medida de suas necessidades. Na falta disso, ele volta, na maioria das vezes, para suas concepções anteriores”. Sendo assim para alcançar o sucesso não basta apenas mostrar que a concepção não é adequada, é necessário também motivá-lo em relação a

questão que se quer tratar. Por esse motivo que além de discutir as concepções dos estudantes, também mostramos a eles os conceitos atuais a respeito do funcionamento do SC.

O contato com os textos históricos permitiu que os estudantes tivessem uma melhor compreensão sobre os Aspectos da Ciência. Os textos apresentavam as ideias dos autores em uma linguagem mais acessível, para garantir a compreensão dos estudantes. Eles se identificaram com as ideias de muitos dos pensadores, e isso os deixou motivados a participarem das discussões, uma vez que sentiam suas ideias valorizadas.

O que propusemos neste trabalho foi a utilização da HC acoplada a aulas experimentais em uma perspectiva construtivista de ressignificação dos erros dos estudantes. Para esse processo de ressignificação do erro, a própria HC contribuiu, uma vez que com ela os estudantes puderam perceber que na Ciência certo e errado depende do contexto social, histórico e cultural. Ao acoplar a HC a aulas práticas não direcionadas, permitimos que os estudantes percebam a importância do ato de observar e interpretar para o fazer científico; o que confere um caráter mais subjetivo a Ciência. Além disso, foi a partir de observações que muitos pensadores propuseram seus sistemas de explicação, e assim, essa observação não direcionada permite que os estudantes se aproximem até certo ponto de alguns desses sistemas explicativos. Outro aspecto importante que esse acoplamento permite, é a discussão com os estudantes, de que a observação por si, não produz “verdades absolutas”, tudo depende do olhar de quem observa, tanto analisando na HC, quanto na própria sala de aula. Um mesmo aspecto era observado de forma diferente entre os grupos, durante a aula, mas o material observado era o mesmo (corações de galinha).

Após a finalização do curso e seguindo no processo de análise dos dados pudemos concluir que alguns pontos podem ser repensados na sequência didática, abaixo serão destacados alguns.

Tendo em vista a fragmentação presente no ensino do corpo humano, que muitas vezes faz com que os estudantes não tenham uma visão do todo, seria

interessante, talvez como uma atividade final uma discussão sobre a interação do SC com os outros sistemas do nosso corpo.

Outra questão que também parece pertinente para o melhoramento da sequência é uma maior exploração dos experimentos realizados por Harvey. Esses experimentos poderiam ser expostos aos estudantes com seus resultados, e poderia ser solicitado aos mesmo que propusessem explicações aos resultados encontrados por Harvey. Isso poderia induzir um raciocínio crítico, e ajudar os estudantes a compreender melhor algumas falhas dos modelos anteriores ao de Harvey, bem como a compreender um caminho percorrido para a construção do modelo.

O foco da utilização da histórica na sequência se deu em torno de questões epistêmicas sobre o SC, e acreditamos que questões sociais não epistêmicas da época em que viveram os pensadores do SC poderiam enriquecer ainda mais a sequência didática e também contribuir com o envolvimento dos estudantes.

Após a utilização dos textos históricos, com exposição dos “erros” presentes na atividade científica talvez pudesse ser interessante realizar outra sondagem sobre Aspectos da Ciência, para tentar compreender se os estudantes estão mais críticos em relação a essa questão.

Depois da realização do curso piloto e da análise parcial dos dados foi possível perceber que outra forma interessante de abordar o SC com a utilização da HC poderia se dar a partir da abordagem de um menor número de pensadores. Nessa sequência didática foram abordadas várias ideias, de diferentes pensadores, mas somente foi apresentado aos estudantes de forma mais aprofundada as ideias de Galeno e Harvey. E assim eles tiveram contato muito restrito sobre as ideias dos pensadores mais antigos, como Hipócrates, Platão e Aristóteles. Talvez para que eles compreendessem mais sobre os sistemas explicativos poderíamos reduzir o número de pensadores abordados, e aprofundar mais em cada um deles. Por exemplo, poderíamos apresentar as ideias de Aristóteles, como representante mais antigo, as de Galeno, e as de Harvey. Diminuindo o número de pensadores sobraria mais tempo tanto para a

abordagem mais aprofundada das ideias, como para abordagens não epistêmicas da época e que viveu cada pensador.

Em relação a aplicabilidade do que está sendo proposto, acreditamos que o professor da educação básica tem condições, utilizando trabalhos de historiadores da Ciência, de fazer uma abordagem similar à que realizamos aqui. No entanto cabe ressaltar que esse processo é algo lento, que toma muito tempo, e diante da realidade de jornadas duplas de trabalho a qual muitos professores da educação básica estão sujeitos, e com pouco tempo para planejamento de aula, se torne complicado esperar que o professor realize um trabalho parecido. Outra questão que também pode inviabilizar a realização de trabalhos similares diz respeito ao fato de que as escolas por vezes estão se tornando muito conteudistas, e acreditando cada vez mais que a aprendizagem ocorre apenas por transmissão de conhecimento do professor para o estudante, e diante deste contexto o conteúdo deve ser passado de forma rápida. Chega ao ponto de reduzir a aprendizagem de conteúdos complexos como o SC, a apenas três aulas, e assim não seria admissível desenvolver uma sequência didática como a proposta aqui, que levou onze aulas para ser realizada. Trabalhos similares só são possíveis em escolas que realmente estejam preocupadas com a aprendizagem de seus estudantes.

Este projeto, com seus resultados além de gerar uma proposta que pode ser utilizada por professores em suas aulas, também tenta mostrar que HC associada a outras estratégias didáticas (como aulas práticas e discussões), pode contribuir e muito para o processo de aprendizagem dos estudantes, tanto em relação a um conteúdo específico, como em relação aos Aspectos da Ciência. Na intervenção que propusemos nesse trabalho pudemos perceber que os estudantes se tornaram mais participativos e instigados a conhecer. Além disso, nossa intervenção propõe que o professor assuma o papel de conduzir o estudante a aprendizagem, sem o induzir, compreendendo a diferença sutil entre intervenções que levem os estudantes a terem como reação a crença sugerida e a crença induzida.

Cabe ainda retomar a ideia de Piaget (1999) de que as operações consistam em transformações reversíveis. Uma transformação reversível não

modifica tudo ao mesmo tempo, pois se assim fosse seria sem retorno, e não é o caso. Uma transformação operatória é, portanto sempre relativa a uma invariante, e essa invariante de um sistema de transformações é o que o autor chama de noção ou esquema de conservação. Esses esquemas de conservação irão interferir em todos os processos de aprendizagem do sujeito (PIAGET E INHELDER, 1999). Sendo assim, a aprendizagem de cada sujeito é única, não havendo uma forma correta e infalível de se ensinar algo. Sabendo disso o que fizemos foi apenas conhecer as ideias do nosso grupo de estudantes para entender como eles compreendem o SC, a fim de mostrar a eles as diferenças entre suas ideias e ideias que tínhamos no passado e as que apresentamos atualmente. Temos a clareza de que isso não garante transformações irreversíveis nos esquemas de conservação, mas pode provocar algumas acomodações que permitam alcançar o nosso objetivo maior, a aprendizagem.

08. REFERNCIAS BIBLIOGRAFICAS

ASTOLFI, J-P. & DEVALAY, M. **A Didática das Ciências**. Campinas, SP: Papirus, 1991.

ASTOLFI, J.PIERRE. **El “Error”, un Medio para Enseñar**. Colección: **Investigación y Enseñanza**. Diada Editora, España, 1999.

ALMEIDA. A. V.; FALÇÃO, J. R. **A Estrutura Histórico-Conceitual dos Programas de Pesquisa de Darwin e Lamarck e sua Transposição para o Ambiente Escolar**. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 17-32, 2005.

ARISTÓTELES, **História dos Animais**. Edição: Imprensa Nacional-Casa da Moeda Concepção gráfica: Branca Vilallonga (Departamento Editorial da INCM). Revisão do texto: Paula Lobo Data de impressão: Janeiro de 2006. ISBN: 972-27-1452-X. Depósito legal: 237 226/06.

BASTOS, F. **O Ensino de Conteúdos de História e Filosofia da Ciência** *Revista Ciência & Educação*, 1998.

BARRA, E. S. O. **A Realidade do Mundo da Ciência: Um Desafio Para a História, a Filosofia e a Educação Científica**. *Revista Ciência & Educação*, 5(1), 15–26, 1998.

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. **A História da Ciência Iluminando o Ensino de Visão**. *Revista Ciência & Educação*, 5(1), 83–94 1998.

BELTRAN, M. H. R.; RODRIGUES, S. P.; ORTIZ, C. E. **História da Ciência em Sala de aula – Propostas para o Ensino das Teorias da Evolução**. *Revista de História da Ciência e Ensino*, 2011.

BIZZO, N. M. V. **História da Ciência e Ensino: Onde Terminam os Paralelos Possíveis?** *Em Aberto*. Brasília, ano 11, n. 55, jul/set, 1992

BUTTERFIELD, H. **The Whig Interpretation of History**. London: Bell, 1931.

CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, E. **Da Educação em Ciência às Orientações Para o Ensino das Ciências: Um Repensar Epistemológico**. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; VILCHES, A. (org). **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. **História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia**. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CORRÊA, A. L.; ARAUJO, E. N. N.; MEGLHIARATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. **História e Filosofia da Biologia como Ferramenta no Ensino de Evolução na Formação Inicial de Professores de Biologia**. *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 2, p. 217-237, 2010.

DÉCOURT, L. V.; GRINBERG, M. **Caminhos da Cardiologia. O Mecanismo da Circulação do Sangue. A verdade pela Obra de Harvey (1990).** Disponível em: <http://publicacoes.cardiol.br/caminhos/08/>. Acesso em 06 de Janeiro de 2013.

DELIZOICOV, N. C.; CARNEIRO, M. H. S.; DELIZOICOV, D. **O Movimento do Sangue no Corpo Humano: do Contexto da Produção do Conhecimento para o do seu Ensino.** Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 443-460, 2004.

DUARTE, M. C. **A História da Ciência na Prática de Professores Portugueses: Implicações para a Formação de Professores de Ciências.** Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

DUSCHL, R. **Research on the History and Philosophy of Science.** Pg. 443-465, in: GABEL, Dorothy L. (ed.) **Handbook of research on science teaching and learning: a project of the National Science Teachers Association.** New York: Macmillan, 1994.

EI –HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. **Concepções Epistemológicas de Estudantes de Biologia e Sua Transformação por uma Proposta Explícita de Ensino Sobre História e Filosofia das Ciências.** Investigações em Ensino de Ciências – V9 (3), pp. 265-313, 2004.

FERRACILI, L. **Aprendizagem, Desenvolvimento e Conhecimento na Obra de Jean Piaget: Uma Análise do Processo de Ensino-aprendizagem em Ciências.** R. bras. Est. pedag., Brasília, v. 80, n. 194, p. 5-18, jan./abr. 1999.

FILHO, J. M. **Artigo de Revisão: Choque – Aspectos Históricos.** Revista da Sociedade de Cardiologia do Rio de Janeiro. Vol XIV Nº 2, 2001.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As Origens do Saber: Das Concepções dos Aprendentes aos Conceitos Científicos.** 2ª edição, editora artes médicas, 1996.

GOULART, S. M. **História da Ciência: Elo da Dimensão Transdisciplinar no Processo de Formação de Professores de Ciências.** In: LIBANEO, J.C & SANTOS, Akiko (orgs). **Educação na Era do Conhecimento em Rede e Transdisciplinaridade.** Campinas, SP: Alínea, 2005.

HARVEY, W. **Estudo Anatômico Sobre o Movimento do Coração e do Sangue nos Animais.** Frankfurt, 1628. Tradução, apresentação e notas de Regina André Rebollo. Cadernos de Tradução, n. 5, DF/USP, 1999.

JESUS, L. R., PACCA, J. L. A. **Uma Sequência Didática para Ensinar o Sistema Circulatório.** Caderno de resumo do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013.

JUNIOR, A. F. N. **Fragmentos do Pensamento Dialético na História da Construção das Ciências da Natureza.** Ciência & Educação, v. 6, n. 2, p. 119-139, 2000.

- MACEDO, L. **Ensaaios Construtivistas**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1994.
- MARTINS, L. A. P. **A História da Ciência e o Ensino de Biologia**. Revista Ciência e Ensino, 1998.
- MARTINS, L. A. P. **História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas**. Ciência & Educação, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.
- MARTINS, L. A. P.; SILVA, P.J.C.; MUTARELLI, S.R.K. (2008). **A Teoria dos Temperamentos: do Corpus Hippocraticum ao Século XIX**. Disponível em: <http://www.fafich.ufmg.br/~memorandum/a14/martisilmuta01.pdf>. Acesso em: 04/01/2013.
- MARTINS, L. A. P.; BRITO, A. P. O. P. **A História da Ciência e o Ensino da Genética e Evolução no Nível Médio: Um Estudo de Caso (2006)**. Disponível em: <http://www.ghc.usp.br/server/pdf/LACPM-livro-Cibelle.pdf>. Acesso em: 03/09/2013.
- MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.
- MATTHEWS, M. R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação**. Cadernos Catarinenses de Ensino de Física, Florianópolis. v. 12, n.3, p.164, 1995.
- MATURANA, R. H.; VARELA, G. F. **A Árvore do Conhecimento: as Bases Biológicas do Entendimento Humano**. Campinas, SP. Editorial Psy II, 1995.
- MORAES, R. **Mergulhos Discursivos**. In: GALIAZZI, M. C. e FREITAS, J. V. (Org.) Metodologias emergentes de pesquisa em educação ambiental. Ijuí: Editora Unijuí, 2007.
- MINAYO, M. C. S. O. **Desafio do Conhecimento**. 12ª Ed. Editora: Hucitec, 2012
- PEROZZI, C. G. A.; SILVA, C. G. C.; SILVA, C. S.; MAIA, G. V.; MELLO, J. C.; BOZZO, M. V.; CORSO, T.; BRZEZINSKI, M. E. **Replicação de experimentos históricos de Robert Hooke (1635-1703) visando o ensino aprendizagem da Teoria celular: um estágio como pesquisa em escola pública de ensino fundamental em São Paulo-SP**. Caderno de Resumo do Encontro de História e Filosofia da Biologia 2013.
- PIAGET, J. **A Representação do Mundo na Criança**. Tradução: Rubens Fiúza. Editora: Record Cultural, 1926.
- PIAGET, J. e INHELDER. **A Psicologia da Criança**. Tradução: Octavio Mendes. Editora: Bertrand Brasil, 1995.
- PIAGET, J., GRÉCO, P. **Aprendizagem e Conhecimento**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1974. Título original: Apprentissage et connaissance, 1974.

PIAGET, J. e GARCIA, R. **Psicogênese e história da ciência**. Lisboa: Dom Quixote, 1983.

PINTO, I. M. F. **História da Cardiologia**. Sociedade de Cardiologia do Estado de São Paulo (SOCESP) 30 Anos Instantes de sua História, 2007. Disponível em: http://www.socesp.org.br/socesp_30anos/historia_cardiologia.pdf. Acesso em: 12/04/2012.

PLATÃO. **Timeu – Crítias**. Coleção Autores Gregos e Latinos. Tradução do grego, introdução e notas Rodolfo Lopes. Editor: Centro de Estudos Clássicos e Humanísticos, 1ª edição, 2011.

PRATES, P. R. **Símbolo do Coração**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 12, n. 3, p. 1025-31, 2005.

PRESTES, M. E.; CALDEIRA, A. M. A. **Introdução. A importância da história da Ciência na Educação Científica**. Filosofia e História da Biologia, v. 4, p. 1-16, 2009.

PORTO, M. A. T. **A Circulação do Sangue, ou o Movimento no Conceito de Movimento**. Manguinhos, volume I, 1994.

REBOLLO, R. A. **A Difusão da Doutrina da Circulação do Sangue: a Correspondência entre William Harvey e Caspar Hofmann em Maio de 1636**. (2007). Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702002000300002&lng=en&nrm=isso. Acesso em: 29/04/2012.

RODRIGUES, S. P. **Uma Contribuição para o Ensino da Sistemática na Sala de Aula: Relato de Experiência sobre a Classificação dos Animais de Aristóteles e Linné**. Revista de História da Ciência e Ensino, 2010.

GIL-PÉREZ, D. **Contribución de la Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de um Modelo de Enseñanza/Aprendizaje com Investigación**. Enseñanza de las ciencias, v.11, n.2, 1993 p. 197/212.

SILVA, C. P.; FIGUEIRÔA, S. F. M.; NEWERLA, V. B.; MENDES, M. I. P. **Subsídios para o Uso da História das Ciências no Ensino: Exemplos Extraídos das Geociências**. Ciência & Educação, v. 14, n. 3, p. 497-517, 2008.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. **A Teoria das Cores de Newton: Um Exemplo do Uso da História da Ciência em Sala de Aula**. Ciência & Educação, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003.

SILVA, J.M. **Da Descoberta da Circulação Sanguínea aos Primeiros Factos Hemorrágicos (1.ª Parte)**. Revista Portuguesa de Cardiologia, 2009.

VANUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: Da Teoria Para a Sala de Aula**. Dissertação de Mestrado Apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação, da Universidade de São Paulo, 1996.

VILLANI, A.; BAROLLI. E.; CABRAL, T. C. B.; FAGUNDES, M. B.;YAMAZAKIS S. C. **Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: Analogias Para o Ensino de Ciências**. Cadernos Catarinenses de Ensino de Física. v.14, n1: p.37-55, abr.1997.

VILLANI, A. **Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências: Uma Analogia**. Ciência & Educação, v.7, n.2, p.169-181, 2001.

ANEXOS:

Anexo 01: Roteiro Prévio de Atividades do Curso Piloto:

1ª Aula:

Essa aula se iniciará com o professor fazendo uma:

- ✓ Introdução sobre o desenvolvimento da ciência.
- ✓ Fazer uma discussão (Perguntar e ouvir) sobre como se dá o desenvolvimento da ciência, falar sobre as cirurgias que hoje são possíveis e que antes eram inimagináveis (Transplante, por exemplo).
- ✓ Dentre os questionamentos temos:
 1. O que é o conhecimento Científico?
 2. Quais exemplos existem de conhecimento científico?
 3. Quais as consequências do desenvolvimento científico?
 4. Sempre existiu Ciência?
 5. O que é Ciência?
 6. Como identificar o conhecimento científico?
- ✓ Os estudantes serão ouvidos, e questionados sobre exemplos que eles conhecem sobre o desenvolvimento científico, exemplo do que é ciência para eles. Nesse momento será feita orientações pelo professor para que eles falem de exemplos da biologia e do sistema circulatório. Em seguida o professor apresentará o novo conteúdo a ser estudado, que será Sistema Circulatório.
- ✓ A aula terminará com um questionamento, “O que ocorre quando sofremos um corte no dedo”, essa pergunta será retomada na próxima aula.

2ª Aula:

Essa aula iniciará com questionamentos a respeito do tema Sistema Circulatório (Utilização das ideias presentes no texto que eles entregaram para iniciar os questionamentos). As perguntas abaixo representam um roteiro semiestruturado, uma vez que muitas perguntas poderão ser acrescentadas durante a aula.

- ✓ O que ocorre quando sofremos um corte no dedo? Como se explica a circulação?
- ✓ De onde vem o sangue, quem produz?
- ✓ Para onde o sangue vai?
- ✓ O que são veias, e o que são artérias?
- ✓ O que tem dentro das veias e das artérias?

- ✓ Qual a função do coração?
- ✓ Qual a diferença entre veias e artérias?
- ✓ Quais estruturas fazem parte do Sistema Circulatório?
- ✓ O que é o coração?
- ✓ Como saber se o coração está funcionando?
- ✓ O Sistema Circulatório é importante? Por que?

Ao final dessa aula, será solicitado aos estudantes escrever em uma folha as palavras chaves dessa aula, o que mais ficou marcado em sua memória. Eles deverão desenhar o coração e o sistema circulatório humano.

Após a entrega dessas folhas será informado aos estudantes que vamos ver com como cada uma das estruturas faladas na aula funcionam.

Para a próxima aula, a professora terá como tarefa analisar o que eles fizeram, e na aula seguinte devolverá o material (Cópias) que eles construíram.

Todas as aulas seguintes a essa, serão orientadas pelos materiais (conceitos) desenvolvidos pelos estudantes.

Nesse material não será feito correções, no sentido de considerar erros e acertos, o professor apenas deverá colocar questionamentos sobre qualquer aspecto que possa ser melhor explorado pelos estudantes.

3ª e 4ª Aula:

As aulas práticas de visualização do coração de galinha.

- ✓ Durante essas aulas não haverá interferência do professor, no sentido de explicar o conteúdo, ele apenas fará questionamentos. Os questionamentos serão feitos sempre que necessários.
- ✓ Será pedido que os estudantes construam esquemas do que estão visualizando, e coloquem legenda.
- ✓ As folhas com os esquemas deveram ser entregues no fim da aula.

Durante a aula o professor fará anotações sobre os argumentos/explicações dos estudantes.

5ª Aula:

Nessa aula será trabalhado um texto histórico (Texto 01: “Alguns pensadores”), que contenha algumas ideias de alguns pesquisadores, sobre o coração e seu funcionamento.

Os estudantes terão um tempo para ler, e após a leitura será solicitado que eles construam desenhos para representar as ideias dos 3 grupos de pensadores:

- ❖ GRUPO 01: Platão e Aristóteles;
- ❖ GRUPO 02: Hipócrates;
- ❖ GRUPO 03: Praxágoras e Herófilo.

Em seguida os estudantes deverão comparar esses desenhos com os construídos na aula do dia 12/09 (Quarta feira), sobre “prática de observação do coração de aves”.

6ª Aula:

Nessa aula será apresentado um coração diferente aos estudantes (Coração de peixe).

- ✓ Será solicitado que eles também construam o esquema do que estão visualizando, e tente ressaltar se há diferença em relação ao coração da aula anterior.
- ✓ No fim da aula os estudantes receberão um texto histórico sobre o Sistema Circulatório, um pouco mais complexo que o anterior (Texto 2: “A máquina funcionando”), será então solicitado que ele leia o texto e compare o que está escrito no texto com o que eles estão observando no coração, e com as explicações que eles construíram sobre Sistema Circulatório, no sentido de concordarem ou discordarem do texto.

OBS: Tanto o texto 01 como o 02, serão textos históricos sobre as ideias e teorias a respeito do Sistema Circulatório. No entanto, o texto 01, “Alguns pensadores”, conterà basicamente informações sobre função e anatomia de órgãos do Sistema circulatório. Já o texto 02, “A máquina funcionando”, conterà informações sobre o funcionamento desse sistema.

7ª Aula:

Os estudantes receberão nessa aula, uma linha do tempo, contendo alguns dos autores que tentaram compreender o Sistema Circulatório, e que para isso criaram suas hipóteses para o funcionamento desse sistema.

Nessa linha do tempo serão colocadas as principais hipóteses de alguns autores (chegando até as hipóteses de Galeno).

Apesar de aparecerem na linha do tempo os nomes de Harvey e seus contemporâneos e sucessores, não será colocado nessa linha do tempo as hipóteses dos mesmos, pois, por serem mais recentes os estudantes poderão

achar que tudo que está anterior a essas ideias seriam erros, e não é essa a intenção dessa aula.

O que será mostrado nessa aula, é como se dá a construção da ciência, tentando ressaltar como seus processos podem ser lentos.

No fim da aula a professora começará a falar sobre como está o conhecimento hoje a respeito desse assunto.

8ª Aula:

Nessa aula serão explicadas as principais ideias aceitas hoje a respeito da circulação do sangue pelo corpo. Será utilizado um coração de boi para mostrar algumas estruturas.

Anexo 02: Linha do Tempo