



**Serviço Público Federal**  
**Ministério da Educação**  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Mestrado em Ensino de Ciências



**ANA CAROLINE GONÇALVES GOMES DOS SANTOS**

**CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO PROCESSO DE  
ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA**

Campo Grande/MS

2017



**Serviço Público Federal**  
**Ministério da Educação**  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**  
Instituto de Física  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências  
Mestrado em Ensino de Ciências



ANA CAROLINE GONÇALVES GOMES DOS SANTOS

## **CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Área de Concentração: Ensino de Ciências Naturais) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr. Vera de Mattos Machado

Co-orientador: Prof. Dr. João José Caluzi

Campo Grande/MS

2017

SANTOS, A. C. G. G. Contribuições da História da Ciência no processo de ensino e aprendizagem de citologia.

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (Área de Concentração: Ensino de Ciências Naturais) para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

#### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera de Mattos Machado  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

---

Prof. Dr. João José Caluzi  
Universidade Estadual de São Paulo

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lenice Heloísa de Arruda Silva  
Universidade Federal da Grande Dourados

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ester Tartarotti  
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Campo Grande, 20 de julho de 2017.

## **AGRADECIMENTOS**

À professora Dr.<sup>a</sup> Vera de Mattos Machado, por aceitar me orientar durante o mestrado e pelas contribuições que vem me oferecendo desde a graduação...

Ao professor Dr. João José Caluzi, pelas ideias que enriqueceram a minha pesquisa... Certamente o trabalho ficaria melhor se tivéssemos mais oportunidades de compartilhar conhecimentos...

Às professoras Dr.<sup>a</sup> Lenice Heloísa de Arruda Silva e Dr.<sup>a</sup> Ester Tartarotti, pelas contribuições oferecidas na qualificação e por aceitar participar desse momento tão especial...

À professora Me.<sup>a</sup> Fernanda Zandonadi Ramos, pelos incentivos e ensinamentos que levarei por toda a vida...

Aos queridos alunos que participaram da pesquisa, com os quais aprendo a cada dia, e que me deixam orgulhosa da minha profissão, apesar de todas as dificuldades...

Ao namorado, Elton Paes, pelo grande companheirismo e paciência durante as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

A presente pesquisa apresenta como tema o processo de ensino e aprendizagem de citologia, para o qual se elaborou uma sequência didática com o objetivo de introduzir o conteúdo de citologia a alunos de 8º ano do Ensino Fundamental a partir do estudo de alguns momentos da História da Ciência que contribuíram para a formação do conceito de célula. A sequência didática contém cinco etapas, que foram desenvolvidas durante 13 horas, na disciplina de Ciências, em uma escola municipal de Campo Grande/MS. A elaboração das atividades fundamentou-se em concepções da perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano, a partir das ideias de Vigotski, e no desenvolvimento delas, buscou-se propiciar e acompanhar a evolução dos conceitos iniciais dos alunos e apresentar o processo gradual e não-linear da formação do conceito de célula. Para isso, todos os diálogos e tarefas desenvolvidas pelos estudantes foram gravados, transcritos e analisados qualitativamente por meio da Análise Microgenética. Na análise das concepções iniciais, verificou-se que os alunos apresentavam muitas limitações para definir o conceito de célula. No entanto, os diálogos estabelecidos e mediados pela professora possibilitaram a minimização dessas limitações; neles, os alunos puderam imitar a análise intelectual da professora e expressar as primeiras generalizações dos conceitos aprendidos. No geral, verificou-se vários indícios de apropriação dos conhecimentos trabalhados. As tarefas desenvolvidas foram importantes para que as ideias dos alunos se aproximassem das formulações cientificamente aceitas de célula. A sistematização dos conhecimentos a partir da História da Ciência facilitou a elaboração de conceitos e o entendimento do processo gradual e não-linear da formação de conhecimentos científicos, aproximando os alunos, com todas as suas dúvidas e incertezas, do processo de construção do conceito de célula. Além disso, o aporte das ideias de Vigotski para a fundamentação das atividades permitiu, entre outras coisas, reflexões sobre a complexidade da aprendizagem e desenvolvimento de conceitos.

**Palavras-chaves:** Citologia. Formação de Conceitos. História da Ciência.

## ABSTRACT

The present study presents as a theme the teaching and learning process of cytology, for which it has produced a didactic sequence, with the aim of introducing the content of cytology to students from 8th grade from the study of some moments in the History of Science that have contributed to the formation of the concept of cell. The didactic sequence has five steps developed during 13 hours in the discipline of Sciences, in a municipal school of Campo Grande/MS. The preparation of the activities were based on Vygotsky's ideas, and on the development of them, we sought to promote and monitor the evolution of early concepts of the students and present the process of gradual and nonlinear formation of the concept of cell. For this reason, all the dialog and tasks developed by the students were recorded, transcribed and analyzed qualitatively by means of Microgenetic Analysis. In the analysis of the initial concepts, it was found that the students had many limitations to define the concept of cell. However, the established dialogs and mediated by the teacher minimized these limitations; in them, the students imitated the intellectual analysis of the teacher and expressed the first generalization of learned concepts. In general, we found many signs of appropriation of knowledge worked. The tasks developed were important to bring the ideas of students to scientific formulations of cell. The systematization of knowledge through the History of Science has facilitated the development of concepts and the understanding of the process of gradual and nonlinear formation of scientific knowledge, bringing students, with all its doubts and uncertainties, of the process of construction of the concept of cell. Furthermore, the Vygotsky's ideas allowed reflections on the complexity of the learning and development of concepts.

**Key-Words:** Cytology. Concept Formation. History of Science.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL</b> .....	<b>12</b>
1.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA .....	12
1.2 O CONTEÚDO DE CITOLOGIA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS .....	16
1.3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS .....	20
1.3.1. Contribuições e tendências da História da Ciência no ensino .....	20
1.3.2 Dificuldades e limitações relacionadas ao uso da História da Ciência no ensino .....	23
1.3.3 Abordagens da História da Ciência no ensino .....	26
1.4 BREVE HISTORIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA .....	30
<b>CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA</b> .....	<b>42</b>
2.1 FUNÇÕES PSICOLÓGICAS SUPERIORES E O PROCESSO DE MEDIAÇÃO .....	42
2.2 APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO .....	48
2.3 PROCESSO DE FORMAÇÃO CONCEITUAL .....	53
2.3.1 Estágios de formação conceitual .....	55
2.3.2 Conceitos espontâneos e conceitos científicos .....	59
<b>CAPÍTULO 3: CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS</b> .....	<b>66</b>
3.1 SUJEITOS E CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO .....	67
3.2 PARÂMETROS DE FORATO .....	68
3.3 PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DA ANÁLISE DOS DADOS .....	70
<b>CAPÍTULO 4: PROPOSTA DE UMA SD FUNDAMENTADA NA HC PARA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS CÉLULAS NO 8º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL</b> .....	<b>73</b>
4.1 ETAPAS/ATIVIDADES QUE COMPÕEM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	74
<b>CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>83</b>
5.1 AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE CÉLULA .....	83
5.2 ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA OBSERVAÇÃO MICROSCÓPICA .....	94
5.3 DAS PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES DA CÉLULA À FORMULAÇÃO DA TEORIA CELULAR .....	103
5.4 REFORMULAÇÕES E CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA CELULAR .....	116

5.5 RETOMADA DOS CONHECIMENTOS .....	122
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>135</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>138</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>146</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>153</b>



## INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta como tema o processo de ensino e aprendizagem de citologia, para o qual se propõe uma sequência didática, fundamentada na história da formação do conceito de célula, com a finalidade de introduzir o conteúdo de citologia para alunos de 8º ano do Ensino Fundamental.

O interesse pela temática vem de experiências que vivenciei durante o Estágio Supervisionado em Biologia, no ano de 2014, no qual pude identificar e analisar algumas dificuldades de alunos e professores de Ensino Médio quanto ao processo de ensino e aprendizagem de citologia. Nesta ocasião, percebi que os alunos apresentavam concepções simplistas, equivocadas e descontextualizadas sobre o conceito de célula e que os professores atribuíam tais dificuldades ao fato de o estudo das células ser abstrato, não palpável aos alunos.

As dificuldades evidenciadas durante essa experiência encontram respaldo na literatura, pois muitos estudos, como os de Bastos (1992), Palmero (1997, 2000) e Fogaça (2006), discutem sobre as limitações na compreensão de conceitos relacionados ao tema. Segundo esses trabalhos, as dificuldades podem ser reflexos do elevado nível de abstração exigido pelo conteúdo e do modo como o estudo das células é tratado em sala de aula, como um ensino que se justifica por si mesmo, sem articulação com os seres vivos e o ambiente (FREITAS et al. 2009). A fragmentação e a descontextualização dos conhecimentos também pode ser causa dessas limitações, como aponta Krasilchik (2008), já que isso dificulta o estabelecimento de relações entre os conhecimentos propiciados durante etapas anteriores e atuais do ensino.

É importante ressaltar que o entendimento do conceito de célula é fundamental para a compreensão da complexidade dos seres vivos. Sem a sua assimilação, muitos processos inerentes ao fenômeno da vida não podem ser entendidos em sua completude. Além disso, esse conceito subordina a si muitos outros conhecimentos de modo que o seu grau de generalização evolui à medida que tais conhecimentos são apropriados.

A construção do conceito de célula tem início no Ensino Fundamental, sendo esse processo trabalhado em diferentes fases da educação básica, na qual é gradativamente propiciado aos alunos de forma mais complexa de uma fase para outra. Espera-se que ao terminar o Ensino Médio os alunos compreendam a célula

“como um sistema organizado onde ocorrem reações químicas vitais e que está em constante interação com o ambiente” (LEGEY et. al. 2012, p. 205), além disso, é desejável que os estudantes apliquem esse conceito a situações cotidianas que exigem posicionamento crítico diante de algumas questões veiculadas na atualidade, tais como células-tronco, clonagem, transgênicos e reprodução assistida. (FOGAÇA, 2006).

No entanto, sabemos que raramente essas metas são atingidas. Como evidenciei no ano de 2014, alunos concluintes do Ensino Médio ainda apresentavam muitas dificuldades na compreensão de conceitos básicos, o que possivelmente dificultaria a aplicação desses conhecimentos, por parte desses alunos, em situações diferentes das que se encontram na escola (SANTOS; RAMOS, 2014).

Diante da análise desses problemas, considero que os conhecimentos sobre citologia, que são contemplados em várias etapas da educação básica, precisam estar articulados entre si de um modo que propicie aos alunos gradativo aumento na generalização de conceitos mais elementares. Sendo assim, acredito que uma possibilidade de mudança poderia estar fundamentada em uma perspectiva histórico-cultural do processo de ensino e aprendizagem, mais especificamente a de Lev Semenovitch Vigotski, proporcionando aos alunos interações dialógicas, contextualização e articulação entre conhecimentos científicos e cotidianos. E foi com essa proposta que me inscrevi no programa de Mestrado em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Entretanto, após orientações e aprofundamento dos estudos, percebi que o processo de apropriação de um conceito científico é muito mais complexo do que imaginei.

Tomando como referência a história da formação do conceito de célula, fica evidente que o processo de formação desse conhecimento foi vagaroso, complexo e continua a se estender. Somente após o surgimento do microscópio há relatos sobre o uso do termo “célula”, sendo que se passaram quase 200 anos entre a primeira observação da célula – realizada em 1663 por Robert Hooke – e a publicação da Teoria Celular – de Theodor Schwann e Mathias Schleiden em 1839 –, que a compreendia como unidade constituinte dos seres vivos. Nessa perspectiva, considero que as dificuldades dos alunos são compreensíveis diante de um conceito que demorou tanto tempo para ser formado. Desse modo, seria interessante propiciar aos alunos momentos em que percebam que suas dificuldades muitas vezes foram

semelhantes a de cientistas durante o processo de desenvolvimento de um conhecimento científico, como salienta Martins (2006).

A partir dessa ideia, decidi articular no produto desta pesquisa conhecimentos sobre o processo de formação do conceito de célula, por meio do estudo de alguns momentos da História da Ciência referentes ao tema, à perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano, a partir das ideias de Vigotski. Justifico essas escolhas pela necessidade da inserção de conteúdos *sobre* a ciência na educação científica, pois, como aponta Bastos (1992), essa perspectiva pode contribuir para minimizar as dificuldades relacionadas à aprendizagem de conceitos científicos básicos e, como afirma Mattheus (1994), o estudo de episódios históricos pode humanizar os conhecimentos científicos, tornando-os menos abstratos e mais interessantes aos alunos. Aliado a isso, as ideias de Vigotski foram fundamentais para o estudo, pois, com o aporte de suas concepções, pude entender que a construção de um conceito é uma atividade complexa, que não se conclui quando finda o programa escolar, mas que apenas se inicia quando um novo conceito é apreendido.

Considerando o que foi exposto, este trabalho teve como objetivo elaborar e avaliar uma sequência didática na qual o estudo das células é introduzido a alunos de 8º ano do Ensino Fundamental a partir do estudo de alguns momentos da História da Ciência que contribuíram para a formação do conceito de célula.

Achamos pretensioso afirmar que a sequência didática proporcionaria aos alunos a plena compreensão do conceito de célula, tendo em vista a complexidade e o sistema de conhecimentos relacionados a ele, assim, considerando isso e o objetivo exposto, buscamos respostas para a seguinte questão: *Quais são as contribuições que uma sequência didática, fundamentada na História da Ciência e nas concepções de Vigotski, pode trazer ao processo de ensino e aprendizagem de citologia empreendido com alunos de 8º ano do Ensino Fundamental?*

As discussões que nos auxiliaram a encontrar as respostas à questão estão articuladas em 5 seções, as quais apresentamos sucintamente a seguir.

No capítulo 1 (FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL), discutimos as principais dificuldades relacionadas à aprendizagem e ao ensino de citologia na educação básica e como esse conteúdo está disposto nos currículos de Ciências. Também apresentamos algumas contribuições dos usos da História da Ciência no ensino e, em seguida, retratamos parte do processo de formação do conceito de

célula, que foi utilizado para a elaboração das atividades que compuseram a sequência didática.

No capítulo 2 (FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA), abordamos alguns pressupostos da perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano que contribuíram para a fundamentação das atividades empreendidas nesta pesquisa.

Já no capítulo 3 (CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS), discutimos as escolhas metodológicas, bem como suas justificativas e fundamentações.

No capítulo 4, descrevemos sucintamente as etapas da sequência didática que se caracteriza como produto desta pesquisa; enquanto isso, no capítulo 5 apresentamos os RESULTADOS E DISCUSSÕES em que verificamos e analisamos as tarefas e os diálogos estabelecidos nas atividades da sequência didática; e, por último, tecemos as CONSIDERAÇÕES FINAIS.

## **CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONCEITUAL**

Neste capítulo, discorreremos, inicialmente, sobre algumas dificuldades relacionadas à aprendizagem do conceito de célula e como conhecimentos relacionados a esse conceito estão presentes em currículos de Ciências e Biologia. Depois, apresentamos discussões sobre as contribuições, dificuldades e possíveis abordagens relacionadas aos usos da História da Ciência no ensino que contribuíram para a fundamentação e construção do produto desta pesquisa. Em seguida, apresentaremos parte do conteúdo conceitual que posteriormente foi adaptado para as atividades que compuseram a sequência didática proposta neste estudo.

### **1.1 DIFICULDADES E LIMITAÇÕES NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM DE CITOLOGIA**

A formação biológica deve propiciar ao estudante, entre outras coisas, a capacidade de usar o que aprendeu na escola em sua vida cotidiana, no que tange aos interesses individual e coletivo, e a compreensão da importância da ciência e da tecnologia na vida moderna (KRASILCHIK, 2008). Entretanto, a ciência que vem sendo veiculada em nossas escolas não está proporcionando aos educandos condições para que competências basilares do pensamento científico sejam construídas.

Trabalhos como o de Pozo e Crespo (2009, p. 18) relatam que os alunos apresentam dificuldades na compreensão de conceitos científicos, apropriando-se dos mesmos de forma simplista; muitas vezes, os estudantes também não conseguem aplicar os conhecimentos científicos propiciados na escola em situações cotidianas ou diferentes das que são propostas em sala de aula; além disso, muitos deles apresentam concepções equivocadas quanto ao trabalho científico, como visões de que “a ciência proporciona um conhecimento verdadeiro e aceito por todos”, que “o conhecimento científico é sempre neutro e objetivo” ou que “os cientistas são pessoas muito inteligentes, mas um pouco estranhas, e vivem trancados em seus laboratórios”.

Giordan e Vecchi (1996) trazem concepções pertinentes e ainda bastante atuais sobre essas limitações. Segundo os autores, os conhecimentos científicos propiciados na escola são, muitas vezes, esquecidos após alguns anos, semanas ou, com frequência, nem mesmo são aprendidos. A forma laboriosa e descontextualizada

com as quais esses conhecimentos vêm sendo conduzidos não dá subsídios para que os estudantes os utilizem em situações que extrapolem as que são vivenciadas na escola.

No que se refere ao estudo das células, denominado citologia<sup>1</sup>, encontramos inúmeros trabalhos que relatam as dificuldades dos alunos na compreensão de conceitos relacionados ao tema. Consideramos que parte das dificuldades relatadas são consequências do modo como o ensino de Ciências vem sendo conduzido de modo geral e, no que tange à aprendizagem de citologia, a grande abstração dos conceitos também contribui para o aumento dessas dificuldades.

A compreensão do conceito de célula é fundamental na disciplina de Ciências. De acordo com Palmeiro (2000, p. 237), esse conceito é chave na organização do conhecimento biológico, uma vez que “determina a estrutura e funcionamento de todo o mundo vivo”. Por esse motivo, consideramos que o ensino desse conceito deve ser propiciado de forma contextualizada, a fim de proporcionar o entendimento do fenômeno da vida e subsidiar o posicionamento crítico dos estudantes perante questões atuais veiculadas pela mídia como transgênicos, clonagem, células-tronco, relação das drogas com o comportamento humano, entre outras (FOGAÇA, 2006).

Apesar da extrema relevância, o estudo da célula é bastante abstrato e complexo, como mencionado, o que dificulta o entendimento desse conceito. Muitos estudos revelam, por exemplo, que a maioria dos estudantes têm ideias pouco definidas sobre a célula, confundindo esse conceito com os de átomo e molécula; também não há clareza quanto ao tamanho das estruturas biológicas nos níveis de organização e, para muitos, a relação entre seres vivos e as células só existe nos seres humanos (PALMEIRO, 2000; SILVEIRA; AMÁBIS, 2003; PEDRANCINI et al. 2007; SANTOS; RAMOS, 2014).

Palmero (2000) elaborou uma vasta revisão bibliográfica sobre a aprendizagem do conceito de célula para complementar a sua pesquisa anterior (PALMERO, 1997). Nos trabalhos relacionados à conceituação da célula, a autora relatou que todos eles detectaram o mesmo problema: o desconhecimento e a ausência do significado de

---

<sup>1</sup> Adotamos neste trabalho, com mais frequência, o termo “citologia” em vez de “biologia celular”. De acordo com Prestes (1997), citologia refere-se ao estudo da estrutura e função da célula, que surgiu como um ramo separado da Biologia no século XIX. Já a Biologia Celular surgiu mais adiante e, segundo De Robertis e Hib (2006), ocupa-se da análise das moléculas e dos componentes celulares com os quais se constroem todas as formas de vida; ela está intimamente relacionada à Bioquímica e à Biologia Molecular. Tanto a Citologia quanto a Biologia Celular estudam a mesma estrutura, a célula, mas com perspectivas e métodos um pouco diferentes.

“célula” acarreta a incompreensão biológica dos seres vivos, isso porque a célula não é entendida como unidade que constitui a vida.

A autora também elaborou quatro categorias, a partir da revisão bibliográfica, as quais refletem as principais dificuldades relacionadas à compressão, conceituação e aplicação do conceito de célula pelos alunos, tanto do ponto de vista estrutural, como funcional. As categorias estão organizadas da seguinte forma:

- a) *Nível de organização celular*: os alunos não reconhecem a presença das células em todos os seres vivos, principalmente nas plantas, e também não relacionam a estrutura celular com a sua função.
- b) *Processos vitais*: os alunos não compreendem que os nutrientes são conduzidos a todas as células e a cada uma delas para participar de processos energéticos, o que resulta em obstáculos para compreensão dos processos de respiração celular e fotossíntese, que são frequentemente confundidos.
- c) *Desconhecimento da Física e da Química*: nota-se a dificuldade em relacionar conhecimentos biológicos aos químicos e físicos, o que acarreta a dificuldade na compreensão da estrutura e funcionamento celular, que depende da integração com os conceitos da física e da química.
- d) *Reprodução e herança*: os alunos apresentam dificuldades para entender que os processos de crescimento e hereditariedade estão relacionados aos processos celulares.

Palmero (2000) ressalta, fundamentada em suas investigações, que a incompreensão do conceito de célula está causando sérios problemas à aprendizagem de conhecimentos relacionados à Biologia em diferentes campos, e que a apropriação dos saberes biológicos depende da superação dessas limitações.

Convergente a isso, Bastos (1992) considera que pelo fato de a célula não possuir atributos diretamente observáveis é esperado que o ensino desse conceito apresente as dificuldades típicas do ensino de conceitos abstratos. O autor também atribui o mau entendimento de célula pelos alunos à forma como o ensino do conceito é mediado, a qual exige dos alunos a memorização de nomes, definições e afirmações sobre função em detrimento de atividades que buscam aplicar tais conhecimentos ao cotidiano ou a situações novas.

Como veremos na próxima seção, conhecimentos relacionados à citologia são trabalhados em várias fases da educação básica. Mesmo assim, muitos estudos continuam a identificar as mesmas limitações no processo de ensino e aprendizagem

desse conteúdo. A partir da análise dessas dificuldades, podemos elaborar várias propostas para tentar minimizar esses problemas. Neste estudo, consideramos que a articulação do conceito de célula à história de sua formação pode ser uma dessas alternativas, pois, concordando com Pozo e Crespo (2009, p. 21) consideramos que “a ciência deve ser ensinada como um saber histórico e provisório, tentando fazer com que os alunos participem, de algum modo, no processo de elaboração do conhecimento científico, com suas dúvidas e incertezas”.

Isso, de acordo com os autores, requer dos alunos:

[...] uma forma de abordar o aprendizado como um processo construtivo, de busca de significados e de interpretação, em vez de reduzir a aprendizagem a um processo repetitivo ou de reprodução de conhecimentos pré-cozidos, prontos para o consumo (POZO; CRESPO, 2009, p. 21).

Também aprovamos as ideias de Bastos (1992) que, assim como nós, julga que o ensino de citologia pode ser contextualizado a partir do estudo de como o conceito de célula foi construído ao longo da história. Nessa perspectiva, Bastos (1992) salienta que as concepções cotidianas dos alunos apresentam pontos comuns com os processos de construção da Ciência, dessa forma, quando os alunos têm acesso aos pensamentos e evidências que direcionaram o raciocínio dos cientistas, eles têm melhores condições de construir conhecimentos cientificamente aceitáveis.

Do mesmo modo, consideramos que o nível de desenvolvimento cognitivo dos educandos deve ser levado em consideração. O conceito de célula subordina a si uma série de outros conceitos que exigem por parte dos alunos um alto grau de abstração para que esse sistema seja apropriado. Nessa perspectiva, entendemos que a construção desse conceito não se dá dentro de um ano letivo, uma vez que, como frisa a concepção pedagógica adotada neste estudo, o programa escolar, muitas vezes, não acompanha a trajetória de desenvolvimento cognitivo dos alunos.

Nesse sentido, como será discutido mais adiante, não se pode afirmar que em determinado ano escolar, 8º ano do Ensino Fundamental, por exemplo, os alunos terão condições de operar conscientemente com esse conceito ao final do ano letivo, já que eles precisarão se apropriar de outros conceitos, que serão trabalhados nas séries seguintes, para apresentarem uma concepção mais elaborada conceitualmente.

Na mesma lógica, Bastos (1992, p. 67) afirma que uma compressão adequada do conceito de célula depende do conhecimento de processos celulares



fundamentais, como a fotossíntese, a respiração, o transporte ativo, a síntese de substâncias, o movimento celular e a contração muscular, sendo necessário, ainda, o estabelecimento de relações entre esses processos e destes com as características diretamente observáveis do ser vivo, como a capacidade de reprodução, a necessidade de alimento, entre outras. Ressalta-se que todos esses conhecimentos são trabalhados durante vários anos escolares, de acordo com os currículos.

Apesar de a sequência dos conteúdos nos currículos escolares muitas vezes não coincidir com os caminhos da aprendizagem dos alunos, como explica Vigotski (2009), achamos pertinente pontuar os conhecimentos de citologia presentes em alguns currículos da educação básica com o objetivo de demonstrar a complexidade do conceito de célula.

## 1.2 O CONTEÚDO DE CITOLOGIA NO CURRÍCULO DE CIÊNCIAS

Segundo Sacristán (1998), o significado de currículo pode ser qualificado como impreciso, pois, de acordo com o enfoque que o desenvolva, pode denotar várias coisas. Canavaro (2003, p. 103) ressalta que o currículo sempre apresenta um propósito, um contexto, um processo, e resulta do encontro de diversas práticas, executadas por diferentes atores, em diferentes momentos; por esse motivo, é bastante difícil atribuir um conceito para currículo.

Tomando-o com o sentido de construir a carreira discente, Sacristán (2013, p. 17) aponta que desde os primórdios o currículo está relacionado “à ideia de seleção de conteúdos e de ordem na classificação dos conhecimentos que representam”, ou seja, à “seleção daquilo que será coberto pela ação de ensinar”.

Para o autor, o currículo tem papel regulador, pois, junto a outros conceitos reguladores, como os de *classe*, *grau* e *métodos*<sup>2</sup>, o currículo estrutura todo o ensino, determinando e regulando os conteúdos a serem abordados, o tempo escolar e, até mesmo, a vida das pessoas, quando associa conteúdos, graus e idades dos educandos.

[...] o currículo tem se mostrado uma invenção reguladora do conteúdo e das práticas envolvidas nos processos de ensino e aprendizagem; ou seja, ele se comporta como um instrumento que tem a capacidade de estruturar a

---

<sup>2</sup> De acordo com Sacristán (2013, p. 19), o agrupamento em *classes* facilita a organização da variedade dos alunos; a adoção de *graus* estabelece uma “regulação do tempo total de escolaridade em uma sucessão de trechos ordenados, como uma escala ascendente [...]”; e o *método* estrutura e proporciona “uma sequência ordenada de atividades que [...] podem ser reproduzidas”.

escolarização, a vida nos centros educacionais e as práticas pedagógicas, pois dispõe, transmite e impõe regras, normas e uma ordem que são determinantes. Esse instrumento e sua potencialidade se mostram por meio de seus usos e hábitos, do funcionamento da instituição escolar, na divisão do tempo, na especialização dos professores e, fundamentalmente, na ordem da aprendizagem (SACRISTÁN, 2013, p. 20).

Acima de qualquer outro papel que o currículo possa assumir, é evidente que esse instrumento seja fortemente influenciado pelos contextos político, social e cultural nos quais é elaborado, sendo que os responsáveis pelas políticas educativas têm papel notório na definição dos currículos (CANAVARRO, 2003), muitas vezes limitando a participação dos atores que os colocam em prática.

No Brasil, a lei federal nº 9394 de 1996 – a LDB (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional) – determinou o estabelecimento de diretrizes que orientassem os currículos do país, a fim de oferecer a todos uma formação básica comum. Com o intuito de mostrar comprometimento com esta lei, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) – 1ª a 4ª série em 1997; 5ª a 8ª série em 1998; Ensino Médio em 2000 – “que têm como principal finalidade apresentar as linhas norteadoras para a (re)orientação curricular”. (PINO; OSTERMANN; MOREIRA, 2004, p. 1).

Como nossa discussão tem como espoco apresentar os conhecimentos de citologia nos principais currículos, buscamos verificar, em linhas gerais, o conteúdo relativo às células nos PCNs de Ciências Naturais (Ensino Fundamental), já que este documento embasa o currículo proposto pela Secretaria Municipal de Educação (SEMED) de Campo Grande/MS; depois, discriminamos o conteúdo de citologia presente nas Orientações Curriculares de Ciências da Rede Municipal de Ensino (REME) da mesma localidade. Além disso, também consideramos necessário exibir os conceitos abordados no Ensino Médio, já que esses conhecimentos também fazem parte do processo de construção do conceito de célula.

Em tópico anterior, salientamos que para Bastos (1992) uma compressão adequada do conceito de célula depende do conhecimento de processos celulares fundamentais, como a fotossíntese, a respiração, o transporte ativo, a síntese de substâncias, o movimento celular e a contração muscular, sendo necessário, ainda, o estabelecimento de relações entre esses processos e destes com as características diretamente observáveis dos seres vivos, como a capacidade de reprodução, a necessidade de alimento, entre outras.

Evidentemente, tal compreensão não é construída de forma imediata. A elaboração desses conhecimentos – quando propiciados de maneira contextualizada/significativa – ocorre durante várias fases de formação escolar do indivíduo, com crescentes graus de complexidade de um nível para o outro.

Já nos primeiros ciclos da Educação Básica (1º ao 5º ano), verificamos a presença de conhecimentos relativos ao conceito de célula quando se inicia, por exemplo, estudos sobre a diversidade dos seres vivos, suas características e alguns processos celulares, como observamos nos trechos extraídos dos PCNs do 1º e 2º ciclo, respectivamente:

[...] comparação dos modos com que diferentes seres vivos, no espaço e no tempo, realizam as funções de alimentação, sustentação, locomoção e reprodução, em relação às condições do ambiente em que vivem; [...] comparação do desenvolvimento e da reprodução de diferentes seres vivos para compreender o ciclo vital como característica comum a todos os seres vivos. (BRASIL, 1997, p. 50).

[...] estabelecimento de relações entre os diferentes aparelhos e sistemas que realizam as funções de nutrição para compreender o corpo como um todo integrado: transformações sofridas pelo alimento na digestão e na respiração, transporte de materiais pela circulação e eliminação de resíduos pela urina. (BRASIL, 1997, p. 66).

Tais conhecimentos são ampliados e aprofundados nos últimos ciclos do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano), quando é desejável que os alunos compreendam, entre outras coisas: as diferentes funções vitais essenciais para a manutenção da vida (nutrição, aproveitamento de energia, crescimento, reprodução, etc.); processos comuns a todas as células do organismo humano e de outros seres vivos (crescimento, respiração, síntese de substâncias e eliminação de excretas); e o relacionamento entre conhecimentos biológicos, químicos e físicos (para o estabelecimento de relações entre os fenômenos da fotossíntese e da respiração celular, por exemplo) (BRASIL, 1998). Ressalta-se que os PCNs orientam a sistematização do conceito de célula em si a partir do 4º ciclo, apesar de esse conceito estar presente em todo o currículo de Ciências, mesmo que de forma implícita.

No Ensino médio, vários conceitos são introduzidos e aprofundados. É desejável que ao final da educação básica, os estudantes compreendam a célula como um sistema organizado, no qual ocorrem reações químicas vitais, e que está em constante interação com o ambiente; distingam os tipos fundamentais de célula e a existência de organelas com funções específicas; reconheçam os processos de

manutenção e reprodução da célula (mitose e meiose) como forma de interligar a gametogênese e a transmissão dos caracteres hereditários; comparem e percebam semelhanças e diferenças entre os seres unicelulares e pluricelulares. Além disso, os alunos precisam compreender como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos. Devem também entender o princípio básico de duplicação do DNA e saber que esse processo está sujeito a erros – mutações – que originam novas versões (alelos) do gene afetado e podem, ou não, ser causadores de problemas para os diferentes organismos. Também é importante o reconhecimento das mutações como fontes primárias da variabilidade e que, portanto, permitiram a constituição da biodiversidade hoje existente. (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006, p. 24).

As Orientações Curriculares de Ciências da REME (SEMED, 2015, 2016) se apoiam nos PCNs, assim, conhecimentos relacionados à célula iniciam-se pelo estudo das características observáveis dos seres vivos (reprodução, alimentação, crescimento), com ênfase no corpo humano. Nos anos finais do Ensino Fundamental, tais conhecimentos são aprofundados e ampliados, e novos conceitos são incorporados ao estudo dos seres vivos. No 6º ano inserem-se, por exemplo, conceitos de ecologia; no 7º ano, de sistemática; no 8º ano, genética; e no 9º ano, física e química. Assim como nos PCNs, o estudo da célula e do metabolismo celular tem início no 8º ano, contudo, para que a célula possa ser compreendida como a unidade fundamental para a vida, esse conteúdo precisa estar concatenado com os demais conhecimentos do currículo, ou seja, o conceito de célula deve ser elaborado dentro de um sistema de generalizações que, teoricamente, já existe (mesmo que seja mais ou menos restrito de aluno para aluno). Por isso, é de suma importância que o professor investigue as concepções iniciais e cotidianas educandos.

Os currículos refletem a complexidade do conceito de célula, que é fundamental para a compreensão do fenômeno da vida. É importante que estudos sobre a diversidade dos seres vivos, reprodução, origem e transmissão da vida estejam associados a conceitos de citologia, biologia celular, genética, física e química ao longo das etapas escolares. Evidentemente, alunos dos primeiros anos da educação básica podem não ter as estruturas neurais necessárias para a assimilação de relações tão complexas, como são as existentes entre citologia, física e química, entretanto, os saberes relativos ao conceito de célula, que se iniciam com o estudo das características observáveis dos seres vivos, precisam estar articulados entre si

durante todas as fases do ensino, com o intuito de aumentar a generalização dessas concepções. A falta de articulação entre esses saberes, que, muitas vezes, são tratados de forma isolada, pode ser a causa das dificuldades retratadas na literatura.

### 1.3 HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

#### *1.3.1. Contribuições e tendências da História da Ciência no ensino*

Já é consenso entre muitos pesquisadores (BASTOS, 1992, 1998; MATTHEWS, 1995; EL-HANI, 2006; MARTINS, 2006; TRINDADE, 2008; FORATO, 2009), inclusive em documentos oficiais, que a inclusão da História da Ciência (HC) no ensino pode ser uma alternativa para minimizar as limitações encontradas no currículo do ensino de Ciências.

Nesse sentido, Matthews afirma que a HC não tem soluções para todos os problemas presentes no ensino, no entanto, possui algumas delas, tais como:

- Humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade;
- Tornar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico;
- Contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica;
- Melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica. (MATTHEWS, 1995, p. 165).

Forato (2009) também salienta que o uso da HC vem sendo recomendado como um recurso útil para a aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da ciência. Nesse sentido, de acordo com a autora, a inserção de conteúdos *sobre* a ciência a partir de uma abordagem histórica pode auxiliar no desenvolvimento do pensamento crítico e criativo dos alunos, conferindo significado a noções epistemológicas abstratas e esclarecendo os diferentes processos que levaram à construção de conceitos, isso desde que os episódios históricos sejam cuidadosamente reconstruídos pelo professor. Além disso, a HC pode facilitar o entendimento dos processos sócio-históricos da construção do conhecimento, da dimensão humana da ciência e de aspectos da natureza da ciência.

Convergente a isso, Martins (2006, p. xxi) ressalta que a HC oferece uma visão diferente do trabalho científico, pois em vez de discutir apenas as conclusões que a ciência chegou, apresenta como teorias e conceitos se desenvolveram; a maneira como os cientistas trabalham e/ou trabalhavam; as ideias que não são aceitas hoje, mas que contribuíram com os conhecimentos atuais; as relações entre ciência, religião e filosofia e entre “o desenvolvimento do pensamento científico e outros desenvolvimentos históricos que ocorreram na mesma época”.

Outros autores, como Trindade (2008), também listam contribuições que o uso da HC pode trazer ao ensino. Diante disso, não podemos negar tais benefícios e o que eles podem trazer aos processos de ensino e aprendizagem empreendidos no cotidiano escolar.

Quanto ao uso da HC no contexto educacional, Prestes e Caldeira (2009) relatam que análises publicadas por Matthews e Duschls, referentes a pesquisas realizadas entre as décadas 1950 e 1980, apontam duas tendências na área: uma voltada em como aplicar a HC no Ensino de Ciências e outra, que predomina atualmente, preocupada com uma abordagem contextual das ciências, tanto no ensino básico, quanto no ensino superior.

Prestes e Caldeira, fundamentadas em Matthews (1995), afirmam que o ensino contextual das ciências:

[...] trata-se de uma tendência que explora as componentes históricas, filosóficas, sociais e culturais da ciência por meio de enfoques e abordagens variadas, na tentativa de promover uma formação que supere a demarcação entre o ensino dos conteúdos científicos e o de seus contextos de produção (PRESTES; CALDEIRA, 2009, p. 2).

El-Hani (2006, p. 3) também relata que nessa abordagem “se propõe que a aprendizagem das ciências deve ser acompanhada por uma aprendizagem sobre as ciências (ou sobre a natureza da ciência)”. O mesmo autor ainda frisa que a crise no ensino de Ciências, reflexo dos altos índices de analfabetismo e evasão de professores e alunos, contribuiu para a crescente defesa dessa abordagem.

A fim de superar a crise relatada por El-Hani (2006), foram incorporadas em documentos oficiais de orientação curricular concepções do ensino contextual em muitos países. Como exemplos, temos o novo Currículo Nacional Britânico de Ciências formulado em 1989 na Inglaterra e o projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS), elaborado em 1985 nos Estados Unidos

(MATTHEWS, 1995). Ambos os projetos, apesar de naturezas diferentes, “englobaram propostas que visam ao engajamento da história, da filosofia e da sociologia (HFS) ao ensino de Ciências nos cursos de ensino fundamental e médio”, priorizando a abordagem de contextos históricos, filosóficos e sociológicos no estudo da construção da ciência (QUINTAL; GUERRA, 2009, p. 21).

Já no Brasil, temos os PCN em suas diferentes versões – Ensino Fundamental, Ensino Médio/PCNEM e o PCN+ (PRESTES; CALDEIRA, 2009, p. 5). Na parte III do PCNEM, por exemplo, encontramos a seguinte afirmação:

[...] elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão associados a seu momento histórico (BRASIL, 2000, p. 14).

Mesmo diante disso, Prestes e Caldeira (2009) afirmam que os documentos oficiais brasileiros, como os PCN, ainda não apresentam, tal como em outros países, um real comprometimento com a abordagem contextual. Antes disso, El-Hani (2006) ressaltou que a perspectiva de um ensino contextual se encontra de forma pontual nos PCN e que aspectos históricos e filosóficos receberam tratamento assistemático ao longo do documento.

Atualmente, apresenta-se em construção a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Na segunda versão revisada do documento, no eixo “Contextualização social, cultural e histórica dos conhecimentos das Ciências da Natureza”, é evidenciada a necessidade de trabalhar o desenvolvimento da HC com a finalidade de promover a compreensão da ciência como um empreendimento humano, social e em processos históricos. Nessa perspectiva:

[...] a contextualização dos conhecimentos das Ciências da Natureza supera a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas, demandando uma compreensão da realidade social e a possibilidade de ações sobre tal realidade. [...] Na mesma direção, uma contextualização histórica não se ocupa da menção a nomes de cientistas e datas, mas de revelar conhecimentos como construções socialmente produzidas, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, sociais, de cada época (BRASIL, 2016, p. 139).

No mesmo documento, no componente curricular Biologia, discute-se também as contribuições que os conhecimentos conceituais da área de Biologia podem trazer à compreensão das discussões sociopolíticas sobre temas que envolvem ciência e

tecnologia e que “por meio de uma abordagem histórica e filosófica no tratamento destes temas, é possível construir uma visão crítica do conhecimento científico e tecnológico e de sua relação com a sociedade.” (BRASIL, 2016, p. 150-151).

Diferente dos PCN, a BNCC terá caráter oficial, contudo, apesar das pontuações citadas anteriormente, percebemos que a HC não se apresenta de forma contextual aos conteúdos propostos no documento, o que não propicia o entendimento, a um professor leigo em HC, de que uma abordagem histórico-filosófica dos conhecimentos seria importante para a compreensão da própria ciência. Em suma, há um apontamento das necessidades, entretanto, não se oferecem caminhos para alcançá-las.

Cientes dessas limitações, apresentamos a seguir algumas dificuldades discutidas na literatura quanto ao uso da HC na educação.

### *1.3.2 Dificuldades e limitações relacionadas ao uso da História da Ciência no ensino*

Apesar da falta de um compromisso autêntico com a HC em documentos oficiais, como discutido por El-Hani (2006) e Prestes e Caldeira (2009), há um crescente aumento pelo interesse em utilizar a HC em sala de aula em nosso país (TAVARES; PRESTES, 2012). No entanto, como explica Martins (2006), ainda existem limitações que impedem que a HC exerça um efetivo papel no ensino. Dentre elas, encontramos:

1. A carência de um número suficiente de professores com formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências;
2. A falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino;
3. Equívocos a respeito da natureza da ciência (MARTINS, 2006, p. 27).

Corroborando com as limitações apresentadas por Martins (2006), Tavares e Prestes (2012) afirmam que a falta de disciplinas de história e filosofia das ciências nas grades curriculares dos cursos de licenciatura acarreta a formação de profissionais que têm dificuldade em usar HC em sala de aula. Dez anos antes de Martins, Slongo (1996) também alertou sobre isso quando defendeu que a história e filosofia da ciência deveriam integrar programas de formação de professores, pois:



[...] para que o professor esteja convencido da importância de um ensino respaldado numa abordagem histórica, é necessário que ele próprio tenha vivenciado esta perspectiva no seu processo de formação, seja formação inicial ou continuada, para então, consciente da sua importância, proporcioná-la também a seus alunos (SLONGO, 1996, p. 47).

Martins (2006, p. xxvii) ressalta ainda que o problema da falta de professores capacitados para ensinar e pesquisar a HC de forma adequada deverá ser resolvido com o tempo, a partir do progressivo investimento em cursos na área. Ele alerta também que professores com formação inadequada em HC podem prestar um “desserviço” nesse campo, uma vez que podem veicular visões equivocadas sobre a HC.

Assim como Martins (2006), Tavares e Prestes (2012) criticam a qualidade dos materiais disponíveis sobre HC, que, muitas vezes, apresentam equívocos históricos e acabam por disseminar uma visão distorcida da ciência. Exemplo disso são os livros didáticos que costumam ser a única fonte de conteúdo histórico disponível para os professores. Nesses materiais, a abordagem da HC apresenta-se, geralmente, de forma breve, quando existem; além disso, muitos deles não são fundamentados na nova historiografia da ciência, mas sim:

[...] pautados pela historiografia praticada na primeira metade do século XX, que se caracterizava por privilegiar a descrição de grandes personagens e de eventos ou episódios marcantes, ocorridos em datas determinadas e como fatos independentes dos demais (TAVARES; PRESTES, 2012, p. 35).

Quanto aos equívocos a respeito da natureza da ciência, Martins discute alguns problemas recorrentes do uso descuidado da HC no cotidiano escolar e que levam o professor a empregá-la de forma incorreta, tais como “redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas”; “concepções errôneas sobre o método científico”; “uso de argumentos de autoridade” (MARTINS, 2006, p. xxix-xxx).

Quanto ao problema da “redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas”, Carneiro e Gastal (2005, p. 35) alegam ser costumeira em livros didáticos a presença de episódios históricos centrados em apenas um cientista e que isso, quando não relacionado a contextos mais amplos de análise histórica, “pode reforçar ou induzir os alunos à construção de uma imagem na qual a produção do conhecimento científico se limita a eventos fortuitos, dependentes da genialidade de cientistas isolados”. Martins (2006) também critica essa visão, pois afirma que as mudanças históricas são lentas e difusas, oriundas de trabalho coletivo e que é difícil

isolar uma “descoberta” fora de seu contexto, uma vez que há estreita relação com acontecimentos de vários tipos.

Em relação às “concepções errôneas sobre o método científico”, Silveira e Ostermann (2002, p. 9) relatam que muitos professores têm uma “visão ingênua do que é a ciência e o trabalho científico, alinhando-se à concepção empirista-indutivista”. Por esse motivo, é propiciado aos alunos, muitas vezes, uma visão equivocada e simplista da ciência, na qual as teorias científicas são formuladas *somente* por meio da observação e experimentação. Ressalta-se que muitos autores, como Chalmers (1993), criticaram duramente o método empírico-indutivista. Silveira e Ostermann alertam, ainda, que esse problema só poderá ser superado “a partir de um bom domínio da matéria a ser ensinada por parte do professor, o que envolve o conhecimento de HFC e suas implicações para o ensino de ciências”.

Quanto ao “uso de argumentos de autoridade” para impor a aceitação de conhecimentos científicos, Martins (2006, p. xxx) declara que “invocar uma pretensa certeza científica baseada em um nome famoso é um modo de impor crenças e de deixar de lado os aspectos fundamentais da própria natureza da ciência”. Muitos materiais didáticos trazem, por exemplo, teorias científicas como verdades incontestáveis, uma vez que foram propostas por esse ou aquele cientista, e isso, de acordo com a historiografia atual, configura-se como erro.

Convergente a isso, Gil-Perez e colaboradores (2001) também identificaram várias deformações relativas à HC e que são veiculadas no ensino. Dentre elas se encontram: *concepções empírico-indutivista e ateórica* (destacam o papel “neutro” da observação e da experimentação); *aproblemática, a-histórica e dogmáticas* (transmitem os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas); *elitistas* (os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes); *exclusivamente analíticas* (transmitem uma visão compartimentada da ciência que desconsidera as relações entre diferentes campos do conhecimento); *acumulativas e lineares dos processos de construção do conhecimento científico* (o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo); e a *transmissão de uma imagem descontextualizada e neutra da ciência* (esquecem-se as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e proporciona-se uma imagem deformada dos cientistas). Os autores ressaltam que essas concepções

aparecem associadas entre si e caracterizam a imagem ingênua da ciência que é aceita socialmente. Eles também discutem os modos como o ensino vem propagando tais concepções.

Martins (1998, p. 18) adverte que o uso inadequado da HC pode atrapalhar ao invés de auxiliar o ensino e que por isso devemos evitar certas situações em nossas aulas, como o uso de biografias longas desvinculadas de seu contexto histórico-social; a omissão das dificuldades e propostas alternativas; e a desvalorização da experiência dos alunos, que muitas vezes se assemelham a alguma das etapas pelas quais passou a construção dos conceitos estudados.

Diante do exposto, percebemos que utilizar a HC em nossa prática pedagógica não é algo simples, afinal é necessário ao professor um conhecimento historiográfico especializado a fim de evitar a perpetuação de visões equivocadas da HC. No entanto, Allchin (2004 apud FORATO 2011, p. 39) admite a impossibilidade de todos os professores dominarem as concepções historiográficas características do trabalho de um especialista. Nesse sentido, ele defende que os professores devem conhecer, pelo menos, algumas das deformações mais comuns relacionadas aos usos da HC.

Para que isso ocorra, Forato (2011), fundamentada em Holton (2003), sugere uma aproximação entre professores e historiadores da ciência por meio da promoção de encontros, produção de livros, artigos, filmes e a disponibilização de informações na internet. Também seria interessante aos professores confrontar as versões históricas produzidas por especialistas com as veiculadas nos livros didáticos e revistas, que geralmente expõem narrativas ingênuas e tendenciosas. Isso, para a autora, ajudaria a desenvolver uma concepção crítica sobre o processo de construção da ciência.

### *1.3.3 Abordagens da História da Ciência no ensino*

#### Breve discussão sobre a visão internalista e externalista

Considerando as possíveis abordagens da HC e a influência que estas podem exercer na compreensão de determinados episódios históricos pelos estudantes, achamos pertinente discutir, brevemente, concepções sobre a abordagem internalista e externalista da HC.

De acordo com Oliveira e Silva (2012, p. 42), fundamentadas em Martins (2004), a história se difere da historiografia, uma vez que a primeira se caracteriza “como um encadeamento de atividades humanas ocorridas ao longo do tempo” e a segunda “é produto da atividade dos historiadores”. As mesmas autoras ressaltam que as historiografias estão carregadas por subjetividade, já que cada historiador pode analisar os episódios históricos de acordo com a sua formação.

A partir disso, surgiram as diferentes abordagens da HC, as quais chamamos de internalista e externalista. Elas influenciam nas historiografias, que podem estar baseadas em fatores internos ou externos ao desenvolvimento do conhecimento científico de acordo com a visão do historiador (OLIVEIRA; SILVA, 2012).

Definir o que são as abordagens internalista e externalista seria um processo complexo, pois vários autores discutiram o tema sob diferentes perspectivas, entretanto, a fim de nortear nosso entendimento, concordamos com Martins quando afirma que:

Uma abordagem conceitual (interna, internalista), discute os fatores científicos (evidências, fatos de natureza científica) relacionados a determinado assunto ou problema. Procura responder a perguntas tais, como se determinada teoria estava bem fundamentada, considerando o contexto científico de sua época [...]. Uma abordagem não-conceitual (externa, externalista), lida com os fatores extracientíficos (influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos) [...] (MARTINS, 2005, p. 306)

Complementar a isso, Beltran, Saito e Trindade explicam que:

[...] a corrente internalista pressupõe que a ciência seja autônoma, neutra e tenha uma dinâmica própria, independente da sociedade que a gerou. Desse modo, deve ser estudada em função dos seus próprios objetos. Já a perspectiva externalista, analisa a ciência como uma atividade humana que, para ser compreendida, precisa ser estudada no conjunto social, político e econômico da época (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014 apud SILVA, 2014, p. 25).

Diante dessas concepções, evidencia-se que a abordagem internalista enfatiza aspectos conceituais e metodológicos que contribuíram para o desenvolvimento da ciência; e a externalista fundamenta-se em fatores extracientíficos, como o contexto social e político que estão relacionados à progressão da ciência. Dentro disso, concordamos com Silva e Oliveira (2012) quando pontuam que a opção por uma ou outra abordagem depende do problema a ser trabalhado.

Martins (2005), Silva e Oliveira (2012) e outros pesquisadores admitem que estudos e análises históricas completas envolveriam os dois tipos de abordagem, ou seja, a consideração dos fatores científicos e extracientíficos, a fim de se obter uma melhor compreensão da natureza do conhecimento científico. Além disso, Lakatos (1987, p. 38) ressalta que a história interna complementa a externa. Nesse sentido, seja qual for o problema a ser resolvido, o historiador deve analisar, primeiro, boa parte da história interna.

Martins (2000, p. 48-49) também discute a perspectiva internalista e externalista e apoia a presença de aspectos sociológicos em historiografias, pois, segundo ele, auxiliam na compreensão do dinamismo da ciência. O autor também destaca que a abordagem sociológica da ciência (externalista) é defendida com veemência atualmente, porém ressalta que “não é válido limitar a história da ciência à sociologia da ciência”, pois não existe uma abordagem única que seja a única seguida por todos”.

Martins (2000) alega que com a hegemonia da sociologia muitos estudos relacionados à HC têm negligenciado as vertentes filosóficas e conceituais, o que tem desagradado professores de Ciências que utilizam a HC em atividades pedagógicas, pois estes necessitam de uma abordagem que contemple aspectos sociais, filosóficos, metodológicos e conceituais das ciências, a fim de atender a demanda dos currículos escolares. Nesse contexto, o autor alerta que haverá uma grande pressão, proveniente das instituições de ensino, para a produção de material historiográfico centrados em temas conceituais, filosóficos e metodológicos, produtos que historiadores com formação sociológica não tem aptidão para elaborar.

É importante mencionar que em um estudo internalista poderíamos obter respostas aos problemas a partir do estudo de publicações científicas primárias. E, em um externalista, precisaríamos estudar relações entre diferentes filósofos de determinado período; analisar o contexto social, político e religioso de uma época; e até mesmo fazer leitura de textos não publicados; isso iria requerer um tempo considerável, viagens ao exterior e um preparo adequado do pesquisador para investigar esses documentos (MARTINS, 2005).

Considerando algumas limitações apontadas e um dos objetivos dessa pesquisa – que foi o de apresentar aos alunos uma historização do conceito de célula a partir do estudo de alguns momentos da HC – optamos por mediar os

conhecimentos a partir de aspectos conceituais e metodológicos, sem, contudo, negligenciá-los dos seus contextos sociais, quando isso foi possível.

### Perspectiva inclusiva e integrada

Visando a complementação das discussões sobre as concepções internalista e externalista, consideramos que o entendimento das abordagens da HC identificadas por Matthews (1994) também poderá propiciar ao professor fundamentação para o uso adequado da HC em sala de aula e, além disso, reflexões sobre as práticas já utilizadas.

Para Matthews (1994 apud PRESTES; CALDEIRA, 2009, p. 7) existem duas tendências para a inclusão da HC no ensino: a abordagem inclusiva (“*add-on approach*”) e a abordagem integrada (“*integrated approach*”). Na primeira, há a inclusão de episódios históricos específicos em cursos de ciências padrão, não históricos; e na segunda, trabalha-se a concepção histórica na condução de todo o conteúdo científico do curso, ou seja, todos os conceitos são trabalhados segundo suas origens e transformações.

Prestes e Caldeira (2009, p. 9) afirmam que os dois tipos de abordagem têm o seu valor no ensino de Ciências, entretanto, concordando com Allchin (2004), afirmam que a tendência inclusiva permanecerá dominante enquanto não forem desenvolvidas bases mais amplas para projetos de grande escala; isso porque, segundo as autoras, a perspectiva inclusiva dá mais autonomia ao professor na construção do programa de aprendizagem, como é recomendado no sistema educacional atual.

Com foco na prática instrucional e na tomada de decisão pelos professores, Matthews relata, ainda, que existem vários recursos disponíveis para a introdução da HC em sala de aula “como leituras, reprodução de experimentos históricos, reconstituições dramáticas e dramatização dos debates e episódios históricos, ensaios, projetos individuais e em grupo ou leitura e interpretação de artigos originais” (MATTHEWS, 1994 apud CARMO, 2011, p. 27). O autor também frisa a necessidade de o professor estar bem preparado para utilizar a HC, caso contrário, o ensino histórico surtirá pouco efeito.

Concordamos com o que foi exposto e acreditamos que os professores precisam estar interessados para que haja aprofundamento no estudo da HC, sem isso, continuaremos a presenciar a reprodução de visões distorcidas da HC em

nossas salas de aula. Enquanto aguardamos mudanças significativas em prol da inclusão da HC nos currículos universitários, o acesso dos professores a bons materiais sobre a HC talvez despertasse interesse por parte deles.

Convém destacar que nesta pesquisa relacionamos concepções da visão internalista à perspectiva inclusiva para trabalharmos parte do processo de formação do conceito de célula, que corresponde a um bloco da disciplina de Ciências no 8º ano do Ensino Fundamental.

Tendo em vista que o trabalho com a HC corresponde a “um conjunto de conhecimentos sobre a ciência que trata de seus métodos, objetivos, limitações, influência”, consideramos que o uso de episódios históricos pode auxiliar na compreensão adequada da HC, uma vez que propicia uma visão detalhada do processo de formação dos conhecimentos científicos (SILVA; MOURA, 2008, p. 1)

#### 1.4 BREVE HISTORIZAÇÃO DA FORMAÇÃO DO CONCEITO DE CÉLULA

A formação do conceito de célula se deu por um processo histórico e não-linear que contou com a contribuição de inúmeros cientistas em diferentes contextos históricos. Pela sua complexidade, seria inviável, neste trabalho, a sua completa reconstrução histórica, já que não conseguiríamos trabalhar o tema em sua plenitude com alunos de 8º ano do Ensino Fundamental.

Dessa forma, a historização apresentada neste trabalho se baseia em fontes secundárias com apoio de publicações originais. Selecionamos alguns momentos considerados relevantes para subsidiar a pesquisa de acordo com os objetivos pedagógicos, o tempo didático disponível e a abordagem da HC escolhida.

Hoje concebemos a célula como a unidade estrutural e funcional dos seres vivos que pode existir isoladamente, em organismos unicelulares, ou formar tecidos, que constituem o corpo dos seres pluricelulares (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2012). Entretanto, sabemos que essa concepção não se desenvolveu de imediato, como ressalta Prestes (1997), pois desde a primeira observação da célula<sup>3</sup> – realizada por

---

<sup>3</sup> As células observadas por Hooke não são as mesmas da Teoria Celular, atualmente sabemos que eram apenas paredes celulares espessas de células mortas.

Robert Hooke<sup>4</sup> em 1663 – até a publicação da Teoria Celular – elaborada por Theodor Schwann<sup>5</sup> e Matthias Schleiden<sup>6</sup> –, em 1839, passaram-se 176 anos.

O estudo das células se tornou possível devido à invenção do microscópio e ao progressivo aperfeiçoamento desse equipamento, principalmente entre século XVIII e início do XIX. No entanto, de acordo com Prestes (1997), basta uma análise histórica mais cuidadosa para evidenciar que o microscópio não passou por mudanças significativas antes da formulação da Teoria Celular. Nesse sentido, não é correto atribuir, isoladamente, o desenvolvimento da citologia à melhoria dos instrumentos óticos.

Nesse contexto, para se ter uma compreensão mais realista do processo de formação do conceito de célula, temos que nos atentar à maneira como ela era vista em diferentes contextos históricos, independentemente do quão avançados estavam os instrumentos óticos, ou seja, como a concepção de célula foi se modificando desde que foi observada pela primeira vez até a formulação de uma teoria que a colocou como estrutura fundamental para a vida.

Antes de discutir as contribuições de Hooke e outros cientistas, é imprescindível mencionar que a estruturação das bases da citologia, assim como a construção da Ciência em si, “é fruto da atividade conjunta da chamada ‘comunidade científica’<sup>7</sup>”, como salienta Prestes (1997, p. 11).

Nessas circunstâncias, encontramos, em meados do século XVII, época do início da Revolução Científica<sup>8</sup>, Robert Hooke e o seu microscópio composto. Ressalta-se que antes disso, aproximadamente em 1590, Hans Janssen (1534 – 1592) e seu filho, Zacharias Janssen (1580 – 1638), haviam construído um precursor desse microscópio, que foi aperfeiçoado por outros cientistas, como Hooke.

---

<sup>4</sup> Robert Hooke (1635 – 1703) – Foi um importante filósofo natural que deu contribuições a diversas áreas do conhecimento.

<sup>5</sup> Theodor Schwann (1810 – 1882) – Fisiologista e anatomista alemão.

<sup>6</sup> Matthias Schleiden (1804 – 1881) – Botânico alemão.

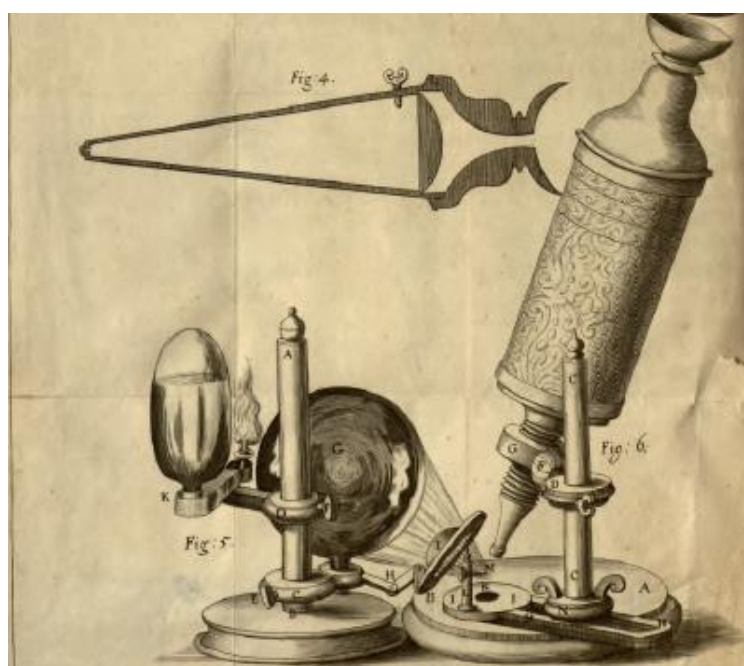
<sup>7</sup> "Pesquisadores que partilham um paradigma na prática de sua especialidade científica, a partir de uma formação educacional e de uma iniciação profissional similares." (KUHN, 1962 apud PRESTES, 1997, p. 63).

<sup>8</sup> Para o estudo da Revolução Científica, recomenda-se a leitura de HENRY, J. **A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna**. Rio de Janeiro: Zahar, 1998. p. 149.



No livro *Micrographia*<sup>9</sup>, publicado em 1665 pela *Royal Society*<sup>10</sup>, Hooke descreve, detalhadamente, um microscópio composto (Figura 1). O aparato era compacto e pequeno, em comparação aos da época, com capacidade de aumento de 40 diâmetros; continha partes removíveis e um poderoso sistema de iluminação que empregava, de acordo Mayall (1886 apud Martins, 2011, p. 117), luz difusa para evitar os fortes reflexos ocasionados pela luz solar direta; além disso, estava montado de forma que permitia movimentos em várias direções (BRITO, 2008).

**Figura 1** – Microscópio composto representado por Robert Hooke no prefácio de *Micrographia*.



**Fonte:** Hooke, 1665, prancha 1.

Interessado nas possibilidades do microscópio, Hooke observou sob as lentes do instrumento todo o tipo de coisas, como fios de cabelo, carvão, areia etc. Muitas das observações descritas por ele, como uma pulga e um piolho, ficaram famosas pela riqueza de seus detalhes.

---

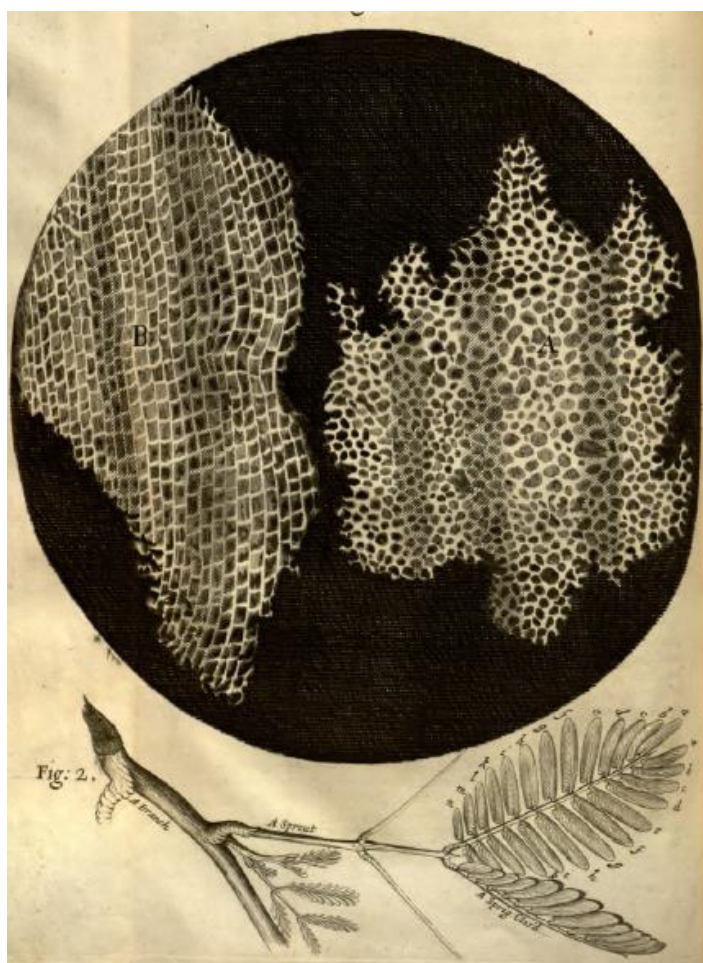
<sup>9</sup> Título completo da obra: *Micrographia, or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon*. Tradução: “Micrografia, ou algumas descrições fisiológicas de pequenos corpos, feitas com lentes de aumento, com observações e investigações sobre os mesmos”.

<sup>10</sup> A Royal Society ou “Royal Society of London for improving Natural Knowledge”, como também era conhecida, foi fundada em 15 de julho de 1662 sob o patrocínio do Rei Carlos II. Ela uma das mais respeitadas instituições científicas do mundo.

Em 14 de abril de 1663, Hooke apresentou, em uma reunião da *Royal Society*, um esquema obtido com um microscópio representando poros encontrados em um corte de cortiça. Seu intuito era o de explorar as propriedades que garantiam leveza, fluabilidade e elasticidade a esse material (PRESTES, 1997; MARTINS, 2011).

Na observação 18 do livro *Micrographia*, intitulada “*Of the Schematisme or Texture of Cork, and of the Cells and Pores of some other such frothy Bodies*”, Hooke analisa a estrutura da cortiça sob o microscópio e faz comparações a uma espuma ou a um favo de mel vazio. Ele afirmou que os espaços observados eram preenchidos por ar e que esse ar estava “perfeitamente fechado em pequenas caixas ou células distintas uma das outras” (HOOKE, 1665, p. 113).

**Figura 2** – Esquema de células de cortiça desenhado por Hooke na observação XVIII de *Micrographia*.



Fonte: Hooke, 1665, p. 114.

De acordo com Turner (1890), este é, provavelmente, o primeiro uso da palavra “célula” em uma descrição histológica; no entanto, Hooke não fez uso exclusivo deste termo, optando, também, por chamar a estrutura observada na cortiça de “poros”, “caixas” ou “bolhas de ar” (TAVARES; PRESTES, 2012).

Embora seja evidente, a partir da análise de seus relatos e desenho (Figura 2), que Hooke visualizou paredes de células mortas no corte de cortiça, não é possível atribuir a ele o mérito de ser o fundador da citologia (que passou a se desenvolver no século XIX), uma vez que, como mencionado, o interesse dele residiu em estudar as propriedades da cortiça. Assim, é possível afirmar que Hooke não “interpretou a célula vista ao seu microscópio como algum tipo de unidade básica, estrutural e fisiológica, dos seres vivos” (TAVARES, PRESTES, 2012, p. 40).

Concordando com isso, Prestes destaca que:

A história recente da biologia enfatiza que a sua observação da cortiça não trouxe a contribuição que se pensava à teoria celular. Na verdade, não trouxe contribuição alguma. Para Hooke, a observação da cortiça foi tão importante quanto qualquer outra que ele fez sob o microscópio. O valor de todas elas está na representação de fatos da natureza, na acuidade da ilustração, na exatidão e riqueza dos detalhes assinalados. Suas observações contribuíram, isto sim, ao desenvolvimento da microscopia (PRESTES, 1997, p.24).

Desse modo, ainda de acordo com Prestes (1997), a concepção atual que temos de célula não é proveniente das pesquisas de Hooke, mas sim de estudos posteriores a elas. Entretanto, seria injusto afirmar que faltou a Hooke alguma aptidão para o estudo dos seres vivos, uma vez que em sua época a comunidade científica estava fortemente influenciada pelo método científico de Francis Bacon<sup>11</sup> que valorizava, principalmente, princípios da Matemática e da Física. Além disso, Hooke, como “curador de experimentos”, apresentava semanalmente à *Royal Society* trabalhos de várias áreas do conhecimento, o que possivelmente dificultou aprofundamento em qualquer tema de pesquisa (MARTINS, 2011; PRESTES, 1997).

Vale destacar que outros cientistas como Nehemiah Grew<sup>12</sup> (1641 – 1712), Marcelo Malpighi<sup>13</sup> (1628 – 1694) e Leeuwenhoek<sup>14</sup> (1632 – 1723) também observaram em tecidos, principalmente vegetais, estruturas parecidas com as que

---

<sup>11</sup> Francis Bacon (1561 – 1626) – Filósofo, político e ensaísta inglês.

<sup>12</sup> Nehemiah Grew – Botânico e microscopista inglês.

<sup>13</sup> Marcelo Malpighi – Médico e microscopista italiano.

<sup>14</sup> Antony van Leeuwenhoek – Naturalista e microscopista holandês.

Hooke notou na cortiça. Grew, por exemplo, foi contemporâneo de Hooke e, assim como ele, era curador de experimentos da *Royal Society*. Seus muitos trabalhos estavam dedicados à estrutura das plantas, sendo que tanto Hooke quanto Grew usaram o mesmo tipo de microscópio composto (HUGHES, 1959). Em uma de suas obras, Grew chamou de “vesículas” as estruturas observadas em tecidos vegetais.

No mesmo período, Malpighi mostrou em suas pesquisas no campo da fisiologia e anatomia vegetal que as diversas partes das plantas eram constituídas de estruturas as quais denominou de “utrículos” (ROSA, 2012). Segundo Hughes (1959), a *Royal Society* recebeu em 1673 a primeira carta sobre várias observações microscópicas de Leeuwenhoek. As observações feitas por esse microscopista eram realizadas com o auxílio de microscópios simples e superavam, na época, às obtidas com microscópios compostos, que sofriam com as aberrações óticas. De acordo com Rosa (2012), Leeuwenhoek foi o pioneiro da Bacteriologia e com seus microscópios observou protozoários, glóbulos vermelhos no sangue de peixes, bactérias, espermatozoides, dentre outros<sup>15</sup>.

No entanto, nem todas as estruturas observadas eram de fato células, mas sim, às vezes, outros elementos celulares. Como relata Prestes (1997, p. 30), “a partir de 1720, tornou-se conhecimento comum entre os botânicos que as plantas eram constituídas de espaços microscópicos. Contudo, não havia uma definição clara sobre o seu significado”. Ou seja, os cientistas estudavam a célula de modo independente, o que pode explicar a diversidade de nomes atribuídos aos mesmos elementos. Durante o século XVIII, não houve um consenso sobre a verdadeira estrutura da célula vegetal.

Enquanto isso, os estudos sobre a constituição dos animais seguiam rumos um pouco diferentes. Embora os pesquisadores estudassem ao mesmo tempo tecidos animais e vegetais, eles não imaginavam que as unidades encontradas em ambos tecidos eram a mesma coisa. Assim, o termo “célula” era usado apenas para células vegetais e “glóbulos” para células animais (BECHTEL, 1984). Desse modo, percebe-se que durante o século XVIII os “glóbulos” vistos em tecidos animais não foram relacionados às estruturas vistas nos vegetais. De fato, essa relação se estabeleceu somente em tempos mais recentes, como aponta Turner (1890).

---

<sup>15</sup> De acordo com Hughes (1959), o modo como Leeuwenhoek conseguiu ver protozoários, bactérias, espermatozoides e “corpúsculos” sanguíneos em seus microscópios ainda não é totalmente compreendido. Ele manteve os detalhes de seus métodos com júbilo para si mesmo.

A dificuldade em estabelecer uma relação entre os animais e as plantas residiu no fato de as células vegetais serem mais visíveis ao microscópio por conta de suas paredes celulares, estrutura que as células animais não possuem. A presença de nervos, músculos, por exemplo, tornava difícil entender que os animais eram constituídos de unidades semelhantes às das plantas (WOLPERT, 1996). Assim, os glóbulos sanguíneos identificados por Leeuwenhoek, em 1673, foram as únicas estruturas microscópicas de origem animal vistas por mais de um século. Ao longo do tempo, os microscopistas enxergavam glóbulos em partes isoladas dos animais, como no cérebro, pele, nervos e músculos. Dessa forma, a ideia da presença de glóbulos foi satisfatória para explicar a estrutura dos animais.

É importante mencionar, de acordo com relatos de Prestes (1997), que muitas estruturas designadas como “glóbulos” pelos *globulistas* que estudavam a constituição dos tecidos animais no final do século XVIII raramente eram células, mas sim aberrações cromáticas<sup>16</sup>, que só foram corrigidas em meados de 1820 com a construção de lentes objetivas acromáticas. Desse modo, podemos dizer que os *globulistas* não elaboraram uma teoria coerente quanto à constituição dos animais, para que isso acontecesse foi necessário o aperfeiçoamento do microscópio.

Percebemos até aqui que o início do estudo sobre as células foi marcado por uma importante distinção entre células vegetais e glóbulos animais. De acordo com Bechtel (1984), Theodor Schwann leva o crédito pela ideia de que plantas e animais são formados por estruturas análogas, comuns aos seres vivos, mesmo que outros cientistas, como Oken<sup>17</sup> (1779 – 1851) e Dutrochet<sup>18</sup> (1776 – 1847), tenham apresentado uma ideia parecida antes dele.

Diferente destes, Schwann trouxe uma argumentação detalhada que subsidiou suas ideias, reunindo conhecimentos de botânica, zoologia e fisiologia, amarrando-os em um todo organizado o qual podemos chamar de teoria (BECHTEL, 1984). Além disso, os precursores de Schwann não dispunham de argumentos que respondiam ao grande debate da época, que estava relacionado à origem da vida (PRESTES, 1997). Outro elemento chave das concepções de Schwann foi a notoriedade dada ao núcleo, que se tornou a maior evidência da homologia entre células animais e vegetais. É

---

<sup>16</sup> Tipo de defeito óptico resultante do fato da luz branca ser composta de diferentes comprimentos de onda.

<sup>17</sup> Lorenz Oken – Filósofo e naturalista alemão.

<sup>18</sup> René Henri Dutrochet – Fisiologista de plantas francês.

importante mencionar que o conhecimento do núcleo pode ser rastreado até Leeuwenhoek e Trembley<sup>19</sup>, que o observaram em 1700 e 1744, respectivamente, e, também, até Robert Brown<sup>20</sup> que cunhou o termo “núcleo”, em 1831, e constatou sua presença como característica regular das células (BECHTEL, 1984).

Schwann deu ao núcleo o papel central em sua teoria, afirmando que essa estrutura era a responsável pelo processo de formação celular. Para isso, baseou-se nas ideias de Matthias Schleiden, que afirmava que as células “se originavam a partir do crescimento do núcleo” que foi renomeado como “citoblasto” (MAYR, 2008, p. 123).

Schwann afirmou ter observado o mesmo processo em tecidos embrionários, fibras musculares e vasos capilares. Ele sempre deixou explícito que sua ideia sobre a origem das células se baseava na de Schleiden, entretanto, seu trabalho foi muito além da proposta de Schleiden, que se limitava ao reino vegetal, pois Schwann, a partir dos estudos de Schleiden, desenvolveu uma teoria celular geral que postulou a célula como unidade comum aos seres vivos, sede do crescimento e do metabolismo. Podemos dizer que Schwann inaugurou a citologia.

Entretanto, observamos que as células são formadas de maneira diferente do que foi proposto por Schleiden e Schwann, pois elas não são geradas a partir do crescimento do núcleo, mas sim por divisão celular. Prestes (1997) relata que nos desenhos de Schleiden pode-se notar algumas células em estágios de divisão e que haviam trabalhos, como os de Von Mohl<sup>21</sup> (1805 – 1872), com explicações sobre o processo de divisão celular. Mayr (2008) também salienta que F. J. F. Meyen<sup>22</sup> (1804 – 1840) havia publicado uma monografia notavelmente correta sobre células vegetais, antes mesmo de Schleiden e Schwann, na qual explicava a multiplicação de células por divisão.

Mesmo conhecendo essas propostas, Schwann e Schleiden descartaram essas hipóteses e formularam suas próprias ideias, sendo que Schleiden centrava-se no entendimento do papel do núcleo e Schwann em uma explicação físico-química para o processo de formação das células. Assim, por algum tempo, as ideias de Schwann quanto ao processo de formação celular não foram refutadas. A maioria dos cientistas sustentavam a ideia de que as células eram formadas a partir do

---

<sup>19</sup> Abraham Trembley (1700 ou 1710 – 1784) – Naturalista suíço.

<sup>20</sup> Ressalta-se que Brown limitou-se à descrição da estrutura no núcleo. Em sua obra, ele se absteve de atribuir funções a essa estrutura e especular significados.

<sup>21</sup> Hugo Von Mohl – Botânico alemão.

<sup>22</sup> Médico, botânico e zoólogo alemão.

crescimento do núcleo, como proposto por Schwann, ou por divisão celular. Até mesmo Von Mohl, reconhecido por seus trabalhos sobre divisão celular, aceitava as duas hipóteses. Poucos investigadores rejeitavam totalmente a ideia da origem das células de Schwann e Schleiden. Meyen, por exemplo, discordava da ideia e publicou uma réplica para Schleiden, na qual “reiterava sua observação da formação de novas células pela divisão de células preexistentes” (MAYR, 2008, p. 123). Robert Remak<sup>23</sup> (1815 – 1865) também desaprovou desde o início a ideia de Schwann e Schleiden e afirmou, a partir de estudos com embriões de rã em desenvolvimento, que as células se multiplicam por uma divisão contínua que se inicia no núcleo.

Em 1855, o patologista Rudolf Virchow<sup>24</sup> (1821 – 1902), influenciado por Remak, afirmou que uma célula se originava de uma outra célula já existente. Ele sintetizou essa ideia na frase “*Omnis cellula e cellula*” que significa “toda célula deriva de outra célula”. Com o tempo, a ideia de Virchow foi aceita, mesmo que detalhes do processo da divisão celular, especialmente do núcleo, não fossem compreendidos naquele período. As explicações puramente físico-químicas já não eram suficientes e, a partir daí, o processo de divisão celular se tornou a explicação mais aceitável para a origem das células e a sede do metabolismo celular passou a ser o protoplasma (WOLPERT, 1996)

De acordo com Mayr (1998, p. 720), o protoplasma era considerado “como o material de construção último de todo o ser vivo” e foi utilizado pela primeira vez no ano em que aparece a Teoria Celular, 1839, por J. E. Purkinje<sup>25</sup> (1787 – 1869), para designar o conteúdo da célula afora o núcleo. Entretanto, conforme Prestes (1997), essa ideia só foi reconhecida após estudos de Karl von Nägeli<sup>26</sup> (1817 – 1891) e Hugo von Mohl (1805 – 1872), em 1844, que evidenciaram o protoplasma como uma substância heterogênea e importante para o funcionamento da célula.

Em 1850, Cohn<sup>27</sup> e outros pesquisadores identificaram o protoplasma como a substância que preenche células animais e vegetais. Pouco tempo depois, foram reconhecidos no protoplasma a capacidade de contratilidade e auto-movimento, definidas como essenciais à vida. Ressalta-se que o progressivo estudo das funções celulares levou ao estudo mais aprofundado do protoplasma que, depois dos estudos

---

<sup>23</sup> Robert Remak – Embriologista, fisiologista e neurologista alemão.

<sup>24</sup> Rudolf Virchow – Patologista alemão.

<sup>25</sup> Johannes Evangelista Purkinje – Fisiologista e histologista tcheco.

<sup>26</sup> Karl von Nägeli – Botânico alemão.

<sup>27</sup> Ferdinand Julius Cohn (1828 – 1898) – Botânico e microbiologista alemão.

de Nägeli e Mohl, não foi mais reconhecido como substância homogênea. Influenciado por essa nova tendência, Max Schultze<sup>28</sup> (1825 – 1874) afirmou que as células eram uma espécie de "massa de protoplasma dentro da qual reside um núcleo" e que as membranas não eram essenciais para a manutenção dessa estrutura. Essa visão persistiu até 1895, quando Overton<sup>29</sup> evidenciou a existência da membrana celular (BECHTEL, 1984; WOLPERT, 1996; PRESTES, 1997).

Segundo Mayr (1998), o protoplasma foi considerado como agente de todos os processos fisiológicos da célula por mais de cem anos. O enfoque dado ao protoplasma permitiu que o citoplasma fosse explorado, assim, mais adiante, quando a bioquímica começou a diferenciar o conteúdo celular, "ficou evidente que não existia uma substância unitária que merecesse o nome de protoplasma", assim, o termo "protoplasma" praticamente desapareceu na literatura atual sendo que "o conjunto das estruturas celulares e dos líquidos celulares (menos o núcleo) foi designado pelo nome de *citoplasma*". Entretanto, ressalta-se que foi necessário o surgimento do microscópio eletrônico (1940) para verificar que o citoplasma é composto por um conjunto de estruturas complexas, cada uma delas dotadas de funções "que os primeiros pesquisadores que se debruçaram sobre o protoplasma nunca teriam podido imaginar" (MAYR, 1998, p. 729).

Como mencionado, na nova Teoria Celular, acrescida com as ideias de Virchow e outros, o núcleo não possuiu importância significativa até os anos de 1870. O estudo do processo de fertilização é que deu pistas sobre a função dessa estrutura. Conforme Mayr (2008, p. 125), "começou com a prova dada por Rudolf Albert von Köelliker<sup>30</sup> (para o óvulo) e por Carl Gegenbaur<sup>31</sup> (para o espermatozoide) que esses dois elementos reprodutivos eram células". Segundo o mesmo autor, em meados da década de 1870 já era consenso entre os principais investigadores da área que a fusão dos núcleos do óvulo e espermatozoide tinha importância genética.

Entretanto, a importância e a maneira como as características genéticas eram transmitidas dos pais para os filhos ainda não estava clara; para isso, foi necessário o entendimento da meiose e a identificação dos cromossomos no núcleo. Foi entre 1878 e 1882 que Walther Flemming<sup>32</sup> (1843 – 1905) identificou a presença de

---

<sup>28</sup> Max Schultze – Naturalista alemão.

<sup>29</sup> Charles Ernest Overton (1865 – 1933) – Fisiologista e biólogo inglês.

<sup>30</sup> Köelliker (1817 – 1905) – anatomista suíço.

<sup>31</sup> Gegenbaur (1826 – 1903) – médico, anatomista e embriologista alemão.

<sup>32</sup> Anatomista alemão.



cromossomos (termo introduzido por Wilhelm Waldeyer em 1888) durante o estudo do processo de mitose. Pelo fato de muitas células serem transparentes, Flemming começou a utilizar corantes em suas investigações e percebeu que certas estruturas os absorviam fortemente; a elas deu o nome de “cromatina”. Foi Flemming que também introduziu o termo “mitose”, em 1882, e deu uma excelente descrição de seus vários processos (MAZZARELLO, 1999; ROSA, 2012).

Em 1885, Carl Rabl<sup>33</sup> estabeleceu que o número de cromossomos é constante em todas as células. A partir desses estudos, Theodor Boveri<sup>34</sup> e Edouard van Beneden<sup>35</sup> também chegaram à conclusão de que o número de cromossomos era constante nas várias células de um organismo, e que esse número era característico para cada espécie. As ideias de Rabl também foram base para a hipótese de August Friedrich Leopold Weismann<sup>36</sup>, em 1889, sobre a constância do material genético de geração para geração (ROSA, 2012; WOLPERT, 1996).

O aperfeiçoamento das técnicas de microscopia – com o advento da microscopia eletrônica, utilização de óleo de imersão, novos métodos de fixação e coloração – aliado a bioquímica levaram à descrição de várias organelas celulares, tais como a mitocôndria, observada por muitos pesquisadores e nomeada por Carl Benda (1857 – 1933) em 1898, e o “aparelho de Golgi”, descrito por Camillo Golgi (1844 – 1926) também em 1898. (MAZZARELLO, 1999).

A compreensão da célula se acelerou após 1900. Inicialmente, as principais contribuições foram propiciadas pela genética e fisiologia celular, depois pela investigação da estrutura fina da célula com o auxílio dos microscópios eletrônicos, e, mais adiante, a biologia molecular se ocupou de explorar todos os componentes do citoplasma (MAYR, 2008; PRESTES, 1997).

O conceito de célula é um excelente exemplo da complexidade da formação de um conhecimento científico. As células passaram de espaços ociosos preenchidos por ar para unidades essenciais à vida. Nessa história, nota-se, entre outras coisas, o importante papel de ideias que mais tarde foram rejeitadas como falsas e que oportunizaram o avanço do conhecimento da célula. Isso evidencia que a ciência é um saber provisório e que, muitas vezes, apresenta limitações. Diante disso,

---

<sup>33</sup> Rabl (1853 – 1917) – anatomista austríaco.

<sup>34</sup> Boveri (1862 – 1915) – biólogo alemão.

<sup>35</sup> Beneden (1846 – 1910) – biólogo, citologista e embriologista belga.

<sup>36</sup> Weismann (1834 – 1914) – biólogo alemão.

consideramos que o uso da História da Ciência pode complementar o estudo dos conhecimentos científicos desenvolvidos no ensino de Ciências, tornando-os mais contextualizados, mais humanos e mais próximos da realidade de nossos alunos, que muitas vezes imaginam a ciência como uma atividade sempre pautada em verdades absolutas.

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

Neste capítulo, trataremos de alguns pressupostos da perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano que contribuiram para a fundamentação da sequência didática que foi desenvolvida e analisada neste estudo.

### 2.1 FUNÇÕES PSICOLÓGICAS SUPERIORES E O PROCESSO DE MEDIAÇÃO

Um dos pilares do pensamento de Vigotski foi o estudo das funções psicológicas superiores (FPS), características do funcionamento psicológico tipicamente humano, tais como atenção, memória, imaginação, percepção, pensamento abstrato e linguagem. Segundo o teórico, as funções superiores diferem das elementares porque as primeiras se caracterizam pela estimulação autogerada, isto é, criação e uso de estímulos artificiais (como os signos), e as segundas se caracterizam por serem processos biológicos, diretamente determinados pela estimulação ambiental (VIGOTSKI, 2007).

As funções elementares, como a percepção sensorial imediata, a atenção e a memória involuntária, estão presentes em quase todas as espécies animais desde o nascimento. Entretanto, no homem, essas funções sofrem mudanças substantivas. Podemos dizer, assim, que as funções psicológicas tipicamente humanas são *formadas*.

Nesse contexto, a linguagem tem papel fundamental na organização/formação das FPS, uma vez que:

A capacitação especificamente humana para a linguagem habilita as crianças a providenciar instrumentos auxiliares na solução de tarefas difíceis, a superar a ação impulsiva, a planejar uma solução para um problema antes de sua execução e a controlar seu próprio comportamento. Signos e palavras constituem para as crianças, primeiro e acima de tudo, um meio de contato social com outras pessoas. As funções cognitivas e comunicativas da linguagem tornam-se, então, a base de uma forma nova e superior de atividade nas crianças, distinguindo-as dos animais. (VIGOTSKI, 2007, p. 17-18).

Considerando isso, podemos dizer que a linguagem é a matéria prima no desenvolvimento das FPS. Pela mediação dos sujeitos com os quais convive, a criança internaliza a linguagem e a sua *percepção*, por exemplo, que antes era instintiva e caracterizada por sensações imediatas – como fome, calor e frio –, vai se humanizando e tornando-se diferente da dos animais. Pela incorporação da

linguagem, a percepção se torna complexa, capaz de combinar os detalhes percebidos como um todo. De acordo com Luria (1991, p. 40), “[...] a percepção plena dos objetos surge como resultado de um complexo trabalho de análise e síntese, que ressalta os indícios essenciais e inibe os indícios secundários, combinando os detalhes percebidos num todo apreendido”, desse modo:

O homem não contempla simplesmente os objetos ou lhes registra passivamente os indícios. Ao discriminar e reunir os indícios essenciais, ele sempre ‘designa pela palavra os objetos perceptíveis’, nomeando-os, e deste modo apreende-lhes mais a fundo as propriedades e as atribui a determinadas categorias. Ao perceber o relógio e nomeá-lo mentalmente com essa palavra, ele abstrai indícios secundários como a cor, o tamanho, a forma e põe em destaque o traço fundamental representado no nome relógio, destaca a função de indicar o tempo (as horas); ao mesmo tempo, ele situa o objeto perceptível em determinada categoria, separa-o de outros objetos exteriores semelhantes [...] mas pertencentes a outras categorias [...]. (LURIA, 1991, p. 41).

A *atenção*, assim como a percepção, também é um exemplo FPS. Para Vigotski a atenção tem papel primordial dentre todas as funções psíquicas, pois, como salienta Beraldo (2007, p. 69), fundamentada em Luria, “o homem sem essa capacidade seletiva da atenção não poderia ser capaz de controlar ou regular o seu comportamento, pois as demais funções mentais superiores também não conseguiriam se desenvolver”.

Com o auxílio da linguagem, a atenção permitiu ao homem reorganizar sua percepção e liberta-se do campo perceptivo, ou seja, dominar a sua própria atenção. Diferente de outros animais, o homem não precisa ver fisicamente determinados objetos e/ou instrumentos para prestar atenção neles, já que, com o auxílio da fala, a criança “cria um campo temporal que lhe é tão perceptível quanto o visual”, assim, “ela pode perceber mudanças na sua situação imediata do ponto de vista de suas atividades passadas e pode agir no presente com a perspectiva do futuro” (VIGOTSKI, 2007, p. 28).

Segundo Vigotski, essa tarefa seria impossível para outros animais, como macacos antropóides, uma vez que estes animais precisam dos objetos e instrumentos à vista para prestar atenção neles. Já uma criança

[...] pode facilmente superar essa situação controlando verbalmente sua atenção, e conseqüentemente, reorganizando o seu campo perceptivo. O macaco perceberá a vara num momento, deixando de prestar-lhe atenção assim que mude seu campo visual para o objeto-meta. O macaco precisa

necessariamente ver a vara para prestar atenção nela; a criança deve prestar atenção para poder ver. (VIGOTSKI, 2007, p. 28).

A capacidade humana de criar campos temporais que permitem direcionar a atenção a partir de combinações que usam o presente, passado e futuro nos remete a outra FPS, a *memória*. Luria (1991, p. 39) define a memória como:

[...] o registro, a conservação e a reprodução dos vestígios da experiência anterior, registro esse que dá ao homem a possibilidade de acumular informação e operar com os vestígios da experiência anterior após o desaparecimento dos fenômenos que provocam tais vestígios.

Assim como em todas as FPS, a linguagem desempenha papel fundamental na fixação da memória, como afirma Sokolov (1969, p. 204 apud LESSA, 2014, p. 198):

As palavras permitem fixar os objetos na memória de uma maneira generalizada, já que cada palavra tem uma significação mais ou menos geral. As palavras permitem fixar na memória e recordar a experiência social, a experiência de outras pessoas, que sempre nos chega em forma de palavras. A palavra é indispensável para transformar os processos de memória, de impressões e recordações diretas, em uma atividade seletiva, com o fim determinado, complicada e submetida a algumas tarefas concretas e incluindo distintas operações mentais (comparação, classificação, generalização). Esta é a característica típica da memória humana.

Para Vigotski (2007), a verdadeira essência da memória do homem consiste no fato de o ser humano ser capaz de utilizar signos e/ou objetos como elementos mnemônicos. Essa capacidade diferencia a memória humana da memória de outros animais.

As FPS citadas até aqui são apenas exemplos de como a mediação transforma substancialmente os processos elementares, dando à mente humana características peculiares. Pela mediação, cujo principal fator é a linguagem, é que ocorre o relacionamento do homem com o mundo. Logo, o processo que antes ocorria via estímulo-resposta é gradualmente substituído por atos complexos e mediados (VIGOTSKI, 2007).

Ressalta-se que a utilização de instrumentos entre os animais, mesmo os mais próximos biologicamente do homem, não depende da atividade simbólica, ou seja, é independente da fala ou de qualquer atividade que utilize signos (VIGOTSKI, 2007).

Como salienta Vigotski, as formas elementares de comportamento pressupõem uma ação direta a um problema, já as operações mediadas requerem um elo intermediário entre o estímulo e a resposta que é chamado de signo. Os signos agem sobre o indivíduo e não sobre o ambiente, por esse motivo “o impulso direto para reagir é inibido, e é incorporado um estímulo auxiliar que facilita a complementação da operação por meios indiretos” (VIGOTSKI, 2007, p. 34).

Experimentos de Vigotski demonstraram que as FPS se organizam por meio de operações com signos, ou seja, processos mediados. Como os signos agem sobre o indivíduo, eles conferem às operações psicológicas formas novas e superiores, permitindo ao homem controlar seu próprio comportamento de acordo com a sua cultura.

As operações com signos surgem como resultados de um processo longo e complexo. De acordo com Vigotski (2007, p. 41) “a atividade de utilização de signos nas crianças não é inventada e tampouco ensinada pelos adultos”; ela surge, em vez disso, de operações sem signos que se tornam operações semióticas depois de várias transformações qualitativas. Para o autor,

[...] cada uma dessas transformações cria as condições para o estágio seguinte e é, em si mesma, condicionada pelo estágio precedente; dessa forma, as transformações estão ligadas como estágios de um mesmo processo e são, quanto à sua natureza, históricas. (VIGOTSKI, 2007, p. 41).

As FPS não são exceções a essa regra, pois surgem ao longo do curso geral de desenvolvimento cognitivo como resultado de um processo dialético “e não como algo que é introduzido de fora ou de dentro”. (VIGOTSKI, 2007, p. 41).

Vigotski afirma que na história das FPS, considerando-a como um fator de desenvolvimento psicológico, distinguem-se, dentro de um processo geral de desenvolvimento, duas linhas qualitativamente diferentes que diferem quanto a sua origem: os processos elementares (de origem biológica) e as funções psicológicas superiores (de origem sociocultural); sendo que “a história do comportamento da criança nasce do entrelaçamento dessas duas linhas”. (VIGOTSKI, 2007, p. 42).

Reforçando isso, Luria afirma que:

[...] as funções psicológicas superiores do ser humano surgem da interação dos fatores biológicos, que são parte da constituição física do *Homo sapiens*, com os fatores culturais, que evoluíram através das dezenas de milhares de anos de história humana (LURIA, 1992, p. 60).

Por esse motivo, a história do desenvolvimento das FPS seria inconcebível sem o estudo de suas bases biológicas.

Vale aqui, também, diferenciar os dois tipos de agentes mediadores: os instrumentos e os signos (que já foram tratados brevemente durante essa discussão). A diferença básica entre ambos consiste na maneira como orientam o comportamento humano: enquanto o instrumento é orientado *externamente* para o controle da natureza, o signo constitui uma atividade *interna*, dirigida para o controle do próprio sujeito. Assim,

A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher, etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho (VIGOTSKI, 2007, p. 52).

Apesar das diferenças, o desenvolvimento das atividades mediadas por signos e instrumentos estão ligadas tanto na filogênese quanto na ontogênese. Entretanto, “na filogênese, podemos reconstruir uma ligação através de evidências documentais fragmentadas, porém convincentes, enquanto na ontogênese podemos traça-la experimentalmente” (VIGOTSKI, 2007, p. 55).

Mesmo assim, de acordo com os pressupostos em discussão, é sabido que a transição para o uso de atividades mediadas não ocorre por meio de um sistema de atividades predeterminadas organicamente na criança; as formas superiores de pensamento, decorrentes de mudanças qualitativas nas operações psicológicas elementares por meio do uso de instrumentos e signos, são resultados do processo de *internalização*.

Vigotski chama o processo de internalização como uma “reconstrução interna de uma operação externa” (VIGOTSKI, 2007, p. 56). Para exemplificar esse processo, Vigotski utiliza o desenvolvimento do gesto de apontar, relatando que inicialmente a criança tenta pegar com as mãos um objeto qualquer fora de seu alcance; para o teórico, essa ação está direcionada ao objeto, do ponto de vista da criança. Assim, a tentativa malsucedida da criança provavelmente gerará uma reação por parte de um adulto que entregará o objeto à criança. Nesse momento, ocorre uma mudança de situação: a ação primária de pegar o objeto é interpretada por outra pessoa. Logo,

depois de sucessivas experiências, a criança começa a incorporar o significado dado pelo adulto a sua ação, ou seja, apontar significa querer alguma coisa. Desse modo, a função do movimento, que antes era orientada para o objeto, torna-se dirigida para outra pessoa.

Baseado nesse exemplo, percebemos que o processo de internalização passa por uma série de transformações. Desde o nascimento, as crianças interagem ativamente com os adultos, que procuram incorporá-las a sua cultura e a significados historicamente acumulados. No início, as ações das crianças são orientadas por processos elementares, de origem biológica; mas, a partir da mediação dos adultos, processos psicológicos mais complexos e instrumentais começam a se desenvolver (LURIA, 1992).

O processo de internalização, no entanto, não ocorre de forma passiva, mas sim como uma síntese<sup>37</sup>.

O processo de desenvolvimento do ser humano, marcado por sua inserção em determinado grupo cultural, se dá “de fora para dentro”. Isto é, primeiramente o indivíduo realiza ações externas, que são interpretadas pelas pessoas ao seu redor, de acordo com os significados culturalmente estabelecidos. A partir dessa interpretação é que será possível ao indivíduo atribuir significados a suas próprias ações e desenvolver processos psicológicos internos que podem ser interpretados por ele próprio a partir dos mecanismos estabelecidos pelo grupo cultural e compreendidos por meio dos códigos compartilhados pelos membros desse grupo (OLIVEIRA, 1993, p. 39).

Além disso, Vigotski (2007) relata que o processo de internalização consiste numa série de mudanças: a primeira refere-se a operações que inicialmente representam atividades externas e que, quando reconstruídas, começam a ocorrer internamente; exemplos disso são o desenvolvimento da inteligência prática, atenção voluntária e da memória, que envolve mudanças nas atividades utilizadoras de signos.

A segunda trata da transformação de processos interpessoais em intrapessoais. Para Vigotski (2007), todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro em nível interpsicológico e segundo em nível intrapsicológico. O primeiro nível ocorre de forma social, ou seja, “os adultos são agentes externos que medeiam o contato da criança com o mundo”; já o segundo

---

<sup>37</sup> Para Vigotski o termo síntese não apresenta o sentido comumente difundido, mas reveste-se de uma conotação dialética: “a síntese de dois elementos não é a simples soma ou justaposição desses elementos, mas a emergência de algo novo (...) que foi possível pela interação entre esses elementos, num processo de transformação que gera novos fenômenos” (OLIVEIRA, 1993, p. 23).



ocorre de forma individual, ou seja, “passam a se dar no interior da própria criança” (LURIA, 1992, p. 50).

Na terceira, Vigotski (2007, p. 58) afirma que “a transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridas ao longo do desenvolvimento”, assim, o processo de internalização continua a existir e a mudar como uma forma externa de atividade por um longo tempo, antes de internalizar-se permanentemente, sendo que para muitas funções o nível interpsicológico dura para sempre.

Enfatizamos que as discussões empreendidas aqui serão fundamentais para a compreensão das demais concepções a serem discutidas e, também, para o entendimento das ações desenvolvidas neste estudo pois, considerando a origem social das FPS, acreditamos, fundamentados em Vigotski, que as interações promovidas durante as atividades escolares podem elevar o desenvolvimento das FPS a patamares que vão além dos alcançados com a aprendizagem informal. Além disso, o reconhecimento do processo de internalização é um ponto chave para a compreensão do processo de formação conceitual, que será abordado mais adiante.

## 2.2 APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO

O estudo da interação entre aprendizado e desenvolvimento é notável nas obras de Vigotski. Contrapondo posições teóricas anteriores sobre o assunto, como as de Piaget, Vigotski elaborou uma nova abordagem que, segundo ele, seria mais adequada para o entendimento da relação entre aprendizado e desenvolvimento.

Vigotski não descarta os aspectos biológicos da espécie humana, mas atribui grande importância ao meio social no desenvolvimento das FPS nas crianças, pois, como ele salienta, as funções psicológicas tipicamente humanas aparecem primeiro em atividades coletivas, sociais, como função interpsíquica, e segundo em atividades individuais, internas ao pensamento, como função intrapsíquica. Nesse contexto, a aprendizagem é fundamental ao desenvolvimento, pois “a aprendizagem é um momento intrinsecamente necessário e universal para que se desenvolvam na criança essas características humanas não-naturais, mas formadas historicamente” (VIGOTSKII, 2010).

Segundo o autor, a aprendizagem das crianças começa muito antes de elas frequentarem a escola. Assim, a aprendizagem escolar nunca parte do zero, pois

“qualquer situação de aprendizado com a qual a criança se defronta na escola tem sempre uma história prévia” (VIGOTSKI, 2007, p. 94). Pensemos, por exemplo, no estudo de cadeias alimentares. Antes mesmo desse conhecimento ser sistematizado na escola, provavelmente as crianças já tiveram a experiência de observar hábitos alimentares de animais em seu cotidiano.

Apesar disso, Vigotski ressalta que o curso da aprendizagem escolar da criança pode não ser uma continuação direta da pré-história da aprendizagem, pois “o curso da aprendizagem pré-escolar pode ser desviado, de determinada maneira, e a aprendizagem escolar pode também tomar uma direção contrária” (VIGOTSKII, 2010). Mesmo assim, devemos ter ciência de que a aprendizagem escolar não começa no vazio. Vale destacar também que Vigotski diferencia o aprendizado pré-escolar do escolar. Enquanto o primeiro é assistemático, o segundo é sistemático e introduz algo fundamentalmente novo no curso do desenvolvimento da criança.

Para proporcionar uma visão mais adequada da relação entre aprendizagem e desenvolvimento e as particularidades desse processo na idade escolar, Vigotski elaborou o conceito de *zona de desenvolvimento proximal*.

Para Vigotski, já é de conhecimento geral que a aprendizagem deve estar coerente com o nível de desenvolvimento cognitivo da criança. No entanto, não devemos nos limitar em investigar apenas o nível de desenvolvimento já alcançado se nosso objetivo for o de compreender a relação entre desenvolvimento e capacidade potencial de aprendizagem. Para isso, é necessário estabelecer, pelo menos, dois níveis de desenvolvimento.

Ao primeiro deles, Vigotski dá o nome de *nível de desenvolvimento real* ou *efetivo*, caracterizado pelas “funções psicointelectuais da criança que se conseguiu como resultado de um específico processo de desenvolvimento já realizado” (VIGOTSKII, 2010, p. 111). O segundo é denominado como *nível de desenvolvimento potencial*, caracterizado pelas funções que a criança consegue realizar “sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes” (VIGOTSKI, 2007, p. 97). A distância entre o que a criança é capaz de fazer sozinha (nível de desenvolvimento real) e aquilo que ela faz em colaboração com parceiros mais capazes (nível de desenvolvimento potencial) é chamada de *zona de desenvolvimento proximal*.

A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de "brotos" ou "flores" do desenvolvimento, em vez de "frutos" do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente (VIGOTSKI, 2007, p. 98).

Comumente, avalia-se as crianças apenas a nível de desenvolvimento real, contudo, Vigotski alerta que a identificação dos conhecimentos que a criança já sabe não demonstra, adequadamente, o estado de desenvolvimento da criança, uma vez que sujeitos com a mesma idade mental podem ter uma dinâmica de desenvolvimento futuro completamente diferente (VIGOTSKI, 2007). Dessa forma, a zona de desenvolvimento proximal tem mais importância que a zona de desenvolvimento atual no que tange ao entendimento da dinâmica do desenvolvimento intelectual.

Vigotski relata que uma criança ajudada e em colaboração sempre consegue resolver tarefas mais difíceis do que quando sozinha. Para exemplificar esse fato, o teórico atribui grande importância à imitação no processo de aprendizagem. Para ele, “uma compreensão plena do conceito de zona de desenvolvimento proximal deve levar à reavaliação do papel da imitação no aprendizado” (VIGOTSKI, 2007, p. 99). Discordando da psicologia tradicional, que considera a imitação como um processo mecânico, Vigotski alega que um indivíduo só consegue imitar aquilo que se encontra na zona de suas potencialidades intelectuais.

Por exemplo, quando o professor demonstra a um aluno que já sabe aritmética como se resolve determinado problema matemático, o aluno poderá chegar a sua própria solução; entretanto, se o professor explicar o mesmo problema para um aluno que não sabe matemática, provavelmente esse aluno continuará a não entender o problema.

Para Vigotski (2009, p. 331), a imitação é concebida como a principal forma em que “se realiza a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento”. Diferente de outros animais, o homem, por meio da imitação, pode ser capaz de realizar ações que vão além do limite de suas capacidades. Nesse sentido, Rego (1995, p. 112) relata que a imitação de modelos fornecidos tem papel estruturante na ampliação da capacidade cognitiva individual:

[...] através da imitação (instrumento de reconstrução no sentido vygotskyano) o indivíduo aprende, o fornecimento de sugestões, exemplos e

demonstrações no contexto escolar adquirem um papel de extrema importância. É interessante, pois, que se promovam situações que permitam a imitação, observação e reprodução de modelos.

Não obstante, a mesma autora adverte que não devemos confundir a imitação proposta por Vigotski com a aplicação de atividades descontextualizadas que visam apenas à cópia de conteúdo. Por exemplo, propor ao aluno que copie um desenho já pronto é uma atividade pouco significativa; diferente de uma situação na qual o professor sugere aos seus alunos que observem e analisem os desenhos de um artista e façam uma releitura das obras analisadas com materiais diferentes. Nessa situação, o objetivo do professor é mais amplo que uma mera repetição (REGO, 1995, p. 113).

A imitação está diretamente relacionada à zona de desenvolvimento proximal, pois, mesmo que a criança consiga fazer mais coisas em colaboração do que sozinha, essa capacidade tem um limite rigorosamente estabelecido pelo seu estado de desenvolvimento e potencialidades intelectuais, ou seja, a criança resolve mais facilmente, quando em colaboração, problemas situados mais próximos de seu nível de desenvolvimento, entretanto, se a dificuldade for gradualmente aumentando, haverá um momento em que a criança não conseguirá mais resolver a tarefa, mesmo se for orientada. Sendo assim,

A possibilidade maior ou menor de que a criança passe do que sabe fazer sozinha para o que sabe fazer em colaboração é o sintoma mais sensível que caracteriza a dinâmica do desenvolvimento e do êxito da criança. Tal possibilidade coincide perfeitamente com a sua zona de desenvolvimento imediato (*ou proximal*) (VIGOTSKI, 2009, p. 329).

No contexto escolar, a imitação tem papel central, uma vez que na escola “a criança não aprende o que sabe fazer sozinha mas o que ainda não sabe e que lhe vem a ser acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação” (VIGOTSKI, 2009, p. 331).

Diante disso, acreditamos que o conhecimento da zona de desenvolvimento proximal propicia ao professor o entendimento dos “futuros passos da criança e a dinâmica do seu desenvolvimento e examinar não só o que o desenvolvimento já produziu, mas também o que produzirá no processo de maturação” (VIGOTSKII, 2010, 113). Desse modo, é de extrema relevância ao docente identificar a zona de

desenvolvimento proximal de seus alunos a fim de conhecer adequadamente o desenvolvimento de cada um e elaborar estratégias que auxiliem nesse processo.

Além disso, devemos considerar que:

Um ensino orientado até uma etapa de desenvolvimento já realizado é ineficaz do ponto de vista do desenvolvimento geral da criança, não é capaz de dirigir o processo de desenvolvimento, mas vai atrás dele. A teoria do âmbito de desenvolvimento potencial origina uma fórmula que contradiz exatamente a orientação tradicional: *o único bom ensino é o que se adianta, ao desenvolvimento* (VIGOTSKII, 2010, p. 114).

Dessa forma, os processos de ensino e aprendizagem devem estar balizados pelo nível de desenvolvimento potencial dos alunos. Além disso, o reconhecimento da zona de desenvolvimento proximal permite ao professor identificar aquilo que está além da capacidade dos alunos, ou seja, as tarefas que as crianças não conseguem realizar mesmo com auxílio de um adulto.

A aprendizagem é a responsável pela criação da zona de desenvolvimento proximal na medida em que estimula processos internos de desenvolvimento que não ocorreriam se a criança somente interagisse no meio social (VIGOTSKI, 2007). Assim, na escola, o professor exerce papel fundamental quando intervém na zona de desenvolvimento proximal de seus alunos, provocando avanços que, muitas vezes, não ocorreriam de forma espontânea.

Nesse contexto, é importante consideramos que “aquilo que é a zona de desenvolvimento proximal hoje será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (VIGOTSKI, 2007, p. 98).

Ademais, Vigotski considera que:

Cada matéria escolar tem uma relação própria com o curso do desenvolvimento da criança, relação que muda com a passagem da criança de uma etapa para outra. Isto obriga a reexaminar todo o problema das disciplinas formais, ou seja, do papel e da importância de cada matéria no posterior desenvolvimento psicointelectual geral da criança (VIGOTSKII, 2010, p. 117).

Nisso, o teórico explica que a curva de desenvolvimento de um conceito não coincide com a curva de aprendizagem do programa escolar, já que quando a criança assimila determinado conhecimento o desenvolvimento desse conhecimento está apenas começando (VIGOTSKI, 2009).

Na perspectiva vigotskiana, o processo de desenvolvimento segue o da aprendizagem, que cria a zona de desenvolvimento proximal. O entendimento dessa relação propicia ao professor um instrumento para a compreensão do processo de desenvolvimento dos seus alunos e isso é de suma importância, uma vez que na escola crianças e adolescentes têm a possibilidade de reconstruir e reelaborar os significados que são propiciados no contexto escolar. Quando o professor é ciente desse processo, ele pode intervir de forma mais significativa dentro de cada contexto, proporcionando aos estudantes um avanço na compressão do mundo.

### 2.3 PROCESSO DE FORMAÇÃO CONCEITUAL

A formação de conceitos é fruto de uma atividade complexa que envolve o uso de todas as funções intelectuais básicas, tais como atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar. Segundo Vigotski, o desenvolvimento dos processos que resultam na formação dos conceitos começa na infância, mas somente no início da puberdade começam a se desenvolver funções intelectuais que são base para a formação de conceitos e pensamento abstrato (VIGOTSKI, 2009).

Souza e Maldaner (2012), fundamentados em Vigotski, salientam que os aspectos socioculturais exercem forte influência no desenvolvimento dos conceitos na infância, uma vez que o intenso relacionamento com os adultos propicia à criança uma série de significados historicamente acumulados que culmina na elaboração conceitual. Entretanto, Fontana (1996, p. 18) ressalva que esse processo não é linear e pode não acontecer para toda e qualquer criança, pois ele “depende do acesso e da utilização dos recursos mediacionais culturalmente desenvolvidos”.

Fundamentado em Ach (1921), Vigotski explica que a formação de conceitos é um processo produtivo e não reprodutivo, pois os conceitos surgem e se constituem durante operações complexas que são voltadas para a solução de problemas. Assim, “a memorização de palavras e sua associação com os objetos não leva, por si só, à formação de conceitos”. Desse modo, como destaca o teórico, para que o processo de formação conceitual inicie é necessário “surgir um problema que só possa ser resolvido pela formação de novos conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p.157).

Como mencionado, o desenvolvimento das FPS ocorre por meio da mediação e os signos são meios fundamentais de orientação e domínio nos processos

psíquicos. Nesse contexto, no processo de formação conceitual o signo é a palavra, que no início “tem o papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se seu símbolo” (VIGOTSKI, 2009, p. 161).

Para o Vigotski, somente

[...] o estudo do emprego funcional da palavra e do seu desenvolvimento, das suas múltiplas formas de aplicação qualitativamente diversas em cada fase etária mas geneticamente inter-relacionadas, pode ser a chave para o estudo da formação de conceitos (VIGOTSKI, 2009, p. 162).

Todo conceito, seja qual for o nível do seu desenvolvimento, é, em termos psicológicos, um ato de generalização. Assim, os conceitos evoluem como significados das palavras, passando de uma estrutura de generalização para outra, como discute Vigotski (2009, p. 246):

Em qualquer idade, um conceito expresso por uma palavra representa uma generalização. Mas os significados das palavras evoluem. Quando uma palavra nova, ligada a um determinado significado, é aprendida pela criança, o seu desenvolvimento está apenas começando; no início ela é uma generalização do tipo mais elementar que, à medida que a criança se desenvolve, é substituída por generalizações de um tipo cada vez mais elevado, culminando o processo na formação dos verdadeiros conceitos.

Reforçando isso, Fontana (1996, p. 18) relata que a estrutura de generalização da palavra sofre profundas mudanças ao longo do desenvolvimento da criança, caracterizadas por “uma crescente independência dos significados em relação ao contexto espaço-temporal em que foram produzidos”. Entretanto, de acordo com a mesma autora, isso não quer dizer que adolescentes e adultos utilizarão, somente, formas de classificação conceituais, pois mesmo depois de chegar ao nível mais complexo de elaboração conceitual, formas mais elementares não são abandonadas, inclusive são predominantes em determinadas áreas do pensamento. Contudo, após passar pelo processo de formação conceitual, o sujeito tende a se concentrar, primeiramente, nas relações de classe entre as palavras/objetos, e não mais nas interações concretas/imediatas entre os mesmos.

Buscando explicar as transformações que resultam na elaboração conceitual, Vigotski e colaboradores desenvolveram uma metodologia de estudo, denominada de *método funcional de dupla estimulação*, com o objetivo de “descobrir o papel da palavra e o caráter de seu emprego funcional no processo de formação de conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p. 164).

A partir das conclusões desse experimento, Vigotski traçou uma trajetória de formação conceitual, que será descrita sucintamente a seguir.

### 2.3.1 Estágios de formação conceitual

A evolução que resulta na formação dos conceitos é formada por três estágios, o pensamento sincrético, o pensamento por complexos e o pensamento conceitual. Cada um deles se divide em várias fases.

O primeiro estágio dessa evolução, tratado aqui como *pensamento sincrético*, é caracterizado por um pensamento conceitual indiscriminado. A criança não consegue estabelecer uma relação entre o objeto e seu significado. Ela amontoa objetos que nada tem em comum uns com os outros, e faz isso de modo a querer solucionar um problema que encontra em seu dia a dia, ou para a resolução de alguma tarefa (SOUZA; MALDANER, 2012). Assim, o indivíduo “estabelece vínculos associativos entre os objetos a partir de uma característica, sendo que os demais caracteres não possuem nexos” (RAMOS; SILVA, 2013, p.73).

Neste estágio do desenvolvimento, o significado da palavra é um encadeamento sincrético não enformado de objetos particulares que, nas representações e na percepção da criança estão mais ou menos concatenados em uma imagem mista. Na formação dessa imagem cabe o papel decisivo ao sincretismo da percepção ou da ação infantil, razão por que essa imagem é sumamente instável. (VIGOTSKI, 2009, p.175).

Essa “superprodução” de nexos subjetivos entre os objetos, de acordo com Vigotski, é importante para a sucessão do desenvolvimento do pensamento infantil, pois “é fundamento para o futuro processo de seleção de nexos que correspondem à realidade e são verificados pela prática” (VIGOTSKI, 2009, p. 175).

O pensamento sincrético se divide em três fases. Na primeira, os amontoados sincréticos coincidem com o período de tentativa e erro; “a criança escolhe os novos objetos ao acaso, por intermédio de algumas provas que se substituem mutuamente quando se verifica que estão erradas”. Na segunda, os amontoados sincréticos são determinados pelo campo visual da criança, “os objetos se aproximam em uma série e são revestidos de um significado comum, não por força dos seus próprios traços destacados pela criança mas da semelhança que entre eles se estabelece nas impressões da criança” (VIGOTSKI, 2009, p. 176-177).



Na terceira fase, a imagem sincrética se forma em uma base mais complexa e se fundamenta na atribuição de um único significado aos representantes dos diferentes grupos formados; mesmo assim “todos esses elementos juntos não guardam nenhuma relação interna entre si e representam o mesmo nexo desconexo do amontoado que os equivalentes dos conceitos nas duas fases antecedentes”. A diferença consiste na tentativa de a criança dar o significado de uma nova palavra por meio de uma operação processual de duas etapas: “primeiro formam-se os grupos sincréticos, de onde representantes particulares se separam para tornar a reunificar-se sincréticamente” (VIGOTSKI, 2009, p. 177).

Ao concluir a terceira fase do pensamento sincrético, a criança projeta-se ao segundo estágio, denominado *pensamento por complexos*. Neste estágio, as palavras ou objetos isolados, que antes eram organizados de forma sincrética, associam-se na mente do indivíduo em função de “relações que de fato existem entre esses objetos” (VIGOTSKI, 2008, p. 76). O pensamento por complexos já é coerente e objetivo, contudo, ainda difere significativamente do pensamento por conceitos, que só se desenvolve na puberdade.

Em seus experimentos, Vigotski identificou cinco fases do pensamento por complexos: o complexo tipo associativo, o complexo de coleções, o complexo em cadeia, o complexo difuso e o complexo de pseudoconceito.

No complexo associativo, a criança agrupa palavras/objetos a partir qualquer semelhança existente entre eles e que lhe chame atenção, como a cor, o formato ou tamanho. No complexo de coleções, a criança reúne objetos a partir de suas diferenças, “passando a montar coleções de objetos diferentes uns dos outros, mas que se complementam, por exemplo, lápis – caderno – estojo; tênis – camiseta – bermuda – meia; entre tantos outros” (SOUZA; MALDANER, 2012, p. 8).

No complexo em cadeia, ocorre “uma combinação dinâmica e temporal de determinados elos em uma única cadeia e da transmissão do significado através de elos isolados dessa cadeia (VIGOTSKI, 2009, p. 185). Por exemplo, a criança começa agrupando círculos e de repente a cor azul de algum deles chama a sua atenção; depois disso, a criança começa a agrupar objetos azuis até que uma nova característica lhe chame a atenção e ela comece a reunir objetos a partir deste novo elemento; ressalta-se que sempre ocorre a passagem de um traço a outro. Vigotski considera o complexo em cadeia como “a modalidade mais pura do pensamento por complexos” (VIGOTSKI, 2009, p. 187).

No complexo difuso, “a criança ingressa em um mundo de generalizações difusas, na qual os traços escorregam e oscilam, transformando-se imperceptivelmente uns nos outros” (VIGOTSKI, 2009, p. 189). Assim como nas demais fases do pensamento por complexos, não há limites para a inclusão de novos objetos ou palavras no grupo (SOUZA; MALDANER, 2012).

A última fase é o elo entre o pensamento por complexos e o estágio final da formação de conceitos. Nela, a criança consegue manifestar o significado das palavras, faz generalizações semelhantes aos conceitos empregados pelos adultos, contudo, internamente, essas generalizações não passam de complexos que ainda estão baseadas nas relações concretas entre os objetos e não implicam em abstrações, na verdade elas são pseudoconceitos.

Essa forma de pensamento é predominante sobre todas as outras na idade pré-escolar, isso porque o significado das palavras não se desenvolve de forma espontânea na criança, pois o adulto, através das interações verbais com a criança, determina “o caminho por onde se desenvolvem as generalizações e o ponto final desse caminho, ou melhor, a generalização daí resultante” (VIGOTSKI, 2009, p. 193). No entanto, as crianças não assimilam o modo de pensar dos adultos; a palavra empregada por ambos, apesar de coincidente, apresenta graus de generalização distintos. Quanto a isso, Fontana (1996) salienta que a coincidência do significado das palavras possibilita o entendimento entre crianças e adultos e que a diferença de elaboração mental entre ambos é que permite o desenvolvimento dos conceitos na criança.

Isso quer dizer que:

A mediação do outro desperta na mente da criança um sistema de processos complexos de compreensão ativa e responsiva, sujeitos às experiências e habilidades que ela já domina. Mesmo que ela não elabore ou não apreenda conceitualmente a palavra do adulto, é na margem dessas palavras que passa a organizar seu processo de elaboração mental, seja para assumi-las ou recusá-las (FONTANA, 1996, p. 19).

A transição entre o pensamento por complexos e o pensamento por conceitos é imperceptível para a criança, uma vez que, como mencionado, os pseudoconceitos coincidem com o significado dos conceitos empregados pelos adultos e, ainda, as crianças começam a operar com conceitos na prática antes mesmo de assimilá-los (RAMOS, 2012).

O *pensamento conceitual* tem a função de desenvolver a capacidade de decomposição, análise e abstração. A palavra, como ressalta Fontana (1996, p. 17), “passa a ser usada como referência a categorias abstratas”. Assim, os conceitos desenvolvidos pressupõem “abstrair, isolar elementos e ver os elementos abstraídos da totalidade da experiência concreta em que se encontram mergulhados”. (VIGOTSKI, 2008, p. 78). Isso o pensamento por complexos não é capaz de fazer.

O pensamento conceitual constitui-se de duas fases. Na primeira, considerada muito próxima ao pseudoconceito, os primeiros traços de abstração são perceptíveis quando a criança agrupa objetos com a máxima semelhança entre eles, a partir de um modelo oferecido, abstraindo essas semelhanças dos demais traços dos objetos. Essa fase, de acordo com Vigotski, é mais rica do que o complexo de pseudoconceitos, porque sua construção se baseia “em uma discriminação importante e essencial de traços perceptíveis no grupo geral” (VIGOTSKI, 2009, p. 221).

Na segunda fase, caracterizada pelos conceitos potenciais, a criança faz agrupamentos com base em um atributo único, comum entre os objetos. Pela sua referência prática e pelo processo de abstração isolado, os conceitos potenciais podem vir a se tornar conceitos propriamente ditos. Nesta fase, o sujeito combina o domínio da abstração com o pensamento por complexo em seu estágio mais avançado e isso o permite progredir até o pensamento conceitual. Aqui, o significado da palavra tem natureza funcional, ou seja, quando perguntado a uma criança a explicação de uma palavra, ela não consegue definir o seu significado, mas explica para que ela serve (VIGOTSKI, 2009).

Mesmo que não se desenvolvam em conceitos verdadeiros, os conceitos potenciais desempenham papel importante na elaboração conceitual, pois os traços abstraídos factuais vão se tornando estáveis e quando o processo de abstração emergente é consolidado, a criança pode formar conceitos de verdade (FONTANA, 1996; VIGOTSKI, 2009).

De acordo com Vigotski (2009, p. 226), “o conceito surge quando uma série de atributos abstraídos torna a sintetizar-se, e quando a síntese abstrata assim obtida se torna forma basilar de pensamento com o qual a criança percebe e toma conhecimento da realidade que o cerca”. Novamente destacamos o papel fundamental da palavra na formação do verdadeiro conceito, pois

É precisamente com ela que a criança orienta arbitrariamente a sua atenção para determinados atributos, com a palavra ela os sintetiza, simboliza o conceito abstrato e opera com ele como lei suprema entre todas aquelas criadas pelo pensamento humano.” (VIGOTSKI, 2009, p. 226).

Assim, no pensamento conceitual, o indivíduo começa “a operar com a palavra como símbolo e/ou signo”, sem a necessidade do objeto” (RAMOS, 2012, p. 58).

A partir de seu experimento, Vigotski chegou à conclusão de que somente na adolescência a criança conclui o terceiro estágio de formação de conceitos e chega ao pensamento conceitual. Sendo assim, para formar um conceito a criança precisa desenvolver “estruturas básicas para a formação das redes neurais indispensáveis neste processo” (RAMOS, 2012, p. 59). Ele e seus colaboradores observaram que as formas de pensamentos sincréticas e por complexos vão sendo abandonadas e o uso dos conceitos potenciais torna-se esporádico. Mesmo que o uso de conceitos verdadeiros seja mais frequente, Vigotski explica que os vários estágios da elaboração conceitual coexistem.

O desenvolvimento dos conceitos científicos, propiciados na escola, é um processo que pode revelar, de forma profunda, as leis que regem a formação geral dos conceitos. Para esse estudo, no qual tivemos como um dos objetivos propiciar situações que elevassem o grau de generalização do conceito de célula, o entendimento do processo de elaboração conceitual e da relação entre conceitos científicos e cotidianos se fez fundamental. A fim dar continuidade às discussões empreendidas até aqui, discutimos no próximo tópico a relação entre os conceitos cotidianos e científicos na perspectiva vigotskiana.

### *2.3.2 Conceitos cotidianos e conceitos científicos*

Como já mencionado, a aprendizagem das crianças começa muito antes de elas frequentarem a escola. Assim, em sua vida cotidiana, as crianças constroem uma série de conhecimentos sobre o mundo ao seu redor a partir da interação com outras pessoas.

Esses conhecimentos adquiridos no cotidiano estão fortemente relacionados à realidade empírica da criança; dessa maneira, o intercâmbio de significados ocorre espontaneamente nas interações cotidianas e as palavras são objeto de “transmissão prática interessada”, tanto que, muitas vezes, os conceitos utilizados por adultos e

crianças equivalem funcionalmente. Nesse processo, a atenção da criança não está centrada na atividade intelectual envolvida (FONTANA, 1996, p. 20).

Já quando a criança ingressa na escola, outro tipo de conhecimento se realiza, pois, em sala de aula, há o explícito objetivo de aquisição de conhecimentos sistematizados; a elaboração conceitual exige a utilização de operações lógicas complexas, tais como comparação, classificação e dedução; a “apreensão dos conceitos sistematizados é organizada de maneira discursiva e lógica-verbal”; e “a relação da criança com o conceito é sempre mediada por algum outro conceito” (FONTANA, 1996, p. 21).

É nessa perspectiva que Vigotski faz uma importante distinção entre os conhecimentos apropriados na vida cotidiana e os adquiridos na escola, chamados, respectivamente, de conceitos cotidianos<sup>38</sup> e conceitos científicos. Os conceitos cotidianos são aqueles construídos na experiência pessoal, concreta e cotidiana, eles são caracterizados pela ausência de sistematicidade. Já os conceitos científicos podem ser adquiridos por meio do ensino sistemático nas escolas, eles se organizam dentro de uma sistematicidade que pressupõe hierarquia interior e complexas inter-relações e, muitas vezes, não estão diretamente relacionados a experiências concretas.

Embora não apresentem as mesmas vias de formação, Vigotski explica que os processos de desenvolvimento de tais conceitos encontram-se interligados, de modo que exerçam influências um sobre o outro.

[...] independentemente de falarmos do desenvolvimento dos conceitos espontâneos ou científicos, trata-se do desenvolvimento de um processo único de formação de conceitos, que se realiza sob diferentes condições internas e externas mas continua indiviso por sua natureza e não se constitui da luta, do conflito e do antagonismo entre duas formas de pensamento que desde o início se excluem. (VIGOTSKI, 2009, p. 261).

De encontro a isso, afirmamos, com base em Vigotski, que o desenvolvimento dos conceitos científicos só é possível quando há certo grau de amadurecimento dos

---

<sup>38</sup> Segundo Van der Veer e Valsiner (2001), Vigotski preferia a terminologia “conceitos cotidianos” em vez de “conceitos espontâneos” para evitar a ideia de que os conceitos fossem “inventados” espontaneamente pelas crianças, já que o teórico reconhecia expressamente o papel dos adultos na aquisição de conceitos. No entanto, a obra “A construção do pensamento e da linguagem” (VIGOTSKI, 2009) apresenta a terminologia “conceitos espontâneos” para designar os conceitos adquiridos no contexto da instrução explícita (escola). Por este motivo, a nomenclatura “conceitos espontâneos” também aparece nesta pesquisa nas citações diretas dessa obra.

conceitos cotidianos, já que não é possível *tomar consciência* daquilo que não existe; além disso, ressalta-se que os conceitos científicos precisam ser mediados por conceitos anteriormente construídos.

Quanto a essa questão, é importante salientar que ao operar com conceitos cotidianos a criança não toma consciência dos mesmos, uma vez que sua atenção se encontra centrada no objeto a que o conceito está relacionado e não em seu próprio ato de pensar. Assim, os conceitos cotidianos estão desvinculados de um sistema e são considerados pelo teórico como “não conscientizados” e “assistemáticos” (VIGOTSKI, 2009).

No entanto, quando chega à escola, a instrução pedagógica propicia algo fundamentalmente novo ao pensamento da criança, pois os conceitos científicos (com sua relação inteiramente distinta com o objeto, mediados por outros conceitos e com seu sistema hierárquico interior de inter-relações), propiciam um meio no qual “se desenvolvem a consciência e o domínio do objeto, sendo mais tarde transmitidos para outros conceitos e outras áreas do pensamento” (VIGOTSKI, 2008, p. 92). Dessa maneira, nos dizeres do teórico, “a tomada de consciência passa pelos portões dos conceitos científicos” (VIGOTSKI, 2009, p. 290).

A tomada de consciência é a passagem dos conceitos não conscientizados para os conscientizados. Para Piaget, a criança vai tomando consciência à medida que o egocentrismo se reduz e as formas de pensamento sociais aumentam, no entanto, discordando disso, Vigotski concluiu, a partir de experimentações, que a não consciência dos conceitos é causa da ausência de sistematicidade e que a tomada de consciência se dá a partir da formação de um sistema “baseado em determinadas relações recíprocas de generalidade, e que tal tomada de consciência dos conceitos os torna arbitrários” (VIGOTSKI, 2009, p. 295).

Nessa perspectiva, a tomada de consciência também significa generalização e a generalização só é possível quando os conceitos fazem parte de um sistema, dessa maneira, “um conceito de grau superior implica a existência de uma série de conceitos subordinados e pressupõe também uma hierarquia de conceitos com diversos níveis de generalidade” (VIGOTSKI, 2008, p. 93). Assim sendo, o conceito científico tem um lugar específico no sistema de conceitos e esse lugar determina a sua relação com os demais conceitos.

[...] a generalização de um conceito leva à localização de dado conceito em um determinado sistema de relações de generalidade, que são os vínculos fundamentais mais importantes e mais naturais entre os conceitos. Assim, a generalização significa ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos. (VIGOTSKI, 2009, p. 292).

Para explicar isso, Vigotski traz como exemplo as palavras “flor” e “rosa” dizendo que antes de operar como um conceito generalizante, a palavra “flor”, apesar de ser mais genérica, está no mesmo patamar que a palavra “rosa”, ou seja, não inclui nem subordina a si a palavra “rosa”. Mas quando se toma consciência da palavra “flor”, “a relação entre “flor” e “rosa”, assim como entre flor e outros conceitos subordinados, também se transforma no cérebro da criança” (VIGOTSKI, 2008, p. 93). E assim, surge um sistema nesses conceitos.

Ainda contrapondo algumas ideias de Piaget, Vigotski concluiu que a formação de sistemas e a tomada de consciência, características dos conceitos científicos, não advêm de elementos de fora dos conhecimentos já assimilados pela criança (no caso os conceitos cotidianos), pois a formação dos conhecimentos científicos necessitam da existência de conceitos cotidianos bastante maduros, pois, como mencionado, não é possível tomar consciência daquilo que não existe.

Outro aspecto interessante discutido pelo teórico são as mudanças que os conceitos científicos proporcionam aos cotidianos, pois quando a criança domina as operações características dos conceitos científicos ela transfere esse domínio ao campo dos conceitos cotidianos, elevando o nível destes, reconstruindo-os. Isso porque as trajetórias de desenvolvimento de ambos conceitos são distintas: enquanto os conceitos cotidianos se desenvolvem de baixo para cima, ou seja, das propriedades mais elementares às superiores, os conceitos científicos se desenvolvem de cima para baixo, ou seja, das propriedades superiores para as mais elementares e inferiores.

Essa diferença entre propriedades elementares/inferiores e propriedades superiores tem a ver com a relação que os dois tipos de conceito têm com o objeto. No domínio dos conceitos cotidianos, a criança está imersa em operações concretas, palpáveis, empíricas, ou seja, há forte vínculo com a experiência pessoal. A criança opera espontaneamente com os objetos, tem consciência deles, mas não dos conceitos que os representam, do ato de pensamento que concebe esses conceitos, por esse motivo essas propriedades são caracterizadas por Vigotski como elementares/inferiores. Já no campo dos conceitos científicos ocorre um caso

contrário, habitualmente começa-se “pelo trabalho com o próprio conceito como tal, pela definição verbal do conceito, por operações que pressupõe a aplicação não espontânea desse conceito”, ou seja, por propriedades concebidas como superiores que “estimulam” a tomada de consciência e intencionalidade (VIGOTSKI, 2009, p. 345).

O desenvolvimento dos conceitos científicos começa no campo da consciência e da arbitrariedade e continua adiante, crescendo de cima para baixo no campo da experiência pessoal e da concretude. O desenvolvimento dos conceitos espontâneos começa no campo da concretude e do empirismo e se movimenta no sentido das propriedades superiores dos conceitos: da consciência e da arbitrariedade. (VIGOTSKI, 2009, p. 350).

Vigotski ressalta que os conceitos científicos são fortes no campo determinado pelas propriedades superiores, como a tomada de consciência e a arbitrariedade, ao passo que os conceitos cotidianos são fracos nesse domínio, pois sua força reside na aplicação cotidiana, na experiência concreta, empírica. Assim, o que se constitui como fraqueza de um é a fortaleza do outro.

Os conceitos científicos abrem o caminho para que os conceitos cotidianos se tornem conscientes e arbitrários, por isso a afirmação de que os conceitos científicos mudam os cotidianos em sua estrutura, como salienta Vigotski (2009, p. 358): “os conceitos espontâneos, ao colocar-se entre o conceito científico e o seu objeto, adquire toda uma variedade de novas relações com os outros conceitos e ele mesmo se modifica em sua própria relação com o objeto”.

Vigotski vincula as trajetórias de desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos à zona de desenvolvimento proximal e ao nível de desenvolvimento real porque, para ele, a tomada de consciência e a arbitrariedade (capacidades não completamente desenvolvidas nos conceitos cotidianos) estão situadas na zona de desenvolvimento proximal do aluno escolar, isso porque em colaboração com sujeitos mais capazes essas propriedades se tornam possíveis. Esse vínculo explica, mais uma vez, a dependência dos conceitos científicos em relação à certo grau de maturação dos conceitos cotidianos, pois a tomada de consciência e arbitrariedade estão na ZDP e, também, as transformações qualitativas que os conceitos científicos proporcionam aos cotidianos, já que aqueles concretizam a ZPD destes: “porque o que a criança hoje é capaz de fazer em colaboração, amanhã estará em condições de fazer sozinha” (VIGOTSKI, 2009, p. 351).



As curvas de desenvolvimento dos conceitos cotidianos e científicos também podem ajudar a esclarecer o que foi escrito até aqui. Vigotski discute alguns fatos estabelecidos em sua investigação sobre conceitos científicos e cotidianos: o primeiro, quando a curva dos conceitos científicos supera a dos cotidianos; o segundo, quando as curvas coincidem; e o terceiro, quando os conceitos cotidianos superam os científicos.

No primeiro fato, os conceitos científicos saem à frente, porque encontramos um nível mais avançado de pensamento do que nos conceitos cotidianos, isso porque na operação com conceitos científicos a criança exercita habilidades de imitar, ou seja, ela opera em colaboração com o professor, mesmo que na situação atual o professor não esteja presente. Logo, a criança utiliza sozinha os resultados de uma colaboração anterior, lembrando que em colaboração a criança pode fazer mais do que sozinha (VIGOTSKI, 2009).

Entretanto, se determinados conceitos cotidianos não estiverem maduros suficiente, não haverá como os conceitos científicos sobreporem-se a eles, de modo que as curvas de desenvolvimento de ambos conceitos coincidirão, como aponta o segundo fato. Isso se dá porque é impossível tomar consciência de algo que não existe, assim como é bastante difícil para uma criança desenvolver habilidades que estão muito além de sua zona de desenvolvimento potencial.

No terceiro fato, a curva dos conceitos cotidianos cresce rapidamente, aproxima-se da curva dos conceitos científicos e superam seu nível. A explicação para isso, que já foi sucintamente debatida aqui, reside na hipótese de que o domínio de operações características dos conceitos científicos influencia os conceitos cotidianos antes construídos, e isso eleva o nível destes. Com o domínio de estruturas conceituais superiores, a criança transfere essa estrutura para os conceitos anteriormente elaborados (VIGOTSKI, 2009).

Vigotski ainda discute um quarto fato, estabelecido por suas investigações, no qual afirma que as curvas pelas quais passam os conceitos científicos e cotidianos consistem em uma lei geral de desenvolvimento dos diferentes tipos de conceitos, independentemente do momento em que se manifestam na criança ou das operações a que estão vinculadas (VIGOTSKI, 2009).

Diante das discussões empreendidas, entendemos que os conceitos científicos possibilitam o desenvolvimento de estruturas que se encontram na zona de desenvolvimento proximal e que tais conceitos antecipam e abrem caminho para

áreas do desenvolvimento ainda não percorridas. Nesse sentido, a aprendizagem de conceitos científicos desempenha um importante papel em todo o desenvolvimento intelectual da criança. Por esse motivo, Vigotski considera o aprendizado escolar, o qual propicia a sistematização dos conceitos, indispensável para o entendimento do desenvolvimento das funções psicológicas tipicamente humanas.

Tomando os pressupostos discutidos como fundamentação, apresentaremos a seguir as considerações teórico-metodológicas da presente pesquisa.

### CAPÍTULO 3: CONSIDERAÇÕES TEÓRICO-METODOLÓGICAS

O produto relacionado a essa pesquisa foi planejado durante o segundo semestre do ano de 2015, após aprovação perante o comitê de ética da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), e desenvolvido no decorrer do primeiro bimestre letivo do ano de 2016, na disciplina de Ciências, com 35 alunos de 8º ano do Ensino Fundamental (EF) da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Lenita de Sena Nachif, localizada no município de Campo Grande/MS.

Logo no início do ano letivo, os alunos e seus pais foram informados sobre as atividades que seriam desenvolvidas durante o bimestre por meio do TA<sup>39</sup> e TCLE<sup>40</sup>, respectivamente. Nesses documentos, cada etapa da sequência didática (SD), bem como seus objetivos, foram sucintamente descritos.

Reiteramos que durante a pesquisa tivemos o objetivo de desenvolver um produto, na forma de uma SD, que introduzisse o assunto de citologia a alunos de 8º ano do EF a partir do estudo de alguns momentos históricos que contribuíram para a formação do conceito de célula.

A metodologia empregada foi de ordem qualitativa visto que essa abordagem permite “capturar os diferentes significados das experiências vividas no ambiente escolar de modo a auxiliar a compreensão das relações entre os indivíduos, seu contexto e suas ações” (ANDRÉ, 1983, p. 66). Descrevemos o tipo de análise qualitativa empregada mais adiante.

Tento em vista a complexidade do conceito de célula e que a tomada de consciência do mesmo depende da apropriação de vários conceitos subordinados, achamos pretensioso afirmar que a SD proposta, com duração de 13 horas, propiciaria aos alunos a plena compreensão do conceito de célula. No entanto, acreditamos que o desenvolvimento das atividades pôde consolidar alguns conhecimentos que antes se encontravam na zona de desenvolvimento potencial e evoluir os conceitos iniciais (e cotidianos) apresentados pelos alunos.

Salientamos, mais uma vez, que o produto da pesquisa tem caráter introdutório à construção do conceito de célula pelos alunos, pois, de acordo com Vigotski (2009), a evolução de um conceito é um processo complexo e delicado que requer o desenvolvimento de uma série de processos psicológicos. Além disso, segundo o

---

<sup>39</sup> Termo de Assentimento.

<sup>40</sup> Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

teórico, quando uma palavra nova é apreendida pelo sujeito o desenvolvimento da abstração desse signo está apenas começando.

Como discutido durante o trabalho, optamos por mediar nossa estratégia a partir do uso da História da Ciência, uma vez que ela pode ser usada como um instrumento útil na elaboração de propostas de ensino que “visem à superação de dificuldades relacionadas à aprendizagem de conceitos científicos básicos”, ou seja, a História da Ciência pode ser um recurso para auxiliar a sistematização e reelaboração de conceitos (BASTOS, 1992, p. 63).

Para nortear a elaboração da SD, fundamentamo-nos em: ideias de Vigotski, (discutidas anteriormente); características do contexto investigado; parâmetros propostos por Forato (2009) para a transposição didática de conteúdos de História da Ciência para o ambiente escolar; e em concepções de Zabala (1998) sobre SD.

### 3.1 SUJEITOS E CONTEXTO DA INVESTIGAÇÃO

Como já informado, participaram desta pesquisa 35 alunos de 8º ano do EF da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Lenita de Sena Nachif que se localiza no município de Campo Grande/MS. A maioria dos estudantes que participou do desenvolvimento da SD foi aluno da professora/pesquisadora no ano anterior, desse modo, muitas limitações e potencialidades da turma já eram conhecidas.

A escola está localizada na periferia do município e atende alunos do pré ao 9º ano do EF com idades entre 4 e 16 anos sendo que, de acordo com o Projeto Político Pedagógico da escola, aproximadamente 3% do alunado apresenta distorção idade/série. A escola possui uma média de 35 alunos nas turmas de 6º ao 9º ano, sendo que na turma alvo da investigação 38 estudantes estavam matriculados no início do ano letivo. Esta era a única turma de 8º ano do período matutino no ano de 2016.

A frequência dos alunos nas aulas foi uma das dificuldades encontradas durante o desenvolvimento das atividades da SD, já que muitos deles apresentaram acentuado número de faltas e isso, certamente, influenciou na forma como esses alunos se apropriaram dos conceitos trabalhados. Além disso, o elevado número de alunos na turma, uma realidade recorrente nas escolas brasileiras, impossibilitou que a professora/pesquisadora analisasse minuciosamente o desenvolvimento de cada aluno. Dessa maneira, desenvolvemos a pesquisa procurando contornar essas

limitações e utilizando as estratégias e os recursos ao nosso alcance para minimizar esses problemas.

A disciplina de Ciências na REME tem carga horária de duas horas/aulas semanais (120 minutos) e a maioria das escolas conta com um laboratório de Ciências, o qual é coordenado por um professor(a) licenciado em Ciências/Biologia que se responsabiliza pelo planejamento das aulas laboratoriais. Na escola em que a pesquisa foi desenvolvida, os alunos frequentam o laboratório pelo menos duas vezes por bimestre. Ressalta-se que as aulas práticas, que fizeram parte da SD, foram planejadas juntamente com a professora do laboratório.

É importante salientar, também, que o conteúdo da SD foi propiciado de acordo com as orientações curriculares da REME, contudo, mediamos os conhecimentos previstos no currículo a partir da História da Ciência.

### 3.2 PARÂMETROS DE FORATO

Conforme anunciado, utilizamos os parâmetros de Forato (2009), que em seu estudo identificou algumas etapas que podem ser entendidas como parâmetros para pesquisas que envolvem os usos da História da Ciência no ensino. Tais parâmetros discutem desafios, obstáculos, alguns riscos e alternativas para a superação de dificuldades relacionadas à elaboração de propostas que utilizem a História da Ciência na educação científica.

A autora ressalta que as etapas não seguem, necessariamente, uma sequência ordenada e que também não são “receitas para o sucesso”, mas que, no entanto, são indicadores que podem guiar o processo pedagógico (FORATO, 2009). Nesse contexto, descrevemos sucintamente, a partir das concepções de Forato (2009), dois passos que nos ajudaram na delimitação dos conhecimentos contemplados pela SD.

- Primeiro passo: definição do objetivo/propósito pedagógico

Inicialmente, pretendíamos elaborar uma SD que propiciasse aos alunos a construção do conceito de célula. Entretanto, depois de revisão da literatura, apropriação do referencial pedagógico e análise dos conceitos iniciais e cotidianos dos alunos, percebemos que, pela complexidade, o conceito de célula demandaria um tempo relativamente maior para chegar a um elevado grau de generalização. Diante

disso, nosso propósito pedagógico se modificou e residiu em propiciar evolução conceitual nas concepções iniciais de célula apresentadas pelos alunos, isso a partir do estudo do processo gradual da formação do conceito de célula ao longo da história.

- Segundo passo: seleção do conteúdo histórico e tempo didático

O conteúdo histórico selecionado deve estar de acordo com os objetivos pedagógicos pretendidos, o nível de escolarização envolvido e o contexto educacional em que será abordado. Além disso, deve-se considerar as dificuldades envolvidas no conteúdo selecionado, tanto as conceituais quanto as históricas, pois estes conhecimentos devem estar acessíveis ao nível cognitivo dos alunos (FORATO, 2011).

Depois de selecionar o conteúdo, também devemos nos atentar a outros pontos que influenciam na seleção dos detalhes a serem abordados, como o tempo didático disponível para o desenvolvimento do tema. Sabemos que a elaboração de uma teoria ou conceito científico é um processo complexo que envolve fatores internos e externos à Ciência e que demandaria muito tempo para ser analisado. Assim, de acordo com contexto da sala de aula e o tempo disponível para o desenvolvimento da abordagem, é necessário “limitar a quantidade de conteúdo histórico possível de se abordar” (FORATO, 2011, p. 45). Dessa forma, é preciso selecionar os aspectos a enfatizar ou a omitir do conteúdo histórico.

Considerando o tempo disponível para o desenvolvimento de nossa SD (13 horas) e os objetivos pedagógicos, fundamentamos nosso estudo, como discutido anteriormente, principalmente em fatores internos ao desenvolvimento do conceito de célula, sem, contudo, negligenciar alguns aspectos extracientíficos. Ressaltamos que esse recorte foi necessário, pois o tempo disponível para o cumprimento do conteúdo programático anual de Ciências é bastante reduzido – na REME, por exemplo, limita-se a duas horas/aulas por semana – e a quantidade de informações sobre o tema é tão grande que, como menciona Gomes (2013), poderia desestimular o professor.

No entanto, é pertinente destacar que não devemos confundir a omissão com simplificação excessiva, pois isso pode acarretar distorções históricas. Desse modo, segundo Forato (2011, p. 45), seria interessante abordar aspectos que mostrem, pelo menos, “diferentes elementos envolvidos na construção do conhecimento científico,

tanto internos à ciência quanto contextuais, evitando incorrer em narrativas históricas enciclopédicas, anacrônicas e lineares”.

As recomendações historiográficas devem ser levadas em consideração na elaboração das propostas de ensino, no entanto, como salienta Forato (2009), muitas vezes não é possível discutir um recorte histórico em seus detalhes, como recomenda a literatura especializada.

### 3.3 PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DA ANÁLISE DOS DADOS

Para a construção da análise dos dados, adotamos pressupostos da Análise Microgenética fundamentada no referencial histórico-cultural do desenvolvimento humano. Segundo Góes (2000, p. 9), a Análise Microgenética é uma forma de construção de dados que “requer a atenção a detalhes e o recorte de episódios interativos”, sendo a análise orientada para “as relações intersubjetivas e as condições sociais da situação”, resultando em um relato detalhado dos acontecimentos. Nesse contexto, a análise está direcionada para a investigação de minúcias, detalhes e ocorrências residuais que podem dar indícios relevantes sobre a aprendizagem e desenvolvimento nos processos de ensino.

De acordo com Silva (2013), o professor/pesquisador que adota a Análise Microgenética fundamentada na teoria histórico-cultural deve ter ciência de que só poderá acompanhar o desenvolvimento dos processos cognitivos por meio de *indícios*. Desse modo, as principais maneiras de investigar o desenvolvimento da aprendizagem se dão por meio da análise da fala dos alunos e da capacidade dos mesmos de resolverem problemas de forma autônoma.

Com base nisso, todas as falas dos alunos durante as atividades da SD foram gravadas digitalmente para registrarmos as interações verbais, sendo que nas aulas práticas a dinâmica e o comportamento dos alunos durante o processo foram observados em um diário de campo. A necessidade desses procedimentos se respalda no fato de que na análise da linguagem utilizada pelos/entre os alunos e destes com o professor encontramos os indícios de aprendizagem e desenvolvimento, manifestados pelo uso do que foi aprendido pelos alunos “ao explicarem algo ou solucionarem um problema.” (SILVA, 2013, p. 29). Vale salientar, ainda, que na primeira e na última etapa da SD também coletamos dados por meio de desenhos e linguagem escrita.

Posteriormente, todas as falas registradas nas gravações foram transcritas integralmente e, a fim de buscar pistas de internalização e/ou evolução dos conhecimentos trabalhados pelos alunos, realizamos várias releituras das transcrições dos diálogos, dos desenhos, das escritas dos alunos e das anotações do diário de campo visando uma familiarização com essas informações. Depois disso, selecionamos alguns episódios dentro de cada etapa da SD, os quais analisaremos mais adiante.

De antemão, destacamos que na etapa I tivemos o objetivo de investigar as concepções dos alunos sobre células; na II, propiciar a compreensão de que o microscópio foi o instrumento que possibilitou o estudo de objetos/seres microscópicos/pequenos; na III, apresentar a concepção de que a formulação da Teoria Celular se deu por um longo processo que dependeu da contribuição de muitos cientistas; na IV, discutir a importância das reformulações da Teoria Celular para o estudo das células; e na V, retomar os conhecimentos trabalhados no decorrer da SD.

Organizamos os dados para análise dessas etapas da seguinte maneira: na etapa I, discutiremos as concepções gerais da turma sobre o conceito de célula apresentando, primeiramente, algumas representações da célula realizadas pelos estudantes e, depois, alguns trechos das respostas dadas ao questionário (Apêndice D) que apresenta três questões que indagam, respectivamente, sobre a importância das células, onde podemos encontrá-las e a descoberta dessas estruturas. Nas etapas II, III e IV, selecionamos para discussão alguns diálogos estabelecidos após a professora/pesquisadora propor situações-problema relativas ao conceito de célula e ao seu processo histórico de formação. Na etapa V, teceremos análises e discussões comparando as representações de célula realizadas nesta e na primeira etapa e, assim como nas etapas II, III e IV, na segunda atividade desta etapa também selecionamos algumas falas para discussão.

Nos trechos de interações verbais selecionados nos episódios, buscamos identificar nos diálogos dos alunos entre si e com a professora/pesquisadora indícios da elaboração dos conhecimentos e a presença da colaboração a partir do processo de imitação. Nesses episódios destacamos, principalmente, os diálogos estabelecidos após as situações-problema propostas pela professora/pesquisadora.

Ressaltamos que para preservar as identidades dos estudantes substituímos seus nomes por números durante a análise dos desenhos e diálogos.



Diante dessas concepções e das que já foram discutidas ao longo deste trabalho, apresentamos a seguir as etapas que compõe a SD.

## **CAPÍTULO 4: PROPOSTA DE UMA SD FUNDAMENTADA NA HC PARA INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS CÉLULAS NO 8º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL**

A SD proposta como produto desta pesquisa contém cinco etapas que foram desenvolvidas em 13 horas durante a disciplina de Ciências, que na REME tem carga horária de duas horas semanais.

Como mencionado, a construção desta SD também se baseou em algumas ideias de Zabala, que define as SD como um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 18).

Para Zabala (1998), as SD são instrumentos que permitem incluir as três fases de toda intervenção pedagógica: o planejamento, a aplicação e a avaliação. Desse modo, elas ajudam a indicar a função que cada atividade tem na construção do conhecimento/conteúdo, bem como avaliar os resultados de cada uma delas no processo de ensino e aprendizagem.

Com base nessas concepções, o Grupo de Estudo e Pesquisa em Formação de Professores e Ensino de Ciências<sup>41</sup> da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, do qual fazemos parte, elaborou uma estrutura para SD a qual adaptamos, conforme exposto no Quadro 1, e utilizamos para organizar as atividades da SD desta pesquisa.

---

<sup>41</sup> Grupo criado no ano de 2012 com o objetivo de contribuir para o processo de formação docente, continuado e inicial, na área do ensino de Ciências e Educação Ambiental no estado de Mato Grosso do Sul.

**Quadro 1** - Estrutura da sequência didática adotada nesta investigação.

1. Tema da sequência didática;
2. Conteúdo;
3. Duração;
4. Objetivo(s);
5. Justificativa;
6. Descrição das atividades didáticas a serem desenvolvidas para alcançar os objetivos estabelecidos:
  - Objetivo(s);
  - Duração;
  - Conhecimentos trabalhados;
  - Metodologia;
  - Avaliação;
  - Recursos.

**Fonte:** Adaptado de DAHER (2016).

Os itens 1, 2, 3, 4 e 5 já foram detalhados durante as discussões anteriores e serão sistematizados, mais uma vez, no produto que acompanha esta pesquisa. A seguir, apresentamos a descrição sucinta das atividades que compõem a sequência didática, contemplando o item 6 do Quadro 1.

#### 4.1 ETAPAS/ATIVIDADES QUE COMPÕEM A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A primeira etapa dedica-se à investigação das concepções já elaboradas pelos alunos e as demais, à sistematização dos conhecimentos, conforme descrevemos a seguir.

##### **Etapa I – Levantamento das concepções dos alunos sobre célula**

- *Objetivo:* Investigar as concepções dos alunos sobre células.
- *Duração:* 1 hora/aula.

- *Metodologia*: esta etapa é composta por duas atividades.

#### Atividade 1: Desenhar uma célula

Nesta atividade, que durará aproximadamente 25 minutos, a professora/pesquisadora entrega a cada aluno uma folha sulfite e solicita que desenhem uma célula.

#### Atividade 2: Responder um questionário

Após entregarem o desenho realizado na atividade 1, os alunos respondem a um questionário (Apêndice D) com três perguntas que indagam sobre a importância das células, a descoberta<sup>42</sup> das mesmas e onde podemos encontrá-las. Essa atividade durará 35 minutos, aproximadamente.

- *Avaliação*: será realizada por meio da análise dos desenhos e respostas dadas às questões. Com base nelas, as demais etapas serão elaboradas.
- *Recursos*: folhas sulfites em branco e questionário impresso.

É interessante investigar as concepções já elaboradas pelos alunos, pois, de acordo com o referencial pedagógico, a aprendizagem deve estar coerente com o nível de desenvolvimento do sujeito. Dessa forma, depois da análise das concepções apresentadas pelos alunos, a professora poderá desenvolver nas etapas seguintes conhecimentos que estão além daqueles que já fazem parte do nível de desenvolvimento atual dos alunos, ou seja, ela poderá trabalhar nas possíveis zonas de desenvolvimento proximal dos estudantes.

Referimo-nos a “possíveis zonas de desenvolvimento proximal” porque seria bastante difícil identificar a zona de desenvolvimento proximal de cada aluno a partir do levantamento das concepções iniciais e cotidianas, pois, como afirma Vigotski (2009), haverá muito mais diferenças, condicionadas pela divergência entre as zonas de desenvolvimento proximal, do que semelhanças geradas pelo mesmo nível de desenvolvimento atual. Desse modo, sujeitos com mesmo nível de desenvolvimento atual podem ter uma dinâmica de desenvolvimento futuro completamente diferente (VIGOTSKI, 2007).

---

<sup>42</sup> Deve-se ter cautela ao utilizar a palavra “descoberta” quando trabalhamos com a História da Ciência, pois a construção de um conhecimento científico conta com a participação de muitos pesquisadores. Dessa forma, torna-se difícil atribuir a uma única pessoa o mérito de uma descoberta científica. (BATISTETI; ARAÚJO; CALUZI, 2009).

A necessidade de trabalhar conhecimentos que estão além daqueles já apropriados pelos alunos se justifica porque “só é boa aquela aprendizagem que passa à frente do desenvolvimento e o conduz” (VIGOTSKI, 2009, p. 332). Nesse contexto, possibilitamos que os alunos aprendam aquilo que ainda não sabem, mas que lhes será acessível em colaboração com o professor e sob sua orientação. Assim:

Ao professor cabe provocar avanços na aprendizagem dos alunos que não ocorreriam espontaneamente. Isso porque [...] o conhecimento no contexto escolar, é construído através da interação entre sujeitos, isto é, entre professor e aluno, mediados pela linguagem. (SILVA, 2013, p. 29).

Além disso, identificar os conhecimentos já apropriados pelos alunos é necessário, porque o desenvolvimento dos conceitos científicos deve se apoiar em um determinado nível de maturação dos conceitos cotidianos, isso porque o desenvolvimento de conceitos científicos superiores surge a partir de generalizações elementares e inferiores preexistentes (VIGOTSKI, 2009). Ademais, considerando que os processos de desenvolvimento dos dois tipos de conceitos influenciam-se constantemente, cabe ressaltar que as generalizações estruturalmente superiores dos conceitos científicos podem resultar em mudanças na estrutura dos conceitos cotidianos.

As etapas seguintes se dedicam à sistematização dos conceitos. Vale lembrar que os conceitos científicos são caracterizados por apresentar um sistema hierárquico de inter-relações e que são *mediados por outros conceitos*. Desse modo, sistematizar um conceito implica localizá-lo em um determinado sistema de relações de generalidade, e esse sistema determina a relação do conceito com outros conceitos.

Como mencionado, o conceito de célula subordina a ele muitos conceitos que são desenvolvidos durante várias etapas da educação básica. Assim, tivemos o objetivo de ampliar a generalização desse conceito tendo ciência de que esse processo não findará ao término da SD.

## **Etapa II – Estudo sobre o desenvolvimento da observação microscópica**

- *Objetivo:* Propiciar a compreensão de que o microscópio foi o instrumento que possibilitou o estudo de objetos/seres microscópicos/pequenos.

- *Duração*: 4 horas/aula.
- *Conhecimentos trabalhados*: História e evolução do microscópio.
- *Metodologia*: esta etapa se divide em duas atividades.

#### Atividade 1: Aula dialogada sobre a história do microscópio

Nesta atividade, com duração de 2 horas, discute-se com os alunos alguns momentos que marcaram a história da evolução do microscópio e sua relação com o estudo dos seres vivos. Durante a aula, a professora abordará sobre: o uso de dispositivos óticos na antiguidade; a utilização de lentes no século XVI; os primeiros microscópios compostos; a importância de Robert Hooke, Leeuwenhoek e outros cientistas à microscopia dos seres vivos; alguns problemas e aperfeiçoamentos técnicos que contribuíram para aumentar a qualidade dos microscópios. Esses conhecimentos serão organizados em uma apresentação em Power Point.

#### Atividade 2: Aula prática sobre o funcionamento do microscópio

Nesta atividade, que também durará 2 horas, os alunos serão levados ao laboratório de Ciências da escola para conhecer o funcionamento de microscópios compostos e simples. Primeiro será entregue a cada aluno um esquema (Anexo 1) que demonstra as partes do microscópio composto e, com ajuda da professora do laboratório, será explicada a função de cada uma das partes, tomando como referência os microscópios disponíveis na escola. Durante as explicações, serão promovidos diálogos que retomarão os conhecimentos da aula anterior.

Posteriormente, a professora/pesquisadora solicitará aos alunos que se organizem em grupos e escolham materiais que gostariam de visualizar sob as lentes dos microscópios. Cada grupo se revezará para fazer as observações dos materiais coletados. Ao final, será proposto à turma que compare o microscópio da escola (ou do esquema) aos primeiros microscópios e que estabeleça relações entre o seu comportamento e o de cientistas, como Hooke, quanto à curiosidade pelo mundo microscópico.

- *Avaliação*: os alunos serão avaliados pelos diálogos estabelecidos nas duas atividades. Buscaremos indícios da elaboração dos conhecimentos trabalhados no comportamento, nas falas e na escrita dos estudantes.
- *Recursos*: Datashow, apresentação em Power Point, lupas, esquema de microscópio ótico impresso, lâminas, lamínulas, pipetas, água, placas de Petri, microscópio ótico.

Decidimos iniciar as discussões sobre a formação do conceito de célula por meio do estudo de concepções sobre microscopia porque, de acordo com Mayr (1998, 2008), o desenvolvimento da citologia se tornou possível devido a aprimoramentos nos microscópios e nas técnicas de microscopia, como o aperfeiçoamento das lentes, descoberta da imersão em óleo, melhorias na iluminação de objetos, bem como em métodos de fixação de tecidos e materiais vivos, e a ampla utilização de corantes. Segundo o autor, “a inadequação dos primeiros instrumentos muitas vezes levou a observações errôneas, e esta foi uma das razões para as controvérsias iniciais da citologia” (MAYR, 2008, p. 122).

Apesar dessa concepção, também será explicitado durante as atividades dessa e das outras etapas que não devemos atribuir, isoladamente, o desenvolvimento do conceito de célula à melhoria dos instrumentos óticos, pois, como afirma Prestes (1997), a maneira como esse conceito foi concebido em diferentes contextos históricos também foi se modificando, independentemente da melhoria dos microscópios.

### **Etapa III – Das primeiras observações da célula à formulação da Teoria Celular**

- *Objetivo:* Propiciar a compreensão de que a formulação da Teoria Celular se deu por um longo processo que dependeu da contribuição (erros e acertos) de muitos cientistas.
- *Duração:* 4 horas/aula.
- *Conhecimentos trabalhados:* Visualização da célula por Robert Hooke, bases da Teoria Celular proposta por Schwann e Schleiden, célula procarionte e eucarionte (animal e vegetal).
- *Metodologia:* esta etapa é contemplada por duas atividades.

#### Atividade 1: Aula dialogada sobre as primeiras observações da célula e as bases da Teoria Celular

Inicia-se essa atividade, que durará 2 horas, sistematizando e reelaborando as concepções iniciais dos estudantes sobre célula investigadas na etapa I. Depois, a professora apresentará uma imagem de um modelo cientificamente aceito de célula, a fim de fomentar discussões sobre como esse modelo foi formado/construído. A partir daí, discute-se sobre a visualização da célula por Robert Hooke e sua real contribuição

ao estudo das células. Continua-se essa discussão apresentando alguns estudos e concepções sobre as células (animal e vegetal) ao longo do tempo e a importância dessas ideias para a elaboração da Teoria Celular de Schwann e Schleiden; essas informações se encontram na historização desse produto. Os conhecimentos serão organizados em uma apresentação em Power Point.

### Atividade 2: Comparação entre as células observadas ao microscópio e os esquemas didáticos de célula

Nesta atividade, que também durará 2 horas, a professora levará os alunos ao laboratório de Ciências da escola. Essa aula tem como principais objetivos: iniciar ou retomar a sistematização dos conceitos de célula procarionte e eucarionte (animal e vegetal) e promover reflexão sobre o processo de construção dos modelos celulares a partir dos conhecimentos propiciados na atividade anterior. Para isso, a professora explicará, primeiramente, as diferenças entre os dois tipos celulares; depois, os alunos prepararão e observarão lâminas com epitélio da mucosa bucal e epiderme da cebola sob orientação da professora. Ao final da aula, serão propostas algumas questões (Apêndice E) que fomentam comparações entre os dois tipos de células visualizadas ao microscópio e destes com os esquemas didáticos do livro. Elas serão respondidas por meio de uma conversa ou debate mediado pela professora. Os alunos serão estimulados a fundamentar suas ideias a partir dos conhecimentos das atividades anteriores.

- *Avaliação:* nos diálogos estabelecidos nas duas atividades, buscaremos indícios da elaboração dos conhecimentos trabalhados.
- *Recursos:* Datashow, apresentação em Power Point, lâminas, lamínulas, microscópio ótico, cebola, tecido da mucosa bucal, hastes flexíveis, corantes (azul de metileno), pinças, pipetas, placas de Petri, livro didático.

Geralmente, os alunos apresentam algumas concepções equivocadas sobre a natureza do trabalho científico. E nessa etapa, além de propiciar conhecimentos sobre a formação do conceito de célula, a professora poderá proporcionar discussões quanto à natureza da ciência, principalmente no que tange ao processo gradual da formação de conceitos científicos, quanto à presença de limitações e falhas humanas no trabalho científico e quanto à desmistificação do trabalho do cientista.

Em relação à segunda atividade, convém mencionar que, pela peculiaridade microscópica da célula, representações e esquemas didáticos são amplamente



utilizados no estudo das estruturas celulares, entretanto, eles raramente coincidem com as imagens observadas ao microscópio, como observam Batisteti, Araújo e Caluzi (2009). Os mesmos autores ressaltam que as representações da célula presentes nos livros didáticos são descontextualizadas historicamente, pois se prioriza as funções desempenhadas pelas estruturas em detrimento dos procedimentos científicos que propiciaram a construção desses esquemas.

Por esse motivo, consideramos pertinente explorar algumas relações entre o modelo de célula que temos hoje, refletido nas representações didáticas dos livros, e os momentos históricos que contribuíram para a formação desse conhecimento, além de propiciar comparações entre essas representações e o que é efetivamente observado no microscópio ótico.

#### **Etapa IV – Reformulações e contribuições da Teoria Celular**

- *Objetivo:* Conhecer a importância das reformulações da Teoria Celular para o estudo das células.
- *Duração:* 2 horas/aula.
- *Conhecimentos trabalhados:* Postulados da Teoria Celular e suas reformulações; contribuições da Teoria Celular; célula procarionte e eucarionte; célula animal e vegetal.
- *Metodologia:* esta etapa contém uma atividade.

##### Atividade 1: Aula dialogada sobre reformulações da Teoria Celular

Essa atividade terá duração de 2 horas e nela serão discutidas, entre outras coisas: reformulações da Teoria Celular, tais como a revisão do processo de formação de novas células, o fortalecimento de outros campos da biologia celular, como a Microbiologia e a Genética, e a identificação de novas organelas celulares. Nessa atividade também se aprofunda a sistematização dos conceitos de célula procarionte e eucarionte e avança-se nos conhecimentos relacionados à célula animal e vegetal iniciados na atividade 2 da etapa III.

- *Avaliação:* nos diálogos estabelecidos nas duas atividades, buscaremos indícios da elaboração dos conhecimentos trabalhados.
- *Recursos:* Datashow, apresentação em Power Point.

Destacamos a importância de o professor propiciar aos alunos uma visão de que nem sempre a ciência se dá de forma harmônica e que, muitas vezes, os cientistas discordam entre si, pois, como aponta Martins (2006, p. XXIII),

As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro [...] Os pesquisadores formulam hipóteses ou conjeturas a partir de idéias que podem não ter qualquer fundamento, baseiam-se em analogias vagas, têm idéias preconcebidas ao fazerem suas observações e experimentos, constroem teorias provisórias que podem ser até mesmo contraditórias, defendem suas idéias com argumentos que podem ser fracos ou até irracionais, discordam uns dos outros em quase tudo, lutam entre si para tentar impor suas idéias.

Dessa maneira, os conhecimentos científicos que aceitamos hoje muitas vezes são bastante diferentes das propostas iniciais, porque os conceitos/ideias vão sendo aperfeiçoadas gradualmente por meio de críticas e debates ao longo do tempo.

### **Etapa V – Retomada dos conhecimentos**

- *Objetivo:* Retomar os conhecimentos trabalhados durante as etapas anteriores e analisar a evolução do significado de célula.
- *Duração:* 2 horas/aula.
- *Conhecimentos trabalhados:* todos os conceitos trabalhados nas etapas anteriores.
- *Metodologia:* esta etapa está dividida em duas atividades.

#### Atividade 1: Desenhar uma célula

Nesta atividade, a professora solicitará aos alunos que desenhem novamente uma célula em uma folha sulfite.

#### Atividade 2: Jogo colaborativo

Nesta atividade, que terá duração de 1 hora e 30 minutos, aproximadamente, os alunos participarão de jogo didático de perguntas e respostas, que contemplará os conhecimentos trabalhados durante a SD. Para participar do jogo, os alunos serão divididos em grupos. As perguntas do jogo (Apêndice F) serão digitadas em tiras de papel e depositadas em uma caixa e, depois de determinada a ordem em que os grupos as responderão, a professora solicitará que um membro do grupo da vez escolha uma pergunta da caixa e entregue a ela para que seja realizada a leitura da

questão ao grupo. Será oferecido a cada grupo, após escutarem a pergunta, até um minuto para discussões e elaboração de respostas.

- *Avaliação*: os desenhos e os diálogos estabelecidos entre os alunos e destes com a professora/pesquisadora serão analisados a fim de buscar indícios da aprendizagem dos conhecimentos trabalhados durante a SD e planejar estratégias de reelaboração desses conhecimentos, caso tenham sido apropriados de maneira equivocada pelos estudantes.
- *Recursos*: folhas sulfites, papel pardo, caixa de papelão, canetas hidrográficas.

Ressaltamos que o jogo tem o intuito propiciar interações entre os alunos de forma a possibilitar o diálogo e possíveis reelaborações de conhecimentos. Assim, o objetivo não é verificar qual grupo de alunos respondeu ao maior número de questões corretamente, pois os grupos poderão se ajudar de forma mútua. Esse momento é importante, pois os conhecimentos elaborados pelos diferentes grupos serão compartilhados.

É importante destacar também que a atividade 1 desta etapa não se configura como um pós-teste, mas sim como parte da análise da evolução conceitual dos alunos que será realizada durante todas as atividades da SD. Vale lembrar que, na perspectiva do referencial pedagógico adotado, o professor ou pesquisador “não está interessado unicamente (ou principalmente) no produto de um processo, mas no processo em si. O importante aqui não é o que acontece, mas como acontece.” (SILVA, 2013, p. 29).

Com base nesta SD, que se constitui como o objeto desta investigação, é que procuramos buscar respostas à questão do estudo: *quais são as contribuições que uma sequência didática, fundamentada na História da Ciência e nas concepções de Vigotski, pode trazer ao processo de ensino e aprendizagem do conceito de célula trabalhado com alunos de 8º ano do Ensino Fundamental?*

## **CAPÍTULO 5: RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como mencionado, muitos estudantes que participaram do desenvolvimento da SD foram alunos da professora/pesquisadora em anos anteriores, sendo que alguns conhecimentos relacionados ao conceito de célula foram sistematizados com esses alunos no 7º ano do EF. Apesar disso, ressaltamos que acompanhar a programação de conteúdos propostos pela escola não garante ao aluno a capacidade de estabelecer relações conscientes imediatas com os conteúdos anteriormente apropriados, uma vez que o curso do desenvolvimento não coincide inteiramente com o curso da aprendizagem.

No período da investigação, os alunos apresentavam idades entre 13 e 15 anos, ou seja, estavam na adolescência, o momento em que ocorre o desenvolvimento das funções intelectuais que são base para a formação de conceitos e pensamento abstrato. Nesse sentido, entendemos que a adolescência é um período de transição para a formação plena dos conceitos abstratos e racionais.

Entretanto, o domínio de formas superiores de pensamento não implica o abandono do uso de operações elementares, pois mesmo tendo aprendido a formar conceitos, o adolescente continua a operar com o sincretismo ou por complexos, por exemplo. Mesmo assim, é importante considerar que ao passar pelos estágios de formação conceitual o sujeito tende a se concentrar, primeiramente, nas relações de classe entre as palavras/objetos, e não mais nas interações concretas/imediatas entre os mesmos.

Diante dessas considerações, apresentamos a seguir os resultados e discussões das atividades desenvolvidas na SD elaborada nesta pesquisa.

### **5.1 AS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE CÉLULA**

Conforme exposto anteriormente, na etapa I da SD tivemos o objetivo de investigar as concepções dos alunos sobre o conceito de célula. Para isso, desenvolvemos duas atividades, sendo que na primeira a professora/pesquisadora solicitou aos alunos que desenhassem uma célula.

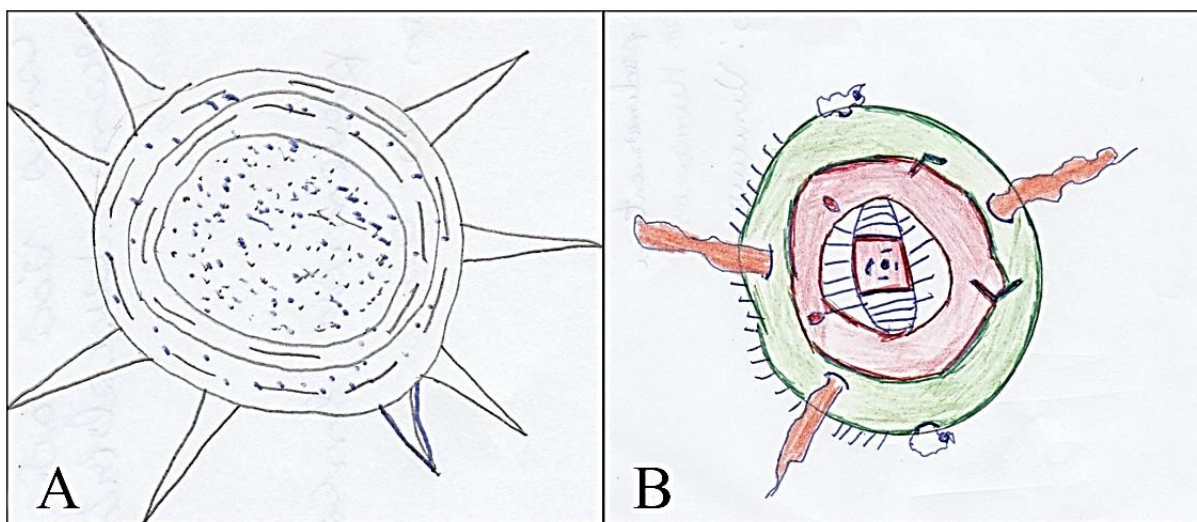
Salientamos que o desenho, de acordo com Ramos e Silva (2013, p. 81), pode ser considerado como “uma linguagem gráfica que tem sua origem baseada na linguagem verbal”. Desse modo, os desenhos podem ser utilizados como indicadores

do nível cognitivo dos alunos e ainda servir como instrumentos de análise para identificação prévia das concepções e/ou conhecimentos cotidianos que os alunos possuem em relação ao conteúdo a ser trabalhado (FONTANA; CRUZ, 1997).

Além disso, Palmero (1997), fundamentada em Caravitas e Tonucci (1988), explica que conhecer as representações mentais dos alunos e o que eles já sabem permite ao professor compreendê-los melhor e também escolher pontos de partida para seus projetos didáticos.

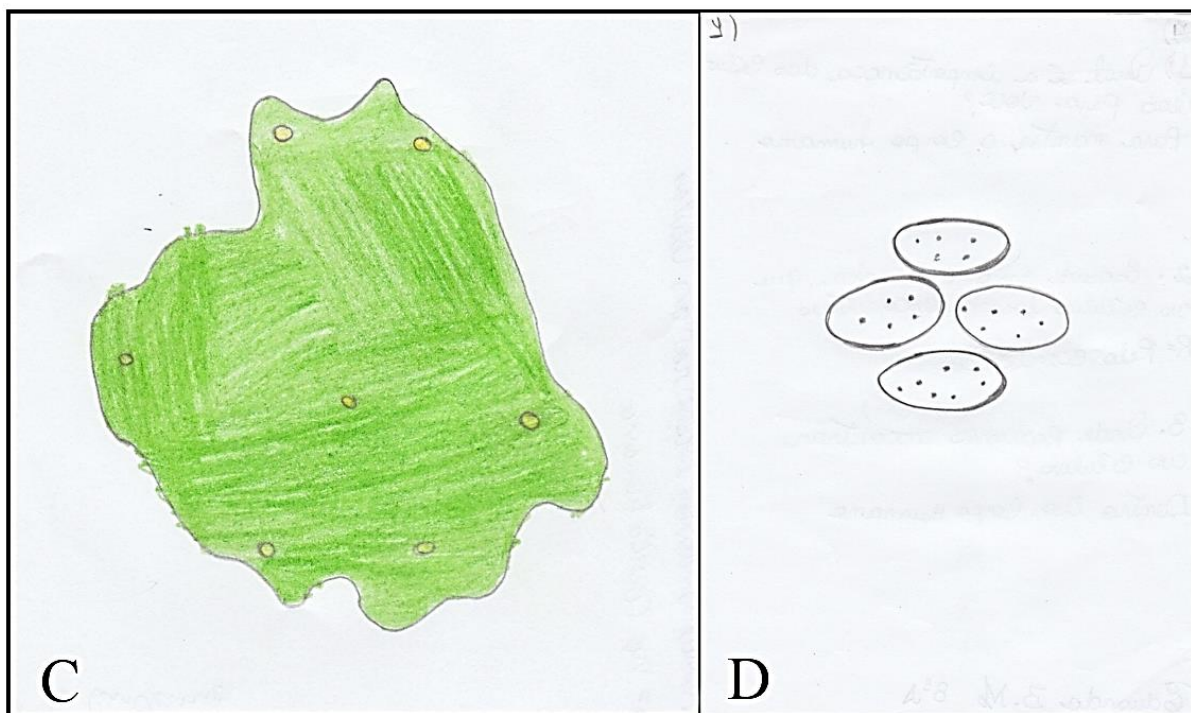
Na primeira atividade, obtivemos 34 desenhos. No entanto, optamos por apresentar apenas 9 que, para nós, representam as concepções da maioria dos alunos.

**Figura 3** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira etapa da sequência didática.



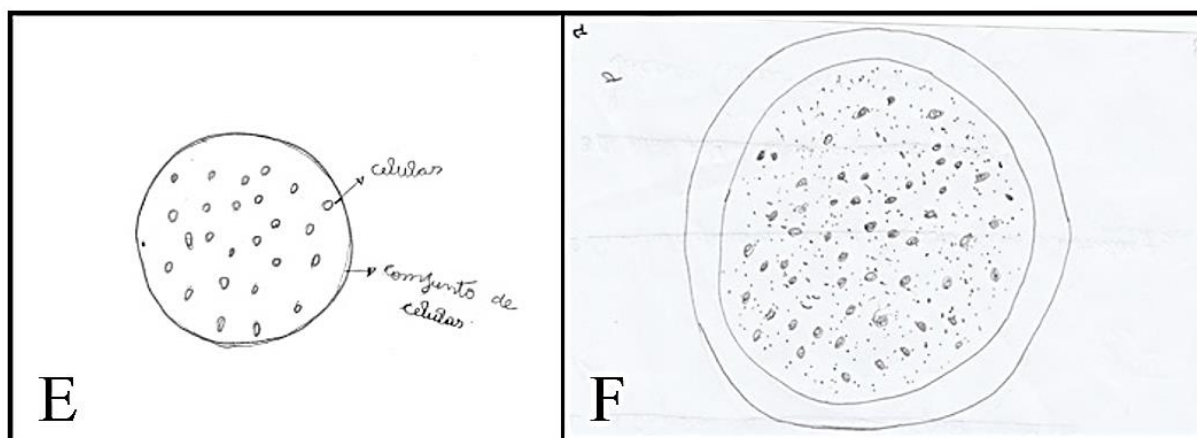
Fonte: Próprios autores.

**Figura 4** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira etapa da sequência didática



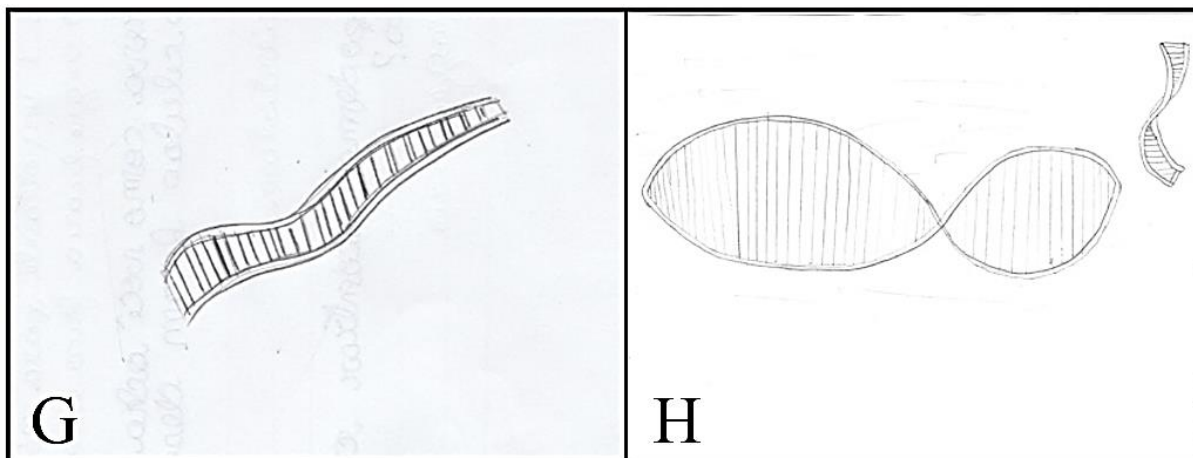
Fonte: Próprios autores.

**Figura 5** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira etapa da sequência didática.



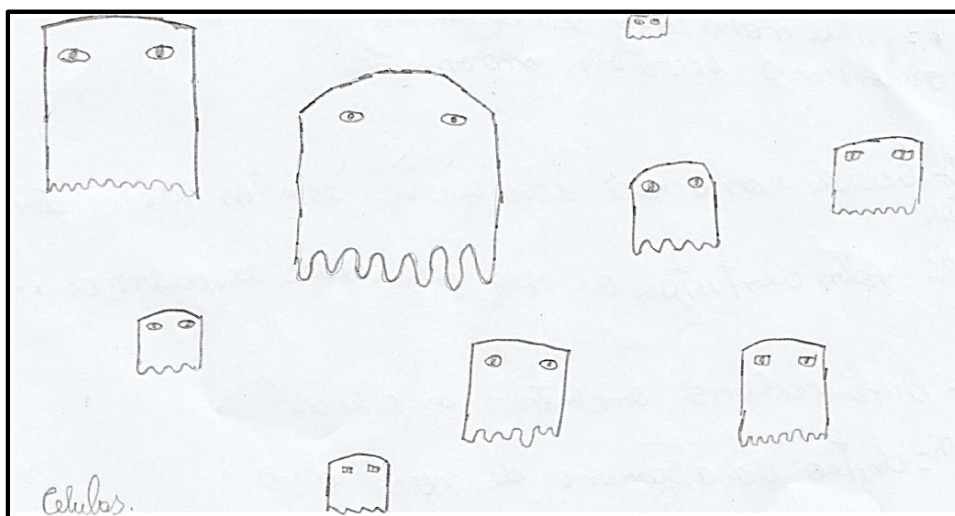
Fonte: Próprios autores.

**Figura 6** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira etapa da sequência didática.



Fonte: Próprios autores.

**Figura 7** – Representação de célula realizada por um aluno de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira etapa da sequência didática.



Fonte: Próprios autores.

Em análise aos desenhos, percebemos que muitos alunos provavelmente buscaram significar o conceito de célula a partir de conhecimentos propiciados no ano anterior. Nas figuras 3 e 4, por exemplo, notamos que os alunos realizaram representações que se assemelham, respectivamente, a vírus (Fig. 3.A e 3.B), a protozoário rizópode (Fig. 4.C) e a bactérias ou protozoários esporozoários (Fig. 4.D). Quanto a isso, convém mencionar que imagens foram amplamente utilizadas durante o estudo dos vírus e organismos microscópicos, como bactérias e protozoários, dessa forma, essas imagens podem estar refletidas nas ilustrações desses alunos.

Representações semelhantes às que vemos nas figuras 5.E e 5.F foram bastante frequentes, entretanto, em análise preliminar, não conseguimos identificar a possível origem desses desenhos. Desse modo, a professora/pesquisadora investigou isso junto aos alunos, sugerindo a alguns deles, em uma conversa, que comentassem sobre o que foi desenhado. A partir disso, os alunos relataram sobre uma experiência vivenciada no ano anterior, na qual prepararam meios de cultura para bactérias e fungos. Segundo os estudantes, as células retratadas em seus desenhos eram as “bolinhas”, “manchinhas” ou “pontinhos” que apareceram nas Placas de Petri alguns dias após o preparo dos meios de cultura. Desta forma, entendemos que os alunos representaram as colônias de bactérias e fungos formadas nos meios de cultura para significar o conceito de célula.

Consideremos interessante a associação que alguns alunos realizaram entre a palavra célula e a molécula de DNA, representada pelos desenhos da figura 6, uma vez que são conhecimentos que de fato têm relação entre si. Entretanto, acreditamos que a existência dessa relação ainda não estava conscientizada na mente dos alunos e que essas representações têm origem em ideias difundidas pela mídia, que constantemente veicula informações sobre pesquisas que versam sobre a genética (REIS et al. 2010), sendo que essas notícias, muitas vezes, vêm acompanhadas de representações da molécula de DNA.

Alguns alunos também conceberam o conceito de célula de forma sincrética, ou seja, eles significaram/representaram a palavra célula a partir de associações desordenadas/confusas que, de certo modo, foram utilizadas para tentar solucionar a tarefa proposta pela professora. A figura 7, por exemplo, apresenta um desenho que em nada se assemelha aos modelos científicos de célula, ele representa uma concepção puramente cotidiana; o significado de célula é concebido com animismo.

Mesmo diante das limitações apontadas, percebemos que a palavra “célula” não era desconhecida pela maioria dos alunos, apesar dos mesmos ainda não terem plena consciência de seu significado. Alguns alunos, inclusive, associaram a essa palavra conhecimentos que, de certa forma, são subordinados e/ou têm relação com o conceito de célula, expressando um grau de generalização mais restrito. Verificamos que os alunos buscaram significar a palavra enunciada a partir de saberes já conhecidos, já elaborados e internalizados (FONTANA, 1996).

Ao solicitar aos alunos que expressassem suas concepções sobre a palavra “célula”, a professora iniciou o processo de conscientização desse conceito, pois na



tentativa de responder às solicitações da professora, os alunos começaram a pensar sobre o seu próprio modo de utilizar essa palavra, buscando, na memória, elementos das experiências vividas e sentidos da palavra já internalizados que lhes possibilitassem atender à solicitação feita. Pensar sobre seu próprio modo de utilizar a palavra se constitui numa atividade bastante complexa para o aluno. Como apontam Fontana e Cruz, fundamentadas em Vigotski, as perguntas/solicitações da professora não são apenas disparadores da atividade intelectual dos alunos, “é a partir delas que as crianças selecionam os fragmentos de suas experiências [...], articulam e ordenam esses fragmentos na resposta, organizando verbalmente o pensamento [...]” (FONTANA; CRUZ, 1997, p. 112).

O mesmo ocorreu na segunda atividade desta etapa, na qual os alunos responderam a um questionário com três perguntas subjetivas. Organizamos as respostas de acordo com a semelhança de suas ideias e, a partir disso, tecemos as análises.

Nas respostas à primeira pergunta, em que questionamos sobre a importância das células, identificamos cinco concepções, as quais organizamos de acordo com as respostas transcritas a seguir:

- Conceção 1: A importância das células está relacionada a mecanismos de defesa de nosso organismo

Aluno 6: *“Elas (células) protegem nosso organismo”*.

Aluno 13: *“Para mim as células podem ajudar os cientistas a descobrir, desenvolver células de combate a doenças”*.

Aluno 20: *“Para sobreviver, sem ela nós seria doente”*.

Aluno 24: *“Podem ajudar em doenças”*.

Aluno 33: *“Elas combatem algumas doenças”*.

- Conceção 2: As células são importantes para o sangue

Aluno 9: *“As células são importantes para o sangue e o sangue para mim”*.

Aluno 30: *“Ela é importante para o sangue”*.

Aluno 35: *“A célula é importante para nós, sem ela o sangue ficaria fraco e morreríamos”*.

- Conceção 3: A célula é importante para o corpo humano

Aluno 1: *“A importância das células é que sem elas nós não íamos viver”*.

Aluno 4: *“Sem ela (células) não existiríamos”*.

Aluno 5: *“Nós não existiríamos sem as células”*.

Aluno 19: *“Ela é muito importante, faz parte do nosso corpo”*.

Aluno 21: *“Para manter o corpo humano”*.

Aluno 26: *“São importantes para a nossa sobrevivência”*.

Aluno 28: *“Ela é importante para o corpo humano”*.

Aluno 34: *“As células têm muita importância sendo elas boas ou ruins o corpo humano aproveita”*.

- Conceção 4: A importância das células está relacionada a outros organismos (não foram citados os seres humanos)

Aluno 25: *“Porque elas cai das plantas e vai se reproduzindo em plantas e mais plantas”*.

Aluno 32: *“Tem a ver com as bactérias”*.

- Conceção 5: As células constituem/formam partes do corpo humano, seres vivos e não vivos

Aluno 17: *“É que as células é a composição do corpo dos seres vivos e às vezes não vivos”*.

Aluno 29: *“A importância das células para mim é que elas mantêm a nossa pele inteira, forma a pele”*.

Na maioria das respostas, observamos o uso de conhecimentos que têm relação e/ou fazem parte do sistema de conceitos no qual está incluído o significado de célula. Entretanto, as relações de generalização entre os conhecimentos citados pelos alunos são bastante restritas e/ou possuem equívocos conceituais. Por exemplo, alguns estudantes limitaram a atividade/importância da célula à proteção do corpo (concepção 1) ou indicaram a sua presença apenas no sangue (concepção 2);

outros, afirmaram que as células às vezes compõem o corpo de “seres não vivos” (aluno 17) ou que o corpo humano aproveita “células boas e ruins” (aluno 34).

As respostas dos alunos agrupados na concepção 3 apresentaram noções de que as células estão em nosso corpo e/ou que elas têm grande importância para o ser humano. No entanto, essas respostas não demonstram que as células são as unidades que *constituem/formam* nosso corpo, mas sim que apenas fazem parte dele, como observamos na escrita do aluno 19. Identificamos também que a importância das células foi atribuída *apenas* ao ser humano e não a outros organismos. Isso também é observado nas respostas dos alunos classificados nas concepções 1 (alunos 6 e 20), 2 (alunos 9 e 35) e 5 (aluno 29). Apenas os alunos 25 e 32 relacionaram as células a outros organismos, no caso plantas e bactérias, respectivamente.

Essas concepções, de acordo com Palmero (1997), podem ser resultados do desconhecimento ou baixa compreensão do nível celular, dessa forma, é bastante comum que os alunos tenham dificuldades em compreender que os seres vivos são formados por células ou que a relação entre seres vivos e as células não existe apenas no ser humano.

Consideramos as respostas classificadas na concepção 5 como as mais elaboradas, pois nelas percebemos generalizações mais amplas (mesmo que ainda não estivessem plenamente conscientizadas), como a concepção de que os seres vivos são *compostos* por células e que essas unidades *formam* a pele humana. Mesmo assim, notamos equívocos. O aluno 17, por exemplo, considera que as células às vezes compõem o corpo de seres “não vivos”. Isso evidencia que este e outros alunos, possivelmente, ainda não compreendiam que as células são a base dos processos vitais dos organismos *vivos*, como salienta Palmero (1997).

Na segunda questão, questionamos os alunos sobre onde poderíamos encontrar células e, a partir disso, observamos as seguintes concepções representadas pelas respostas que as seguem:

- Concepção 1: As células são encontradas no corpo humano

Aluno 2: “*Em nosso corpo*”.

Aluno 4: “*Dentro do nosso corpo, em todos os seres vivos*”.

Aluno 9: “*No nosso corpo*”.

Aluno 17: *“No nosso corpo podemos encontrar”*.

Aluno 18: *“Corpo humano”*.

Aluno 19: *“No corpo humano”*.

Aluno 20: *“No nosso corpo”*.

Aluno 21: *“Dentro do corpo humano”*.

Aluno 22: *“As células podem ser encontradas na gente”*.

Aluno 24: *“Dentro do corpo dos humanos”*.

Aluno 26: *“No nosso corpo”*.

Aluno 27: *“Em várias partes de nosso corpo”*.

Aluno 28: *“No corpo humano”*.

Aluno 29: *“Em nosso corpo, porque ele é composto por células”*.

- Conceção 2: As células podem ser encontradas no sangue

Aluno 1: *“Nas veias do sangue”*.

Aluno 5: *“No corpo do ser humano onde temos um líquido vermelho chamado sangue”*.

Aluno 30: *“Amostras de sangue”*.

Aluno 33: *“Na veia ou no sangue”*.

Aluno 34: *“No corpo humano, sangue etc.”*.

Aluno 35: *“No sangue”*.

- Conceção 3: As células podem ser encontradas em outros seres, além do ser humano

Aluno 3: *“Dentro dos organismos, de nosso corpo”*.

Aluno 6: *“Nos organismos”*.

Aluno 23: *“Nos seres humanos e em animais”*.

Aluno 25: *“Nas plantas”*.

Aluno 32: *“Nas bactérias”*.

Notamos que a maioria dos alunos relatou que as células podem ser encontradas no corpo humano, como observamos nas respostas da concepção 1. No

entanto, a ideia de que a célula faz parte, mas não constitui/forma nosso corpo prevalece, como verificamos na primeira questão. Excetua-se a isso o aluno 29, quando escreveu que as células podem ser encontradas “*em nosso corpo, porque ele é composto por células*”; também destacamos a resposta do aluno 4, que afirmou que as células podem ser encontradas “*dentro do nosso corpo, em todos os seres vivos*”. Esses alunos apresentaram generalizações mais amplas relacionadas ao significado de célula.

Além disso, conforme verificamos anteriormente, alguns alunos apontaram a existência das células apenas no sangue (concepção 2). Quanto à concepção 3, achamos interessante que, em suas respostas, os alunos tenham citado a presença das células em outros seres vivos, além do ser humano. Mesmo assim, chamou-nos a atenção o uso da palavra “organismo” que, apesar de coincidir com o significado empregado pela professora/pesquisadora durante as aulas, não apresenta o mesmo grau de generalização<sup>43</sup> que o dela (VIGOTSKI, 2009); isso porque constatamos, a partir de algumas falas, que a palavra organismo, para os alunos, estava relacionada a seres microscópicos, como bactérias, protozoários e alguns fungos, e não a formas individuais de vida.

Na terceira pergunta, em que indagamos como as células foram descobertas, verificamos que a maioria dos alunos atribuiu a descoberta das células aos estudos ou experimentos de cientistas, como observamos nas respostas a seguir:

Aluno 1: “*Eu acho que as células foram descobertas pelos cientistas que observaram mais de perto o corpo humano*”.

Aluno 17: “*Os cientistas queriam descobrir a composição do corpo, então acharam*”.

Aluno 26: “*Por muitos estudos de cientistas*”.

Aluno 33: “*Fazendo exame de sangue*”.

Aluno 34: “*Através de vários estudos (cientistas)*”.

Constamos também que os alunos concederam grande importância a essas pessoas, caracterizando-as como “grandiosas”, como verifica-se na resposta do aluno 13 (“*Foram descobertas por grandes cientistas que procuravam a causa da gripe*”), e

---

<sup>43</sup> Quando falamos que o pensamento da professora apresenta graus de generalização maiores que o dos alunos, significa que determinado conceito é mais amplo para ela e mais restrito para os estudantes.

curiosas, como escreveu o aluno 5 (*“Por cientistas curiosos”*). De modo geral, quase todos os alunos apresentaram uma visão ingênua dos cientistas, que são vistos por eles como “gênios” que se baseiam em experiências/experimentações para “descobrir” alguma coisa.

Essa mitificação do trabalho científico é bastante comum, de acordo com Martins (2006). Para o autor, estudantes, professores e o público em geral concebem a ciência como um conhecimento verdadeiro, imutável, aquilo que foi provado e descoberto por grandes gênios. Essa visão, muitas vezes, é perpetuada pelo modo como a ciência é trabalhada na escola, muitas vezes desarticulada de seus contextos de produção, e também pela mídia não especializada, que reduz a ciência a nomes, datas e anedotas.

Mesmo assim, achamos bastante pertinentes algumas concepções dos alunos quanto à descoberta da célula e até mesmo quanto à formação desse conceito. Os alunos 4 e 20, por exemplo, citaram o microscópio em suas respostas, o que foi bastante interessante, já que, de acordo com Mayr (1998, 2008), o desenvolvimento da citologia tornou-se possível devido a aprimoramentos nos microscópios e nas técnicas de microscopia. Já os alunos 26 e 34, por exemplo, escreveram, respectivamente, que a descoberta das células se deu *“por muitos estudos de cientistas”* e *“através de vários estudos”*, o que são concepções verdadeiras, uma vez que a formação de um conhecimento científico não é fruto de um trabalho individual, mas sim de um longo processo que recebeu contribuições de muitas pessoas (MARTINS, 2006).

Analisando de forma geral a primeira etapa da SD, verificamos que os alunos apresentaram várias limitações para definir o conceito de célula, apesar de utilizarem muitas palavras que estão relacionadas a conhecimentos que foram sistematizados nas etapas seguintes. Quanto aos estágios de desenvolvimento dos conceitos, descritos por Vigotski, as elaborações dos alunos oscilaram entre pensamentos sincréticos e pensamentos por complexos, pois em algumas situações os alunos estabeleciam relações que em nada tinham a ver com o conceito de célula e, em outras, realizavam associações que de fato existem no sistema de generalização do qual o significado de célula faz parte.

Contudo, consideramos que essas dificuldades são naturais, uma vez que esses alunos começaram a estudar sobre as células no 7º ano do EF, dessa forma, o significado de célula ainda está no processo inicial de elaboração. Além disso, ter

estudado sobre células no ano anterior não é garantia de que os alunos estabeleçam relações conscientes imediatas com os conteúdos anteriormente apropriados por eles, já que a aprendizagem escolar está à frente do desenvolvimento das funções psicológicas superiores. Dessa forma, pode acontecer que as primeiras etapas de aprendizagem da citologia, incluindo as atividades que foram desenvolvidas na SD desta pesquisa, tenham importância secundária para a construção do conceito de célula, e que somente no ensino médio se verifique algo decisivo para o desenvolvimento desse conceito.

Diante das concepções investigadas nesta etapa, elaboramos as etapas seguintes, as quais analisamos os resultados a seguir.

## 5.2 ESTUDO SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA OBSERVAÇÃO MICROSCÓPICA

Nesta etapa, tivemos o objetivo de propiciar a compreensão de que o microscópio foi um instrumento importante para o estudo de seres microscópios e/ou pequenos. Assim, desenvolvemos duas atividades: a primeira, uma aula dialogada sobre o desenvolvimento do microscópio em alguns momentos da história; e a segunda, uma aula prática sobre funcionamento do microscópio ótico.

No início da atividade 1, a professora/pesquisadora questionou os alunos sobre o que significava ver “a olho nu”. A partir dessa pergunta, ela obteve as seguintes respostas:

Aluno 1: “*Ver sem binóculo*”.

Aluno 2: “*O que a gente consegue ver sem algum aparelho*”.

Aluno 3: “*Ver sem o ‘microscópio’*”.

Aluno 1: “*Não, é ver sem o ‘microscópio’*”.

Aluno 4: “*Ver sem telescópio*”.

Aluno 5: “*Não, é microscópio*”.

Aluno 1: “*Verdade, é microscópio*”.

Ao tentar responder ao questionamento da professora, os alunos nos mostram como compreendem as palavras, os conceitos que serão trabalhados, isso de acordo com os lugares sociais que ocupam (FONTANA; CRUZ, 1997). Percebemos, pelo

diálogo, que os alunos confundiram os termos “binóculo”, “microscópio” e “telescópio”. Certamente, eles relacionaram esses instrumentos à capacidade de melhorar a visão, no entanto, não havia percepção clara sobre o que de fato era cada um deles.

Desse modo, foi necessário que a professora/pesquisadora, como parceira social dos alunos, discutisse as diferenças entre os instrumentos citados a fim de destacar outros significados e sentidos além dos que eles já conhecem. Durante o diálogo, também observamos que o Aluno 1 reelaborou sua resposta a partir da fala do Aluno 5. Esse momento foi interessante para evidenciarmos a importância do outro na reelaboração dos significados das palavras. De acordo com Fontana e Cruz (1997), a palavra do outro ajuda na elaboração do significado de novas palavras, assim, ao se encontrar com aqueles sujeitos que já têm as palavras elaboradas, a pessoa tende a explicitá-las, confirmá-las (como neste caso) ou colocá-las em questão:

É no movimento interativo, assumindo ou recusando a palavra do outro, que a criança (e não só ela, mas qualquer um de nós) organiza e transforma seus processos de elaboração do significado das palavras, desenvolvendo-se. Nesse processo, ela apreende e começa a elaborar as operações intelectuais complexas presentes na palavra, praticando o pensamento conceitual antes de ter uma consciência clara da natureza dessas operações. (FONTANA; CRUZ, 1997, p. 103)

Para concluir o primeiro momento da aula, a professora afirmou, a partir da fala dos alunos, que ver a olho nu é enxergar sem o uso de instrumentos óticos, seja um microscópio, binóculo ou telescópio. Nesse momento, o Aluno 5 ajudou nessa conclusão, afirmando que “*os olhos da gente (dos seres humanos) não podem enxergar coisas muito ‘pequeninhas’, por isso ‘inventamos’ o microscópio e outros aparelhos*”.

A partir da fala desse aluno, a professora/pesquisadora afirmou que invenção do microscópio surgiu da necessidade de o homem entender e aprimorar a sua visão e que um processo parecido aconteceu durante o desenvolvimento de outras tecnologias (MANNHEIMER, 2002).

Depois disso, a fim de direcionar o diálogo para discussões sobre a microscopia e sua relevância, a professora/pesquisadora propôs a seguinte situação:

Professora/ pesquisadora: “*E se eu quiser observar algo muito pequeno, que eu não consiga ver a olho nu, o que eu faria? O que poderia utilizar?*”

Maioria dos alunos: “*Um microscópio!*”.



Outros alunos: *“Uma lupa”*.

Professora/pesquisadora: *“Isso, muito bem! Mas qual seria a importância de se observar coisas pequenas?”*.

Aluno 6: *“Ah, não sei!”*.

Aluno 1: *“É que pode ter vida em lugares onde a gente nem imagina”*.

Professora/Pesquisadora: *“Isso, interessante... Mas que tipo de vida?”*.

Aluno 8: *“Ah, seres pequenos”*.

Aluno 5: *“Bactérias e fungos”*.

Professora/pesquisadora: *“Legal, bactérias e alguns fungos são seres microscópicos. Mas por que é importante estudar esses organismos?”*.

Aluno 5: *“Se alguém tiver uma doença, pra tentar descobrir o que é, tem que estudar isso”*.

Depois, vários estudantes confirmaram e acrescentaram informações à fala do Aluno 5. Com isso, percebemos, assim como na etapa I, que a maioria da turma lembrava de alguns seres microscópicos, como as bactérias e fungos, organismos que são estudados no 7º ano. Entretanto, nenhum aluno relacionou, neste momento, o microscópio ao estudo das células.

No segundo momento da aula, a professora/pesquisadora apresentou imagens de microscópios construídos a partir do século XX. Posteriormente, fez questionamentos à turma.

Professora/pesquisadora: *“Pessoal, será que os microscópios sempre foram assim? Tão modernos?”*.

Maioria dos alunos: *“Não!”*.

Professora/pesquisadora: *“Mas por quê?”*.

Aluno 6: *“Porque antigamente não tinha tantas tecnologias!”*.

Aluno 1: *“Antigamente eles usavam lupas! Antigamente era tudo manual!”*.

Aluno 2: *“Acho que demorou para eles fazerem o microscópio de hoje”*.

Aluno 5: *“Foi acontecendo uma evolução do microscópio”*.

De modo geral, os alunos relataram que “a falta de tecnologias” foi empecilho para a construção de microscópios mais complexos em tempos passados, poucos alunos, como o 2 e 5, por exemplo, apresentaram a concepção de que o

desenvolvimento desse instrumento ocorreu por um lento processo de evolução que se estende até os dias atuais, como observamos em suas falas.

Diante disso, a professora explicou que o microscópio teve sua origem na antiguidade, nas primeiras tentativas de reforçar a visão com o auxílio de lentes, e que continua a evoluir até hoje de acordo com as necessidades do homem e o desenvolver da ciência (MANNHEIMER, 2002).

Nesse contexto, a professora/pesquisadora discutiu, com auxílio de imagens, sobre o uso de esferas de vidro na antiguidade para ampliar a visão, conforme descrito por Sêneca (SINGER, 1914 apud MARTINS, 2011, p. 135); e sobre a utilização e aprimoramento das lentes para corrigir problemas de visão a partir do século XIV (MARTINS, 2011; MANNHEIMER, 2002).

Durante as discussões, a turma trouxe muitos exemplos do cotidiano que se relacionaram aos conhecimentos propiciados durante a aula. Por exemplo, alguns alunos, principalmente os que usavam óculos, iniciaram discussões sobre lentes divergentes e convergentes; outros relataram que as esferas de vidro se assemelhavam a experimentos vistos na internet em que eram construídas lentes de aumento com água.

Aqui, é interessante ressaltar a importância do estabelecimento de relações entre os conhecimentos cotidianos (adquiridos fora do contexto escolar) e os científicos (obtidos a partir do ensino sistemático na escola), já que os alunos, muitas vezes, tentam significar os conhecimentos científicos a partir de conhecimentos já apropriados, como neste caso. Desse modo, é importante que o professor valorize os saberes trazidos pelos alunos durante os processos de ensino e aprendizagem, pois eles são elementos essenciais durante a sistematização de conhecimentos.

De acordo com Martins (2011), mesmo com a ampla utilização durante o século XVI, as lentes ainda não eram utilizadas para a pesquisa científica ou para o estudo dos seres vivos. A partir disso, a professora/pesquisadora indagou os alunos sobre o possível motivo.

Aluno 6: *“Porque essas lentes não eram tão poderosas!”*.

Aluno 5: *“Porque precisava de mais trabalhos para evoluir essas lentes!”*.

Aluno 1: *“Eles ainda estavam desenvolvendo essas lentes”*.

Aluno 5: *“Eles ainda não estavam interessados em investigar seres vivos, mas em ajudar a melhorar a visão ou outras coisas”*.

Professora/pesquisadora: *“E por que eles não estavam interessados em investigar os seres vivos?”*.

Aluno 1: *“Acho que eles estavam interessados em outras coisas na época”*.

Aluno 6: *“Eles ainda não sabiam que existiam seres “microscópios”*.

As respostas dos alunos se mostraram bastante pertinentes para as discussões que a professora/pesquisadora empreendeu em seguida. A partir delas, a professora explicou que durante muito tempo a utilização do microscópio não levou a observações científicas relevantes, isso porque os primeiros instrumentos tinham um pequeno poder de aumento e, além disso, o uso do microscópio era mais entretenimento do que ciência (MARTINS, 2001; MAYR, 2008).

Depois disso, a professora/pesquisadora ressaltou que a invenção do microscópio composto é atribuída a dois holandeses, Hans Janssem (1534–1592) e seu filho, Zacharias (aprox. 1580-1638), que teriam construído um protótipo, em aproximadamente 1590, com capacidade de ampliação de cerca de 9 vezes. Nesse momento, foram discutidas as diferenças entre os microscópios compostos e os microscópios simples e que alguns cientistas preferiam utilizar os microscópios simples, porque apresentavam menor custo e produziam menos distorções na visualização.

Posteriormente, foram ressaltadas as contribuições de Robert Hooke e Antony van Leeuwenhoek à microscopia e ao estudo dos seres vivos. Em toda a discussão, a professora/pesquisadora teve o cuidado de deixar claro que muitos cientistas também contribuíram para o mesmo propósito.

Após isso, a professora discutiu sobre alguns aperfeiçoamentos no microscópio composto, como a correção das aberrações acromáticas. Logo em seguida, discutiu-se sobre o aprimoramento dos microscópios óticos e o advento do microscópio eletrônico no século XX.

Ao final da aula, a professora questionou os alunos sobre os motivos que possibilitaram o desenvolvimento do microscópio. A partir disso, obtivemos várias respostas, como as que descrevemos a seguir:

Aluno 1: *“As lentes melhoraram muito”*.

Aluno 4: *“O formato das lentes também mudou”*.

Aluno 5: *“A melhoria das tecnologias ao longo do tempo”*.

Aluno 2: “*O estudo de vários cientistas*”.

Aluno 7 “*Teve uma evolução do microscópio*”

Aluno 1: “*Sempre que surgia um problema, eles tentavam melhorar, daí o microscópio foi evoluindo*”.

Aluno 8: “*A curiosidade também ajudou a invenção de coisas novas*”.

Professora/pesquisadora: “*Legal, como vocês disseram, aconteceram várias melhorias que foram feitas por várias pessoas ao longo do tempo e de acordo com as necessidades que iam surgindo... Mas, será que o microscópio vai evoluir ainda mais?*”.

Maioria da turma: “*Sim!*”.

Professora/pesquisadora: “*Por quê?*”.

Aluno 2: “*Porque sempre tem novos conhecimentos, sempre tem estudos novos que ajudam*”.

Aluno 1: “*Talvez o microscópio eletrônico diminua de tamanho, igual os computadores que antes eram bem grandes*”.

No discurso dos alunos, percebemos que a estruturação das respostas se deu a partir das falas da professora, caracterizando *imitações*. De acordo com Vigotski, no processo de imitação o aluno faz tentativas de imitar a análise intelectual do professor, mesmo que não tenha apreendido completamente; nesse sentido, é pela imitação que o aluno inicia a elaboração conceitual (SILVA, 2013).

Também verificamos que muitos alunos demonstraram compreender que o desenvolvimento do microscópio se deu por um processo extenso, que ocorreu à medida que limitações eram solucionadas, e que este equipamento foi importante para o estudo do “*mundo microscópico*”.

Mesmo não sendo o escopo desta SD discutir fatores extracientíficos, devemos lembrar o desenvolvimento da ciência não se constitui somente apenas pelo “*avanço*” das técnicas, mas também por questões sociais, políticas, filosóficas, entre outras.

A segunda atividade desta etapa ocorreu uma semana depois e foi desenvolvida no laboratório de Ciências da escola, com o objetivo de retomar alguns conhecimentos da atividade anterior e apresentar aos alunos como funcionam microscópios compostos (no caso o ótico) e simples. Ressaltamos que a maioria dos acontecimentos dessa atividade foram retratados em um diário de campo e alguns diálogos foram gravados.

Para isso, a professora/pesquisadora, em colaboração com a professora do laboratório, organizou os alunos em grupos e distribuiu um esquema (Anexo 1) que demonstra as partes de um microscópio composto, sendo que, depois disso, a professora do laboratório explicou a função de cada uma das partes. Também foram discutidas as características do microscópio simples e, para tal, foram utilizadas algumas lupas.

Após essas discussões, a professora/pesquisadora perguntou aos alunos se eles enxergavam as diferenças entre o microscópio da escola e os microscópios mais antigos. A maioria dos alunos demonstrou que as diferenças eram evidentes, e alguns destacaram que os primeiros microscópios tinham aspecto mais “robusto” e que as lentes e as peças eram “mais simples” e “*menos modernas*”. O Aluno 1 relatou que os primeiros microscópios eram “*uma bola de vidro cheia de água, que depois de um tempo ficou parecido com um cilindro*”. A fala deste aluno remete a discussões sobre os primeiros dispositivos óticos, como a ampliação de objetos a partir de esferas de vidro cheias e água, e também sobre a aparência do microscópio de Hooke. A professora/pesquisadora complementou essas ideias, retomando com a turma alguns conhecimentos.

Esse momento foi importante, porque os alunos que não acompanharam a atividade anterior apresentaram muitas dificuldades em identificar as diferenças sugeridas pela professora. Além disso, até mesmo os alunos que participaram da primeira atividade expressaram concepções que precisaram ser reelaboradas ou, pelo menos, refletidas. Por exemplo, alguns relataram que no passado os cientistas eram menos inteligentes e que por esse motivo não “inventaram” microscópios como os de hoje. Diante dessas ideias, foi necessário destacar outras maneiras de refletir sobre o tema, desse modo, a professora relatou, assim como na atividade anterior, que vivemos em um contexto com valores e crenças diferentes de outros períodos, e que todas as tecnologias que existem hoje, como os microscópios, são frutos de um longo trabalho de muitas pessoas. Alguns alunos reforçaram a fala da professora, afirmando, por exemplo, “*que a evolução do microscópio foi muito longa*” ou que “*muitos estudos foram feitos antes de ele (microscópio) ficar moderno*”.

De forma simples, tentamos distanciar a atenção dos alunos do entendimento anacrônico da história, ou seja, de uma análise do passado com ideias do presente. Mesmo assim, entendemos a construção de uma concepção desse tipo certamente se dará por um processo bastante complexo e que irá requerer muito mais tempo do

que tivemos nesta atividade. Além disso, compreendemos que o processo de elaboração de conhecimentos nem sempre é harmonioso, pois “um determinado conhecimento (pretendido, na intencionalidade do outro; ou previsto, na perspectiva de um observador) pode ou não ser construído pelo indivíduo” (GÓES,1997 apud SILVA, 2013, p. 30).

No segundo momento desta atividade, a professora/pesquisadora solicitou aos grupos de alunos que escolhessem materiais para observar nos microscópios óticos e lupas do laboratório. Os materiais escolhidos foram os mais diversos, como folhas, terra, insetos, cabelo, gota d’água, pele, unha, saliva, entre outros. Os alunos se mostraram bastante empolgados com essa atividade e, com orientação das professoras, revezaram-se para fazer as observações.

**Figura 8** – Alunos observando materiais coletados durante a segunda atividade da etapa II da SD.



**Fonte:** Próprios autores.

Ao final da aula, a professora iniciou uma discussão sobre a atividade de observação realizada.

Professora/pesquisadora: *“Percebi que vocês escolheram vários materiais para observar na lupa e no microscópio e que vocês ficaram muito empolgados com o que esses equipamentos podem fazer... Vocês conseguem relacionar o comportamento que tiveram agora com alguma coisa que estudamos na aula anterior?”*.

Aluno 12: *“Não sei...”*.

Aluno 2: *“A gente usou o microscópio”*.

Aluno 1: *“A gente usou o microscópio simples, que é a lupa, e o microscópio composto, esse aí da mesa”*.

Professora/pesquisadora: *“Isso! Vocês usaram o microscópio. E o ‘Aluno 1’ está certo, o microscópio simples, que foi a lupa, e o microscópio composto,*

*igual esse aqui (apontando para o microscópio ótico sobre a mesa). E qual é a principal diferença entre eles mesmo?”.*

Vários alunos: *“O simples tem uma lente e o composto tem mais de uma!”.*

Professora/pesquisadora: *“Isso! Mas por que vocês escolheram esses materiais para observar?”.*

Aluno 6: *“Ah, porque é legal”.*

Professora/pesquisadora: *“Hum, então vocês ficaram curiosos em ver o que a lupa e o microscópio poderiam fazer... Isso não lembra alguma coisa que a gente já viu?”.*

Nenhuma resposta.

Professora/pesquisadora: *“Vocês lembram do que a gente conversou sobre o início da utilização do microscópio? Como as pessoas utilizavam esse instrumento?”*

Aluno 1: *“Eles utilizavam aquela bola de vidro!”.*

Aluno 5: *“[...] eles usavam para se divertir, observar várias coisas!”.*

Professora/pesquisadora: *“Isso, ‘Aluno 5’, muito bem!”.*

Aluno 1: *“Aquele cara lá... O Hooke, fez isso também, né?”.*

Professora/pesquisadora: *“Isso, ele observou várias coisas, lembram? Cabelo, piolho, pulga, areia.... Vocês perceberam que vocês se comportaram como alguns cientistas no passado? Interessante, não é?”.*

Aluno 2: *“A gente também é curioso, igual eles também.”.*

A intenção da atividade de observação de materiais de livre escolha foi exatamente essa: aproximar o comportamento dos alunos a práticas que ocorreram em alguma das etapas da formação do conhecimento estudado. No diálogo, inicialmente os alunos não compreenderam o primeiro questionamento da professora/pesquisadora, mas, por meio de algumas pistas, ela direcionou a atenção dos alunos para os elementos importantes da atividade; neste caso, a semelhança entre o comportamento deles e de alguns cientistas.

Considerando que no processo educacional os conceitos “são explicitamente apresentados como um sistema de ideias interrelacionadas” (SILVA, 2013, p. 21), os conhecimentos propiciados nesta etapa serviram de subsídio para elaboração das atividades da etapa seguinte, a qual apresentamos os resultados a seguir.

### 5.3 DAS PRIMEIRAS OBSERVAÇÕES DA CÉLULA À FORMULAÇÃO DA TEORIA CELULAR

Como discutido, esta etapa teve o objetivo de propiciar aos alunos a compreensão de que a formulação da Teoria Celular se deu por um processo longo que dependeu da contribuição de vários cientistas. Para isso, foram realizadas duas atividades, a primeira, que consistiu em uma aula dialogada e a segunda, uma aula prática. Cada uma delas com duração de 2 horas.

Ressaltamos, novamente, que pela complexidade não foi possível reconstruir em detalhes todo o processo de formulação da Teoria Celular, como recomenda a literatura especializada, uma vez que, no contexto desta pesquisa, realizou-se recortes considerando o nível de escolaridade e cognitivo dos alunos, as dificuldades do conteúdo trabalhado, o tempo didático e também os objetivos pedagógicos almejados, que tiveram como escopo iniciar a elaboração do conceito de célula. Diante disso, tomamos cuidado para que esses recortes não se transformassem em distorções históricas, como enfatiza Forato (2011).

Na primeira atividade, iniciamos a sistematização da palavra célula explorando, mais uma vez, as concepções dos alunos sobre esse conceito. Ao serem questionados sobre o significado de “célula”, os estudantes apresentaram praticamente as mesmas ideias analisadas na etapa I da SD, afirmando, por exemplo, que a célula era “*um organismo*”, “*uma bactéria*”, “*um vírus*” ou “*o DNA*”. A professora/pesquisadora discutiu todas as respostas, resignificando as equivocadas em colaboração com os alunos e enfatizando as que estavam corretas, para assim elaborar um conceito primário de célula.

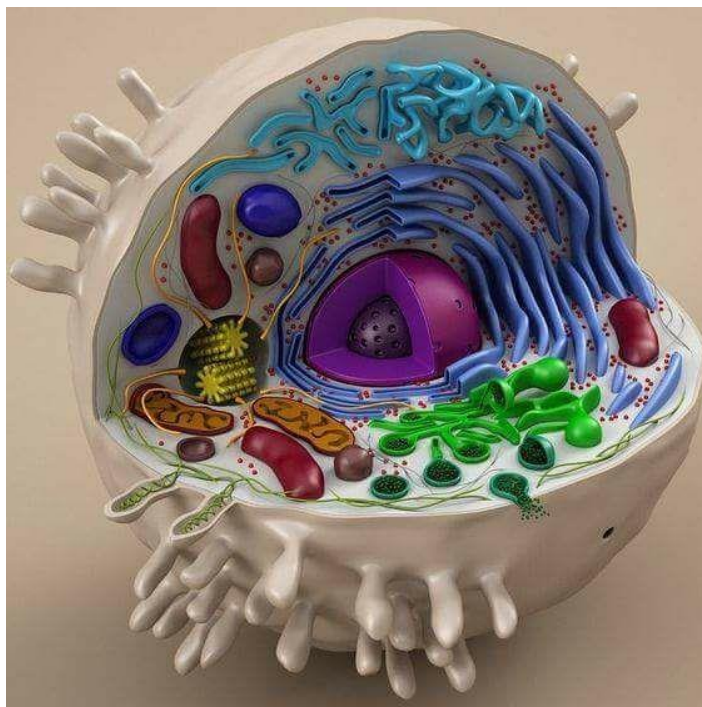
A partir dessa discussão inicial, a professora e os alunos concordaram que as células estão presentes e formam todos os seres vivos, que podem ser unicelulares ou pluricelulares, e que também são as responsáveis por todas as atividades que caracterizam a vida.

Depois disso, a professora/pesquisadora apresentou um esquema que simboliza o modelo de célula aceito atualmente (Figura 9) e questionou os alunos sobre o processo que levou à construção dessa representação. Com essa problematização, tivemos o objetivo de proporcionar aos alunos o entendimento de que esse modelo é derivado de imagens obtidas pelos microscópios eletrônicos e que também é fruto de muitas pesquisas realizadas ao longo do tempo. Além disso, a



professora discutiu, de forma sucinta, que o desenvolvimento da microscopia não foi o único responsável pela elaboração da representação de célula.

**Figura 9** – Esquema de célula eucarionte apresentado aos alunos durante a primeira atividade da Etapa III.



**Fonte:** <<https://www.turbosquid.com/3d-models/cell-animal-3d-model/867779>>. Acesso em: 9 fev. 2016.

Os diálogos transcritos a seguir se sucederam à problematização e, a partir deles, a professora/pesquisadora conduziu toda a primeira atividade.

Professora/pesquisadora: *“Percebemos que nesse esquema a célula apresenta muitas estruturas, está bem complexa... Mas como será que nós conseguimos chegar a esse modelo que estou mostrando, a esse esquema?”*

Aluno 5: *“Pelos avanços no microscópio”*.

Aluno 1: *“Através do microscópio”*.

Aluno 6: *“Pelo microscópio eletrônico”*.

Professora/pesquisadora: *“Sim, esse modelo foi feito a partir de observações no microscópio eletrônico [...] mas só através do microscópio? Só o microscópio permitiu que chegássemos a esse modelo aqui?”*

Aluno 1: *“Não”*.

Aluno 6: *“Pela imaginação”*.

Professora/pesquisadora: “Ok, mas, por exemplo, se pedíssemos para uma pessoa que viveu mais ou menos antes de Robert Hooke observar uma célula naqueles microscópios mais primitivos, será que ela conseguiria observar uma célula como a desse modelo?”.

Aluno 8: “Claro que não!”.

Professora/pesquisadora: “Mas por quê?”.

Aluno 6: “Por que uma célula igual essa daí só dá pra ver no microscópio eletrônico”.

Professora/pesquisadora: “Legal, muito bem! Mas pensem só... e se eu pedisse para algum cientista da época de Robert Hooke observar uma célula pelo microscópio eletrônico, será que ele iria imaginar o quanto as células são importantes para os seres vivos?”.

Aluno 6: “Acho que sim...”.

Professora/pesquisadora: “Será?”.

Nenhum aluno respondeu.

Com a intenção de direcionar a atenção dos alunos à compreensão de que a célula só foi interpretada como unidade fundamental dos seres vivos após muitas pesquisas, a professora/pesquisadora mostrou a imagem da cortiça de Hooke aos alunos (Figura 2), e sugeriu que eles falassem o que estavam vendo na imagem. Timidamente e com ar de dúvida, alguns alunos arriscaram a dizer que eram células, mas a maioria decidiu não opinar.

Professora/pesquisa: “Alguns disseram que são células... Mas por quê?”.

Aluno 7: “Ah, sei lá, professora, eu nunca vi isso!”.

Professora/pesquisadora: “(Risos) Hum, isso é interessante, sabe por quê? Eu perguntei se um cientista da época de Hooke conseguiria imaginar o que era uma célula observando em um microscópio eletrônico, e a resposta é não! Mas, por quê? Sabem me dizer?”.

Aluno 1: “Por que ele não tinha visto uma célula dessa”.

Aluno 5: “Ah, acho que precisou de muitos estudos”.

A professora/pesquisadora concordou com os alunos e explicou que foram necessários muitos estudos para se chegar ao modelo de célula apresentado durante a aula. Também relatou que para um cientista da época de Hooke “enxergar” a célula como uma unidade importante, tal como sabemos atualmente, seria necessário

conhecer todo o processo envolvido na elaboração dessa concepção. Nesse momento, também se salientou que os primeiros cientistas a estudarem a célula não compreendiam plenamente a sua importância e que, apesar de o microscópio ser um instrumento importante, os avanços nas técnicas de microscopia não adiantariam se o homem não interpretasse corretamente o que estava sendo observado. Essa compreensão só foi desenvolvida com o tempo e depois de inúmeras pesquisas.

Durante a aula, muitos alunos também demonstraram compreender que o microscópio foi um instrumento importante para o estudo das células, como observamos nas falas a seguir. Vale lembrar que na etapa anterior os alunos não conseguiram estabelecer essa relação.

Aluno 7: *“Sem o microscópio não dá para ver as células”*.

Aluno 10: *“O microscópio ajudou a enxergar as células”*.

Aluno 6: *“A olho nu não dá pra ver as células, tem que ter o microscópio”*.

Ainda que essas ideias não tenham o mesmo significado ou o mesmo grau de generalização que o pensamento da professora, enxergamos nessas falas o processo de elaboração dos conhecimentos trabalhados, no qual os estudantes iniciaram a construção dessas ideias à medida que foram ajustando esses saberes aos conhecimentos iniciais e cotidianos.

Em outro momento, a professora relatou que se passaram quase 200 anos desde a primeira observação da célula até a publicação da Teoria Celular e, em seguida, ela questionou a turma sobre os possíveis motivos dessa demora. Diante disso, obteve as seguintes respostas:

Aluno 6: *“Ainda não tinha interesse, eles nem sabiam o que era no começo”*.

Aluno 4: *“Foram necessários muitos estudos”*.

Elaborando sua resposta a partir dos alunos 6 e 4, o Aluno 1 relatou que *“eles (cientistas) não tinham interesse porque não sabiam o que era, então teve que ter muitos estudos e o microscópio evoluir mais para eles saberem o que era”*.

Outros alunos apresentaram noções semelhantes, ressaltando a importância dos contínuos estudos sobre a célula para que chegássemos ao modelo atual.

Evidenciamos que essas ideias tiveram como subsídios os conhecimentos propiciados nas etapas anteriores, pois percebemos que os discursos dos alunos estão impregnados pelas falas da professora.

Partindo disso, apresentou-se novamente a imagem da cortiça desenhada por Robert Hooke e, a partir dela, a professora/pesquisadora discutiu sobre a observação da célula realizada por esse cientista. Durante as explicações, alguns alunos lembraram dos demais desenhos feitos Hooke, como o piolho e a pulga. Outros, estranharam o formato das células do desenho, pois imaginavam que todas elas eram arredondadas. Esse tipo de ideia é discutida por Gama (2012). A autora acentua que as limitações na compreensão das várias formas celulares existentes são, muitas vezes, resultados da forma como os esquemas de célula são representados nos materiais didáticos e pelos professores, geralmente como uma estrutura arredondada, além disso, ela relata que ainda são costumeiras as comparações entre o formato das células e o “ovo frito”.

Salientamos que a professora, ao perceber essa limitação, discutiu brevemente com os alunos sobre outros formatos celulares com o auxílio de imagens da internet, já que no momento ela dispunha desse recurso. Consideramos essa explicação importante, pois no início da aula apresentamos uma célula com formato arredondado (Figura 9); dessa maneira, se essa discussão não fosse realizada, um número maior de alunos poderia persistir com a ideia da célula exclusivamente arredondada.

A discussão sobre a observação da célula por Hooke gerou um debate interessante entre os alunos. Percebemos que muitas ideias eram reconstruídas durante os diálogos, isso porque os alunos tendiam a elaborar suas falas a partir da fala de outros colegas, confirmando-as ou colocando-as em questão, como vemos a seguir:

*Professora/pesquisadora: “Ao observar as células da cortiça, que na verdade eram apenas paredes das células, [...], Hooke não enxergou a célula como uma unidade importante para os seres vivos”.*

*Aluno 8: “Ele não sabia o que era uma célula”.*

*Aluno 7: “Sabia sim, não sabia?”.*

*Aluno 12: “Não, porque ainda não tinham estudado a célula, professora!”.*

*Aluno 13: “A célula era uma novidade, não tinham estudado!”.*

Corroborando o que foi observado, Fontana e Cruz (2007) relatam que no processo de elaboração de novos significados, os sujeitos podem assumir a palavra do outro, imitando-a, utilizando-a com sua ajuda, ou podem recusá-la.

A atenção às atividades propostas também foi um aspecto importante, porque nem todos os alunos se interessaram em acompanhar as atividades propostas pela professora. Isso acabou refletindo na elaboração dos conhecimentos por esses estudantes, pois, ao serem questionados, eles, muitas vezes, expressavam os conceitos ainda de forma sincrética. Nesse contexto, observamos que no trabalho com sujeitos diferentes, o grau de atenção dado ao conteúdo propiciado varia bastante.

De acordo com Bondezan (2006, p. 42), fundamentada em Rubinstein (1973), a atenção “diz respeito ao prolongamento da concentração numa determinada atividade”, sendo que em sala de aula essa concentração depende das:

[...] peculiaridades da matéria, o seu grau de dificuldade, a familiaridade com ela, a compreensibilidade, a atitude do sujeito em relação à mesma, quer dizer, a força do interesse e, finalmente, as particularidades individuais da personalidade” (RUBINSTEIN, 1973 apud BONDEZAN, 2006, p. 42).

À vista disso, entendemos que, por se tratarem de pessoas diferentes, nem sempre conseguiremos alcançar e/ou promover elaborações com o mesmo grau de generalização em todos os alunos, pois a concentração nas atividades é diferente e depende de muitos fatores, tais como os interesses e necessidades do indivíduo, o relacionamento com situações vivenciadas e, até mesmo, cansaço, falta de alimentação e diminuição das horas de sono (BONDEZAN, 2006).

Mesmo assim, não devemos excluir do processo os alunos que não apresentam grande interesse pelo conteúdo trabalhado. Pois, concordando com Rubinstein (1973 apud BONDEZAN, 2006), consideramos que o professor precisa tentar dominar e cativar a atenção dos seus alunos, convidando-os a participar das atividades, fazendo perguntas, expondo e discutindo suas ideias. Dessa forma, é importante que o aluno não seja um mero observador e que entenda a importância dos saberes proporcionados para que sua atenção seja direcionada.

Na medida do possível, a professora/pesquisadora tentou orientar a atenção dos alunos para as atividades. Além disso, observamos que, mesmo depois de muita discussão, alguns alunos não conseguiram compreender e/ou estabelecer relações entre alguns conhecimentos, isso porque, como já mencionado, nem sempre o

processo de elaboração conceitual é harmonioso, previsível; o aluno pode, simplesmente, não se apropriar dos conceitos trabalhados. Além disso, devemos considerar que os níveis de desenvolvimento cognitivo dos estudantes são diferentes.

No diálogo a seguir, a professora/pesquisadora percebeu que alguns alunos não haviam entendido as reais intenções de Hooke na observação da cortiça, por este motivo, foi necessário realizar retomada dessas ideias. Apesar disso, salientamos que vários alunos apresentaram ideias corretas, o que nos permitiu constatar que nossos objetivos também estavam sendo alcançados.

*Professora/pesquisadora: “[...] como é que Hooke iria compreender a importância das células se antes de ele observar não havia estudos sobre ela, não é mesmo? Então, só retomando, Hooke tinha a intenção de observar células, pessoal?”.*

Alguns alunos responderam “sim” e outros, “não”. Em seguida, a professora questionou o porquê dessas respostas e também se a turma concordava com a afirmação negativa. Após isso, o Aluno 13 respondeu: “*não, professora, Hooke queria ver a madeira (cortiça) e não as células, ele nem sabia o que era uma célula, como ele iria ver a madeira querendo ver células?”.*

Muitos alunos concordaram com a afirmação do Aluno 13 e, a partir disso, a professora retomou algumas ideias.

*Professora/Pesquisadora: “Isso mesmo [...], Hooke não observou a cortiça com a intenção de ver células, ele queria estudar as propriedades da cortiça, mas nesse processo ele deu o nome que é conhecido até hoje, no caso ‘célula’ [...]”.*

Posteriormente, a professora relembrou a importância do livro *Micrographia* de Robert Hooke. Antes disso, ela perguntou aos alunos se eles lembravam da importância dessa obra. Abaixo, observamos algumas respostas à pergunta.

*Aluno 12: “As pessoas viram como algumas coisas ficavam no microscópio”.*

*Professora/pesquisadora: “Isso! E essas imagens despertaram bastante interesse”.*

*Aluno 5: “Daí mais pessoas queriam ver as mesmas coisa, né?”.*

*Aluno 11: “Outras pessoas queriam usar o microscópio também, teve interesse”.*

Professora/pesquisadora: *“Isso, e quais foram as consequências de um maior número de pessoas usando o microscópio?”*.

Aluno 11: *“Mais estudos!”*.

A professora/pesquisadora discutiu essas ideias, lembrando a importância de Hooke para a microscopia. De acordo com Martins (2011), os trabalhos de Hooke estimularam outros pesquisadores, como Leeuwenhoek, a fazerem estudos sobre os seres vivos utilizando o microscópio. Assim, Hooke trouxe enorme contribuição para as pesquisas nessa área, pois o seu trabalho “foi tomado como modelo pelos outros microscopistas que, logo depois, deram importantes contribuições para o estudo dos seres vivos” (MARTINS, 2011, p. 138).

Reafirmando as palavras da professora, o Aluno 5 se posicionou da seguinte maneira: *“Professora, a senhora disse que antigamente as pessoas não tinham interesse em estudar seres vivos no microscópio, era mais brincadeira, daí o livro de Hooke foi importante para incentivar o uso do microscópio para o estudo dos seres vivos”*.

Percebemos, pela fala desse aluno, que ele relacionou os conhecimentos trabalhados nas atividades anteriores com a atual, demonstrando que o processo de apropriação dos saberes está progredindo e que os conhecimentos, que antes estavam situados na zona de desenvolvimento potencial, estão se tornando parte da zona de desenvolvimento real desse aluno. As atividades propiciadas pela professora, com o explícito objetivo de aquisição de conhecimentos sistematizados, têm exatamente essa função: permitir que os alunos consigam fazer sozinhos o que antes só podiam em colaboração com o professor.

A professora/pesquisadora seguiu explicando como Schwann, em colaboração com Schleiden, chegou à elaboração da Teoria Celular, em 1839. Com os alunos, ela fez a leitura de algumas ideias da Teoria, sugerindo comentários sobre cada uma delas (Quadro 2).

**Quadro 2** – Principais ideias da Teoria Celular, elaborada por Schwann, apresentadas aos alunos durante a primeira atividade da Etapa III.

1. Todas as partes das plantas e animais são celulares ou derivam de células;
2. A célula é a unidade básica da vida, a menor parte de um ser vivo que continua vivendo;
3. As células originam-se por deposição de materiais.

**Fonte:** Adaptado de Prestes (1997) e Esteves (2010).

Alguns alunos consideraram a primeira ideia apresentada incorreta/incompleta, pois não só animais e plantas são formados por células, mas também outros organismos, como bactérias e fungos. Segundo Palmero (2000), muitos estudantes não reconhecem a presença das células em todos os seres vivos e, para muitos, a relação entre seres vivos e as células só existe nos seres humanos. Na primeira etapa da SD, os alunos apresentaram algumas limitações discutidas por Palmero, pois a maioria considerou que as células só existiam no corpo humano ou, em outro caso, só nas plantas, como o Aluno 25. Dessa maneira, ao discutirem, nesta atividade, que as células também formam outros organismos, percebemos que esses alunos evoluíram conceitualmente.

Durante a discussão sobre as principais ideias da Teoria Celular, também surgiram várias perguntas. Os alunos 1 e 6, por exemplo, questionaram se “*até a célula tem célula*”, uma dúvida que, provavelmente, era de outros estudantes, pois durante a aula trabalhou-se a ideia de que todos os seres vivos são feitos por células, mas não a constituição da própria célula. Nessa discussão, também constatamos que muitos não compreenderam que uma única célula pode ser um ser vivo, como no caso dos organismos unicelulares. A professora/pesquisadora discutiu brevemente sobre as organelas e estruturas celulares, um conteúdo que seria desenvolvido com mais detalhes posteriormente, mas, refletindo sobre isso, acreditamos que deveríamos ter abordado a constituição celular logo no início da aula, a fim de minimizar a formação de ideias equivocadas.



Também com base nas principais ideias da Teoria Celular discutidas, o Aluno 12 questionou “*o que acontece com as células quando a gente morre?*”. A professora/pesquisadora lançou essa dúvida para os demais alunos e isso gerou um debate interessante. O Aluno 5 relatou que “*as células morrem também, porque a gente é feito de célula*”, a professora/pesquisadora concordou com isso e alguns alunos perguntaram o que aconteceria se as células vivessem para sempre. Outros indagaram sobre como as doenças afetavam as células, dentro disso, os alunos 4 e 9 também quiseram saber a relação entre as células e o câncer, nisso, percebemos que a maioria dos alunos acreditava que essa doença era causada por algum organismo patógeno. Também surgiram perguntas sobre o efeito do álcool e outras drogas sobre as células.

Nesse episódio, no qual os alunos relacionaram o conteúdo sistematizado a ideias cotidianas, presenciamos a importância do conceito de célula para a compreensão de fenômenos da vida cotidiana. Conforme Fogaça (2006), a elaboração desse conceito deve ser orientada de forma contextualizada, a fim de proporcionar o entendimento do fenômeno da vida e subsidiar posicionamento crítico dos estudantes perante questões atuais. Dessa maneira, devemos explorar as relações existentes entre os conhecimentos trabalhados na escola e os da vida cotidiana de nossos alunos, para que assim eles entendam o significado daquilo que estão estudando. O episódio em questão foi pertinente, entretanto, para que ele pudesse se tornar ainda mais proveitoso, a professora deveria ter fomentado mais discussões.

A professora/pesquisa pediu aos alunos que destacassem a terceira ideia da Teoria Celular – as células originam-se por deposição de materiais – pois, a partir dela, ela iniciaria a quarta etapa da SD. Ao final da primeira atividade, a professora retomou os principais momentos que levaram à formulação da Teoria Celular e perguntou aos alunos qual foi a importância dessa teoria.

Aluno 6: “*Foi uma teoria para pesquisar as células*”.

Aluno 9: “*Antes não tinha muita noção que as células formavam os seres vivos*”.

Professora/pesquisadora: “*O Schwann chegou à conclusão de que plantas e animais são formados por células, antes essa ideia provavelmente não era muito clara [...]. A Teoria Celular é aceita até hoje, mas será que ela é aceita exatamente como Schwann a propôs?*”.

Alguns alunos: “*Sim!*”.

Professora/pesquisadora: “Será gente? Ela foi publicada em 1839, faz um bom tempo, né?”.

Aluno 6: “Mudou sim, tipo, não é só as plantas e animais que são feitos de célula”.

Aluno 12: “Porque na época desses caras, não tinham o microscópio de hoje, não tinham os estudos de hoje, acho que é por isso que mudou...”.

Logo em seguida a professora/pesquisadora terminou a aula relatando que a Teoria Celular passou por reformulações e que nas próximas aulas seriam discutidas algumas delas.

A segunda atividade desta etapa ocorreu uma semana depois e teve como principal objetivo explorar as relações entre o modelo de célula que temos hoje, refletido nas representações didáticas dos livros e da internet, e a história que levou à formação dessa representação. Para isso, os alunos realizaram comparações entre imagens obtidas ao microscópio da escola e os esquemas didáticos presentes no livro. Todos os conhecimentos trabalhados anteriormente foram retomados e utilizados para mediar novos conceitos.

De acordo com Batisteti, Araújo e Caluzi (2009), o estudo das células é mediado, basicamente, por representações, desenhos e esquemas didáticos que representam, *a priori*, as estruturas e os componentes celulares observados ao microscópio. Entretanto, segundo os autores, esses esquemas raramente coincidem com as imagens observadas ao microscópio, além disso, as representações da célula presentes nos livros didáticos são descontextualizadas historicamente, pois se prioriza as funções desempenhadas pelas estruturas em detrimento dos procedimentos científicos que propiciaram a construção desses esquemas.

Nesse sentido, discussões sobre o desenvolvimento das pesquisas científicas que contribuíram para a elaboração das representações didáticas seriam uma estratégia pertinente para minimizar as limitações identificadas (BATISTETI; ARAÚJO; CALUZI, 2009).

Essas ideias serviram para justificar o desenvolvimento dessa atividade, que foi realizada no laboratório de Ciências da escola em colaboração com a professora responsável pelo espaço. Os acontecimentos dessa aula foram registrados em um diário de campo.

Inicialmente, retomamos explicações sobre as partes do microscópio ótico e, por meio de imagens, comparamos o microscópio da escola aos microscópios de

Hooke e Leeuwenhoek. Também foram lembradas as diferenças entre microscópios simples e compostos. A maioria dos alunos recordou essas informações, que foram trabalhadas na segunda atividade da etapa II, e não apresentou dificuldades em participar das discussões promovidas pelas professoras.

Posteriormente, os alunos prepararam e observaram lâminas com epitélio da mucosa bucal e da epiderme da cebola. Depois disso, as professoras solicitaram a eles que comparassem as células vistas ao microscópio aos esquemas didáticos do livro e que discutissem as diferenças identificadas, subsidiando-se nos conhecimentos já propiciados.

Ao observar as células da cebola, os alunos relataram que elas se assemelhavam ao esquema de células de cortiça desenhado por Hooke. Nesse momento, as professoras iniciaram a sistematização dos conceitos de célula procarionte e eucarionte, onde se ressaltou as principais diferenças entre as células animais e vegetais e que ambas são exemplos de células eucarióticas. Depois dessa sistematização inicial, a professora/pesquisadora questionou a turma o porquê da semelhança entre a célula vegetal observada ao microscópio e o desenho de Hooke. Depois de um tempo de reflexão e debate de ideias, os alunos finalmente chegaram à conclusão de que tanto a cebola quanto a corticeira possuíam células vegetais. Salientamos que, possivelmente, os alunos não chegariam a essa conclusão se as professoras não realizassem a sistematização dos tipos celulares.

O mecanismo de ação dos corantes também gerou curiosidade. Nisso, a professora/pesquisadora explicou que os corantes agem como ácidos e bases e que até a metade do século XIX, aproximadamente, eles eram quase sempre isolados de fontes naturais, provenientes de vegetais ou animais (BRAMMER; TONIAZZO; POERSCH, 2015).

Durante a observação das lâminas, os alunos também relataram que as células da cebola eram “mais bonitas”, “mais fáceis de ver” que as da mucosa. Em alguns momentos, os estudantes tiveram dificuldades em visualizar as células animais nas lâminas. Aproveitamos essa situação para discutir que essa dificuldade também foi encontrada pelos cientistas que estudavam tecidos animais durante o século XVIII e que, por conta dela, muitos estudiosos não imaginaram que as unidades encontradas em tecidos vegetais e animais eram a mesma coisa, tanto que o termo “célula” era usado apenas para células vegetais e “glóbulos” para células animais (BECHTEL, 1984).

Essa aproximação da experiência dos alunos com a de alguns cientistas foi interessante para demonstrar que o erro e/ou interpretações equivocadas também fazem parte do desenvolvimento da ciência. Além disso, como salienta Martins (2006), as dificuldades dos alunos, muitas vezes, são semelhantes às de muitos cientistas durante o processo de desenvolvimento de um conhecimento científico, como observamos durante a aula.

Posteriormente, questionou-se à turma sobre as principais diferenças encontradas entre uma célula e outra. Os estudantes se referiram, principalmente, ao tamanho e a aparência retangular da célula vegetal. Nisso, relatamos que a dificuldade em estabelecer uma relação entre os animais e as plantas durante o século XVIII residiu no fato de as células vegetais serem mais visíveis ao microscópio por conta de suas paredes celulares, que dão o formato retangular a essas células, estrutura que as células animais não possuem.

Quando propusemos a comparação entre as células vistas ao microscópio e os esquemas do livro didático, os estudantes logo declararam que as representações do livro estavam mais bonitas ou que elas tinham mais organelas. Diante disso, perguntamos aos alunos como todas aquelas estruturas foram descobertas e por que Hooke, por exemplo, não identificou todas elas em seu microscópio.

As respostas foram as mais variadas. Alguns alunos, por exemplo, relataram que Hooke não sabia exatamente o que era uma célula e que seu interesse estava no estudo das propriedades da cortiça; outros falaram que o microscópio dele não era “potente” o suficiente; alguns declararam que somente um microscópio mais potente que o da escola poderia “enxergar” as estruturas presentes no livro e que foram necessários mais estudos sobre as células. No geral, a maioria dos alunos utilizou os conhecimentos propiciados nas aulas anteriores para responder aos questionamentos.

A partir das ideias apresentadas pelos alunos, a professora/pesquisadora discutiu que a representação de célula presente no livro é fruto de diversas pesquisas desenvolvidas ao longo do tempo e que o modelo de célula que temos hoje já é bastante diferente do que foi visto por Theodor Schwann e Matthias Schleiden, por exemplo. Ressaltou-se ainda, com base em Batisteti, Araújo e Caluzi (2009), que o esquema didático presente no livro está de acordo com a imagem obtida pelos microscópios eletrônicos, desenvolvidos a partir do século XX.

No geral, percebemos que a maioria dos alunos utilizou as falas e os conhecimentos propiciados pela professora/pesquisadora para responder aos questionamentos. Fundamentados na perspectiva vigotskiana, entendemos que esse “imitar” não se trata de uma mera cópia do discurso do professor, como salienta Vigotski (2009), pois a imitação é a principal forma em que se realiza a influência da aprendizagem sobre o desenvolvimento, dessa forma, o sujeito só consegue imitar aquilo que se encontra na zona de suas potencialidades cognitivas. No processo de imitação o aluno faz tentativas de imitar a análise intelectual do professor, mesmo que não tenha apreendido completamente. Assim, a elaboração individual daquilo que é observado nos outros desempenha um papel importante na aprendizagem, sendo que é pela imitação que o aluno inicia a elaboração conceitual (SILVA, 2013).

Em análise geral a esta etapa, consideramos que muitos alunos, principalmente os que estiveram presentes em todas as atividades desenvolvidas até aqui, compreenderam que o processo de elaboração da Teoria Celular se deu por um longo processo que dependeu da contribuição de muitas pessoas. As dúvidas e as ideias apresentadas pelos alunos nos deram indícios e pistas do curso de desenvolvimento dos conhecimentos trabalhados na SD e também subsídios para reflexão sobre a mediação da professora no processo de ensino e aprendizagem empreendido. Constatamos que, muitas vezes, as ideias dos alunos divergiam das que eram almejadas e isso só era notado quando o aluno tinha a oportunidade de se expressar, de resolver um problema por conta própria. Por esse motivo, priorizamos a participação dos alunos em todas as aulas.

#### 5.4 REFORMULAÇÕES E CONTRIBUIÇÕES DA TEORIA CELULAR

Esta etapa ocorreu três semanas depois da anterior por conta de paralisações aderidas pela escola. Nela, tivemos o objetivo de promover discussões sobre a importância das reformulações da Teoria Celular. Além disso, buscamos continuar a sistematização dos conceitos de célula procarionte e eucarionte iniciada na segunda atividade da etapa III.

A professora/pesquisadora iniciou a aula retomando a importância da Teoria Celular. Alguns alunos, como observamos no diálogo a seguir, trouxeram para essa discussão alguns conhecimentos desenvolvidos na última aula prática.

Professora/pesquisadora: “[...] antes da Teoria Celular, como era o estudo das células?”.

Aluno 19: “Eles confundiam animais e plantas, né?”.

Professora/pesquisadora: “Mas por quê?”.

Aluno 1: “Por causa do formato!”.

Aluno 6: “A célula vegetal é ‘mais grande!’”.

Professora/pesquisadora: “[...] não havia um consenso, os cientistas, muitas vezes, não reconheciam que as células formavam animais e plantas. Então, qual foi a importância da Teoria Celular para isso?”.

Aluno 1: “[...] depois as pessoas entenderam que a célula tem em animal e planta!”.

Logo depois, a professora sugeriu aos alunos que realizassem a leitura das ideias da Teoria de Celular de Schwann e Schleiden discutidas na aula anterior. Após leitura e discussão, a professora afirmou que a Teoria Celular passou por reformulações/mudanças, isso porque algumas ideias de Schwann e Schleiden, como o processo de formação de novas células, não foram aceitas por toda a comunidade científica. A professora/pesquisadora perguntou o porquê disso, mas nenhum aluno se arriscou a responder.

Com a intenção de orientar os alunos à ideia de que a Teoria Celular sofreu reformulações por conta da crítica de outros cientistas que também estudavam as células, a professora/pesquisadora relatou que nem sempre a formação de conhecimentos científicos se dá de forma harmônica, que ideias não aceitas atualmente eram admitidas no passado e que os cientistas, muitas vezes, discordam entre si por possuírem visões diferentes sobre o mesmo objeto de estudo.

Depois dessas explicações, a professora, mais uma vez, questionou o porquê de a Teoria Celular não ser aceita por toda a comunidade científica. Os alunos que se manifestaram ao questionamento relataram que isso deu por conta da quantidade de cientistas estudando sobre o mesmo assunto, como se observa na fala do Aluno 5.

Aluno 5: “Eu acho que como tinha muita gente estudando pode ser que eles encontram alguma coisa diferente, algo do tipo...”.

Para exemplificar a situação discutida, a professora sugeriu aos alunos que relesem a terceira ideia da Teoria Celular (As células originam-se por deposição de

materiais). Depois, ela explicou como Schwann e Schleiden entendiam o processo de formação de novas células.

A partir disso, a professora perguntou aos alunos se eles concordavam com essa percepção.

Professora/pesquisadora: *“Pessoal, será que as células são formadas da maneira como Schwann e Schleiden acreditavam?”*.

Aluno 1: *“Acho que não.”*.

Professora/pesquisadora: *“Realmente não está correta. Mas como será que as células se multiplicam? Lembra quando falei que nosso corpo é feito por trilhões de células, mas que muitas dessas células precisam ser renovadas? Então, como surgem as novas células? O ‘aluno 1’ falou pra gente que a ideia de Schwann e Schleiden está errada”*.

Aluno 6: *“A senhora disse que as células vêm de outras células”*.

Professora/Pesquisadora: *“Sim, isso mesmo. Mas como isso acontece?”*.

Aluno 6: *“Elas se procriam uma com a outra?”*.

Professora/pesquisadora: *“Mas será?”*.

Aluno 19: *“Elas se partem, então?”*.

Aluno 1: *“Elas, tipo, se dividem?”*.

Professora/pesquisadora: *“Olha só, o ‘Aluno 1’ e o ‘Aluno 19’ falaram algo interessante! Realmente, as células se dividem, se multiplicam por divisão! E foi justamente essa ideia que foi utilizada para criticar a teoria de Schwann e Schleiden.”*.

De acordo com Martins (2006), os conhecimentos científicos não saem prontos da cabeça de “grandes gênios”. Para o autor,

Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental. Apenas gradualmente as idéias vão sendo aperfeiçoadas, através de debates e críticas, que muitas vezes transformam totalmente os conceitos iniciais. (MARTINS, 2006, p. XXII).

Por esse motivo, buscamos proporcionar aos alunos a ideia de que a Teoria Celular proposta na época de Schwann e Schleiden é bastante diferente da que concebemos hoje e que, muitas vezes, as teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro, conforme afirma Martins (2006).

Sobre isso, o mesmo autor ressalta que:

O processo científico é extremamente complexo, não é lógico e não segue nenhuma fórmula infalível. Há uma arte da pesquisa, que pode ser aprendida, mas não uma sequência de etapas que deve ser seguida sempre, como uma receita de bolo. O estudo histórico de como um cientista realmente desenvolveu sua pesquisa ensina mais sobre o real processo científico do que qualquer manual de metodologia científica. (MARTINS, 2006, p. XXIII).

Os alunos ficaram interessados em saber como o processo de divisão celular ocorria. Percebemos que nenhum deles havia estudado esse assunto anteriormente.

Aluno 12: *“Mas como eles descobriram que a célula se divide, professora?”*.

Como esse era o questionamento de vários alunos, a professora explicou, de forma geral, o processo de divisão celular, distinguindo-o do processo de deposição de materiais, proposto por Schleiden. Nesse primeiro momento, procuramos não explicar com riqueza de detalhes a divisão celular, pois – considerando que a sistematização de conceitos implica formação de generalizações que são intermediadas por outros conceitos menos generalizantes – julgamos que ainda seria necessário o desenvolvimento de outros conceitos relacionados à genética, por exemplo, para promover a compreensão do processo de divisão celular.

Nesse momento da aula, salientou-se a importância de Rudolf Virchow na reformulação da ideia de formação de novas células. Vale ressaltar que outros cientistas, como Robert Remak, também desaprovaram algumas concepções de Schwann e Schleiden. Depois, a professora comentou sobre o reconhecimento de algumas organelas celulares, como o núcleo (Robert Brown em 1831), a mitocôndria (Carl Benda em 1898) e o complexo de Golgi (Camillo Golgi em 1898) e, a partir daí, iniciou discussões sobre as células procariontes, comparando-as com as eucariontes.

Professora/pesquisadora: *“Vocês perceberam que estamos falando bastante de células animais e vegetais, não é? Vocês lembram dos tipos de célula que a professora Katia falou no laboratório?”*.

Aluno 5: *“É.... eucarionte e procarionte?”*.

Professora/pesquisadora: *“Isso. E qual é a diferença básica entre esses dois tipos?”*.

Os alunos não responderam. Por conta disso, a professora/pesquisadora apresentou uma imagem dos tipos celulares no Datashow.



Professora/pesquisadora: *“Olhem bem para as figuras. Conseguem enxergar algumas diferenças?”*.

Aluno 1: *“A procarionte não tem núcleo e a eucarionte tem.”*.

Professora/pesquisadora: *“Isso, a célula procarionte não tem a membrana nuclear, não tem núcleo organizado. Mas tem mais alguma diferença?”*.

Aluno 6: *“A eucarionte é maior”*.

Aluno 9: *“Tem mais organelas”*.

De acordo com Junqueira, existem dois tipos de células: as procariontes, “cujos cromossomos não são separados do citoplasma por membrana”, e as eucariontes, que possuem “núcleo bem individualizado e delimitado pelo envoltório nuclear” (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2012, p. 3). Segundo o autor, embora a complexidade nuclear seja a distinção mais comum entre esses dois tipos celulares, existem outras diferenças, entre elas a escassez de membranas nas células procarióticas, a grande compartimentalização e a maior quantidade de organelas na célula eucariótica. Diante disso, observamos que os alunos relataram corretamente algumas diferenças entre os tipos celulares após visualizarem as imagens apresentadas pela professora, mesmo que fosse com uma linguagem mais simples. Nessa situação, evidenciamos também a importância das imagens como instrumentos de mediação na prática da professora, pois a partir delas os alunos conseguiram resgatar alguns conceitos.

Além disso, observamos que no primeiro momento os alunos não conseguiram responder quais eram as diferenças básicas entre células eucariontes e procariontes, mesmo a professora tendo sistematizado esses conceitos na aula anterior. Fundamentados em Vigotski, consideramos essa situação natural no processo de ensino aprendizagem, já que acompanhar a sequência de conteúdos propostos não garante ao aluno a capacidade de estabelecer relações conscientes imediatas com os conteúdos anteriormente apropriados por ele, uma vez que o curso do desenvolvimento não coincide inteiramente com o curso da aprendizagem.

Também observamos que os alunos empregaram palavras que acabaram de ser mencionadas pela professora, ou seja, que ainda não foram plenamente conscientizadas, como núcleo e organelas. Mesmo que a professora tivesse trabalhado esses conceitos durante muitas aulas, dificilmente essas palavras teriam o mesmo grau de generalização que para a professora ao final da SD, uma vez que o

significado das palavras não se desenvolve de forma espontânea; o significado das palavras evolui à medida que novos conceitos são incorporados ao sistema e isso demanda tempo.

Nisso, considerando que o bom ensino é aquele que se adianta ao desenvolvimento (VIGOTSKII, 2010), entendemos que a imitação do discurso da professora é que propicia aos alunos a realização de ações que não fariam sozinhos, pois, mesmo que a professora não esteja presente fisicamente, sua colaboração, como a agente mais capaz no processo de ensino e aprendizagem, está ali. Além disso, as diferenças de elaboração mental existentes entre a professora e os alunos permitem o desenvolvimento dos conceitos nos estudantes (FONTANA, 1996).

Dando continuidade à discussão, a professora/pesquisadora questionou quais eram os organismos que possuíam a célula procariótica. Prontamente, os alunos responderam que eram as bactérias. Em seguida, a professora discutiu sobre o pioneirismo de Leeuwenhoek na observação das bactérias presentes no tártaro dentário em 1683<sup>44</sup>.

A professora finalizou a aula explicando que a contínua reformulação das ideias da Teoria Celular, juntamente com os melhoramentos das técnicas e a influência de muitos aspectos da sociedade, contribuiu para a elaboração dos conhecimentos sobre a célula que possuímos hoje e que esse processo de construção de conhecimentos é contínuo, já que não estamos desvinculados dele.

Seria interessante que a professora fomentasse discussões sobre os diferentes estudos relacionados à genética que derivaram da aceitação da ideia de que as células se multiplicam por divisão celular, já que no período em que essa concepção foi proposta detalhes do processo da divisão celular não eram completamente compreendidos. No entanto, devido à limitação do tempo disponível para o desenvolvimento da SD, decidimos empreender essas discussões no decorrer do ano letivo, em especial no quarto bimestre em que, de acordo com o currículo da REME, devem ser desenvolvidos conceitos sobre genética.

---

<sup>44</sup> Leeuwenhoek reportou o descobrimento das bactérias em uma carta enviada à Royal Society em outubro de 1676. Entretanto, nesse relatório não havia fundamentos significativos sobre essa descoberta, como ilustrações das bactérias observadas. Isso só foi feito em outra carta, também enviada à Royal Society, em setembro de 1683 (BARDELL, 1982).

Em geral, consideramos que as discussões empreendidas nesta etapa promoveram reflexões sobre a importância das reformulações da Teoria Celular para o desenvolvimento do conceito de célula.

Logo adiante, apresentamos a discussão dos resultados da última etapa da SD.

## 5.5 RETOMADA DOS CONHECIMENTOS

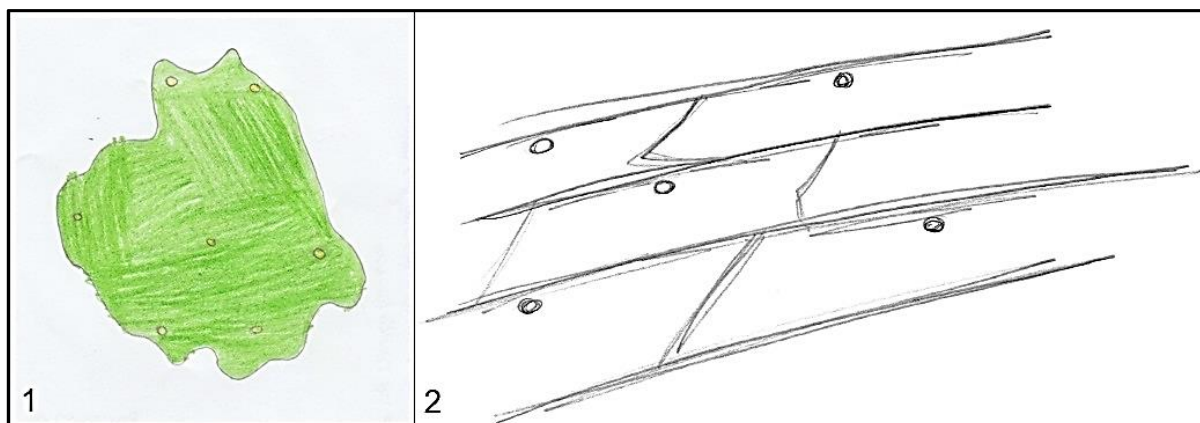
A última etapa da SD ocorreu duas semanas depois da anterior e teve o objetivo de retomar e analisar a maneira como os conhecimentos trabalhados foram apropriados pelos alunos. Também buscamos verificar a evolução dos conceitos iniciais apresentados pelos estudantes na primeira etapa.

Para tal, foram realizadas duas atividades. Na primeira, a professora solicitou aos alunos que desenhasssem novamente uma célula. Nesta atividade obtivemos 33 desenhos, dos quais apresentamos 10, comparando-os com os realizados na etapa inicial. Os desenhos marcados com o número 1 foram realizados na primeira etapa e os marcados com o número 2 são os elaborados nesta etapa.

Nas figuras 10 e 11, observamos que os desenhos feitos na primeira etapa se relacionam de maneira confusa a conhecimentos trabalhados no ano anterior; já nos desenhos elaborados na última etapa, notamos evoluções em relação às primeiras representações. O aluno 19 representou células vegetais observadas ao microscópio ótico (Figura 10.2). No desenho, verificamos um conjunto de células caracterizadas com a presença de núcleos; nenhuma estrutura está nomeada. O aluno 21 escolheu representar um esquema de célula vegetal (Figura 11.2). Nesse desenho, notamos que ele atribuiu nomes a algumas partes desenhadas, como o núcleo, a membrana celular e o citoplasma. Também verificamos que o estudante tentou representar algumas organelas celulares, tais como o vacúolo, o retículo endoplasmático e o complexo de Golgi. No entanto, é provável que esse aluno ainda não tenha consciência das funções e da importância das organelas celulares, já que esse assunto foi trabalhado de forma superficial na SD. Além disso, mesmo a representação se tratando de uma célula vegetal, o aluno não esquematizou a parede celular, uma das principais características das células vegetais. Apesar dessas limitações, as quais consideramos normais diante de uma aprendizagem que está em fase introdutória, percebemos que as concepções iniciais de célula, representadas pelos desenhos da etapa I, evoluíram consideravelmente. O processo de imitar os

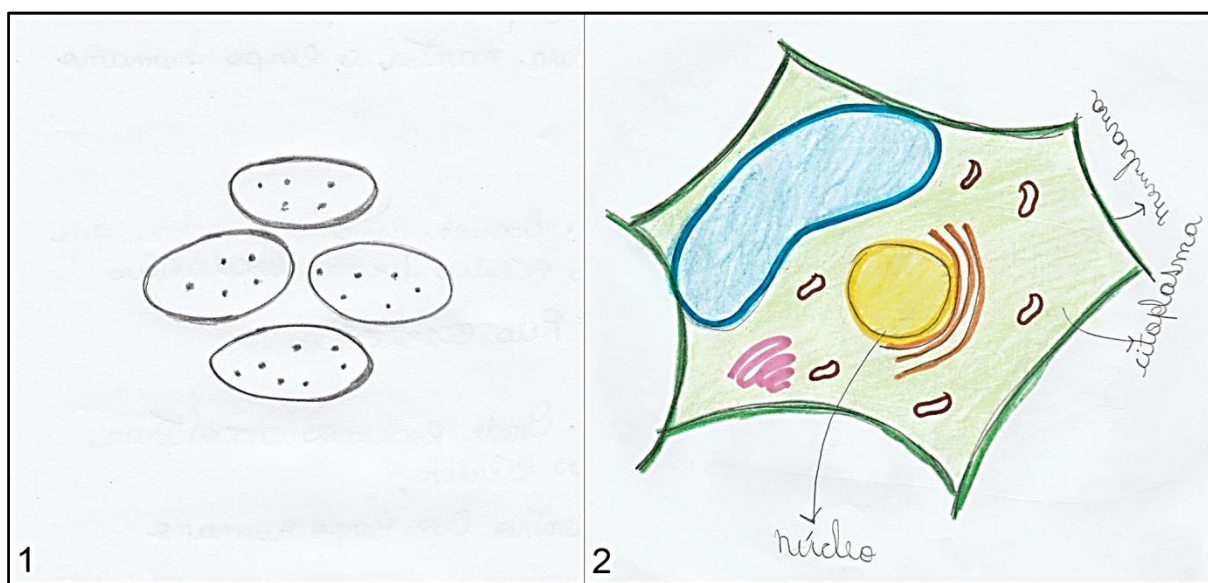
esquemas e as imagens visualizadas durante as aulas certamente permitiu a reestruturação de algumas concepções.

**Figura 10** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

**Figura 11** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da sequência didática, respectivamente.

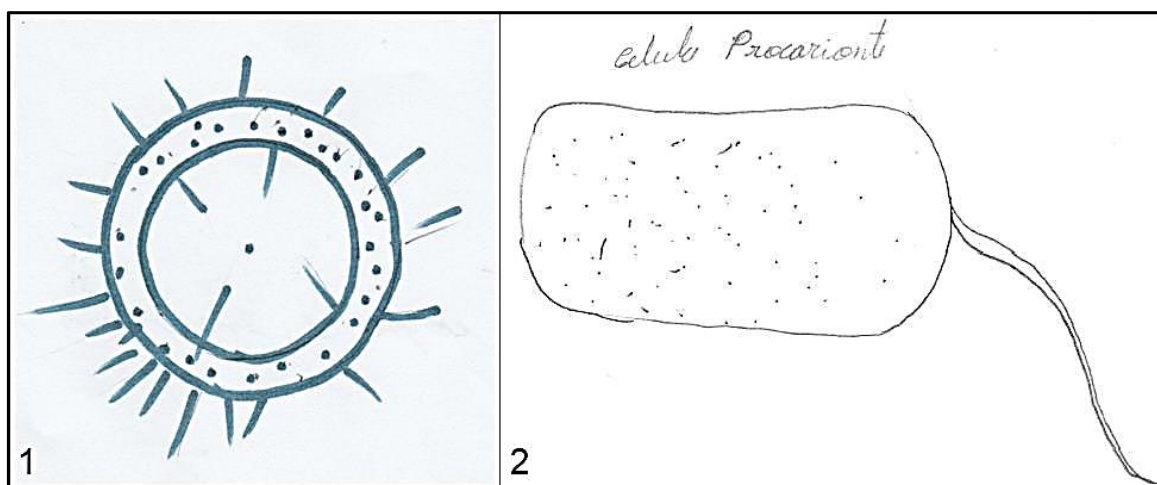


Fonte: Próprios autores.

Nas figuras 12 e 13, observamos que as representações realizadas na primeira etapa não aparentam células. Já nos desenhos elaborados nesta etapa, os alunos escolheram representar células bacterianas (procariontes). O aluno 6 conseguiu desenhar as principais estruturas das células procariontes estudadas durante as

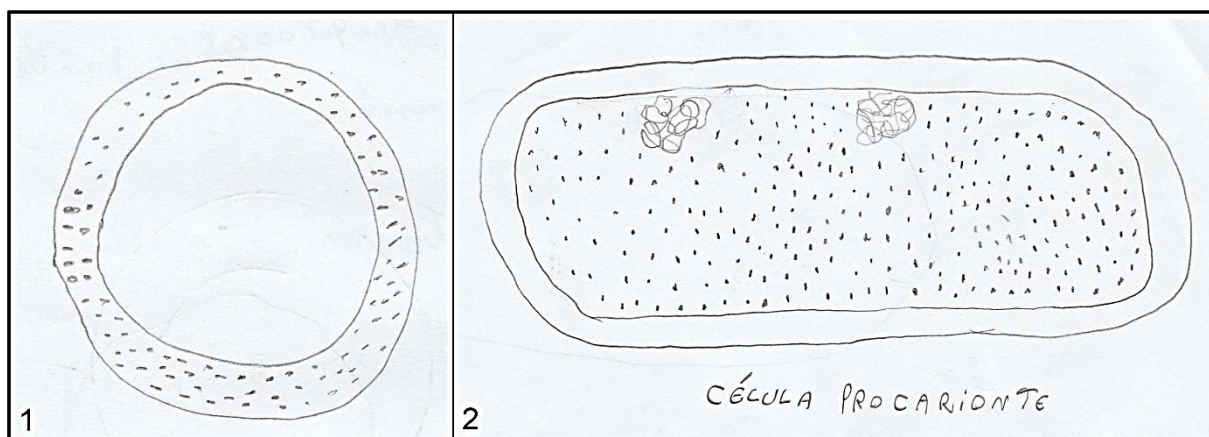
atividades, como o material genético disperso no citoplasma, a parede celular e os numerosos ribossomos (Figura 13.2). Já o aluno 5 não representou o material genético, nem a parede celular, apesar de seu desenho lembrar uma célula procariótica (Figura 12.2). No geral, muitos estudantes representaram a célula procarionte, ora retratando todas as estruturas estudadas, como o aluno 6, ora faltando algumas delas, como no caso do aluno 5, sendo que cada desenho apresentou suas particularidades. Diante disso, entendemos que cada aluno se apropriou dos conhecimentos de maneira diferente. Assim sendo, não poderíamos esperar que todos os alunos apresentassem a mesma dinâmica de desenvolvimento, mesmo com idades mentais semelhantes, já que trabalhamos com sujeitos diferentes e que, conseqüentemente, aprendem de forma diferente. Nesse caso, caberá à professora retomar algumas concepções quanto ao assunto, a fim de possibilitar que todos os alunos continuem a evoluir conceitualmente, cada um a seu modo.

**Figura 12** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



**Fonte:** Próprios autores.

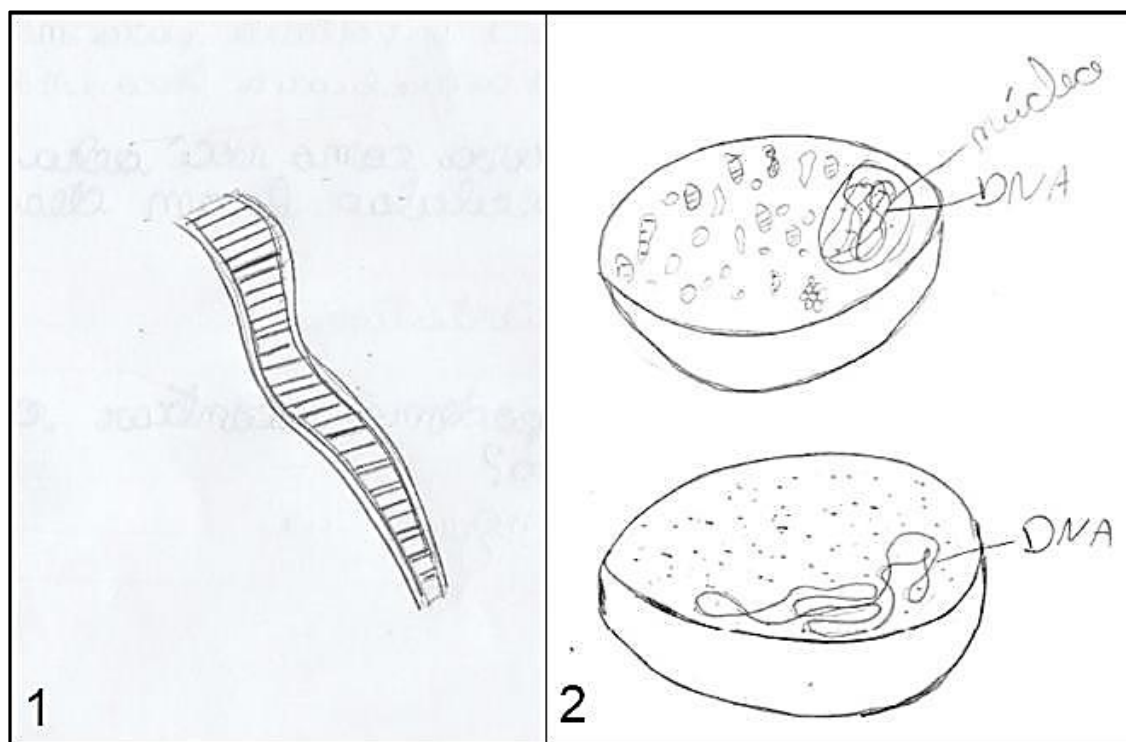
**Figura 13** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

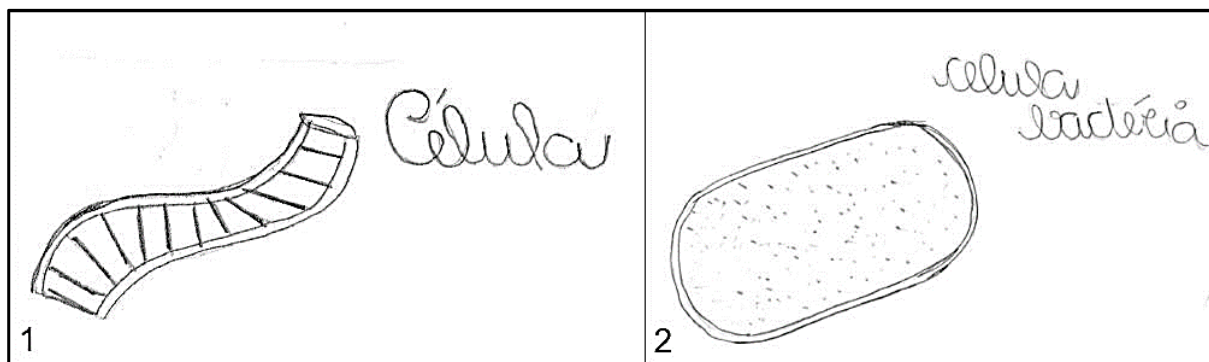
Na primeira etapa, vários estudantes associaram a palavra célula à molécula de DNA, como os alunos representados pelas figuras 14, 15 e 16. Consideramos que esses desenhos tiveram origem em ideias veiculadas pela mídia, que constantemente apresenta esquemas do DNA em reportagens que versam sobre a genética e assuntos relacionados. De todos os alunos que desenharam a molécula de DNA, apenas o aluno 35 a representou novamente (Figura 14.2). No desenho, o estudante tenta diferenciar células procariontes de eucariontes através da localização do material genético, apontando que em uma das células ele está localizado no núcleo e em outra, disperso no citoplasma. Mesmo com algumas limitações, como a escala de tamanho e a “confusão” em desenhar as organelas citoplasmáticas, percebemos que o aluno compreendeu a principal diferença entre os dois tipos celulares. Já o aluno 34 escolheu desenhar uma célula procarionte (Figura 15.2) e, assim como o aluno 5, não desenhou o material genético; mesmo assim, visualizamos no desenho ribossomos e a parede celular. O aluno 1 desenhou uma célula eucarionte, apontando a localização do núcleo, citoplasma e membrana celular. As organelas estão dispostas de forma confusa, indicando que ele ainda não compreende as funções e a importância dessas estruturas citoplasmáticas (Figura 16.2).

**Figura 14** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



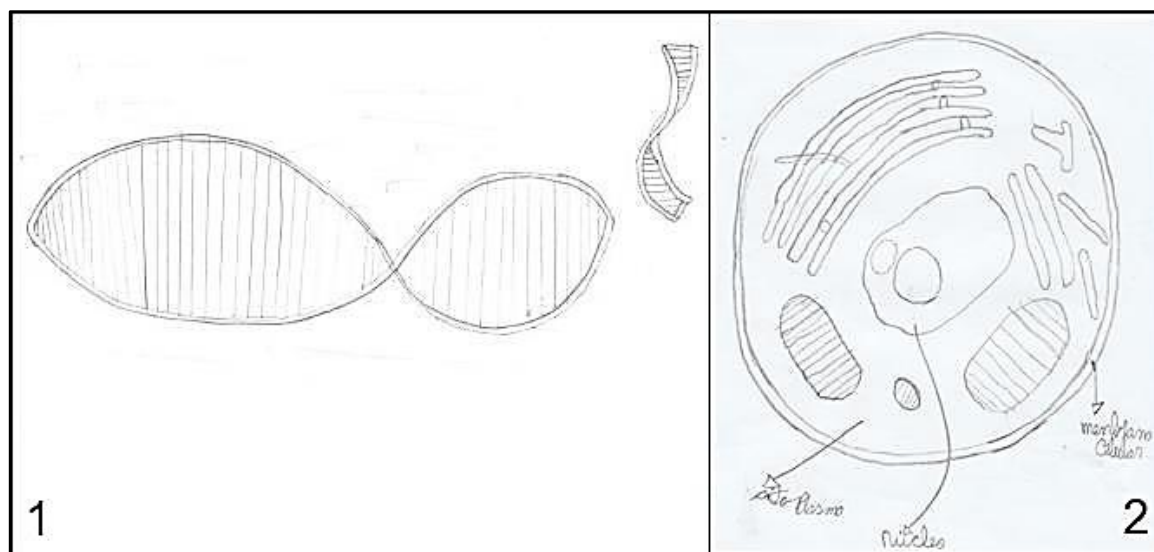
Fonte: Próprios autores.

**Figura 15** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

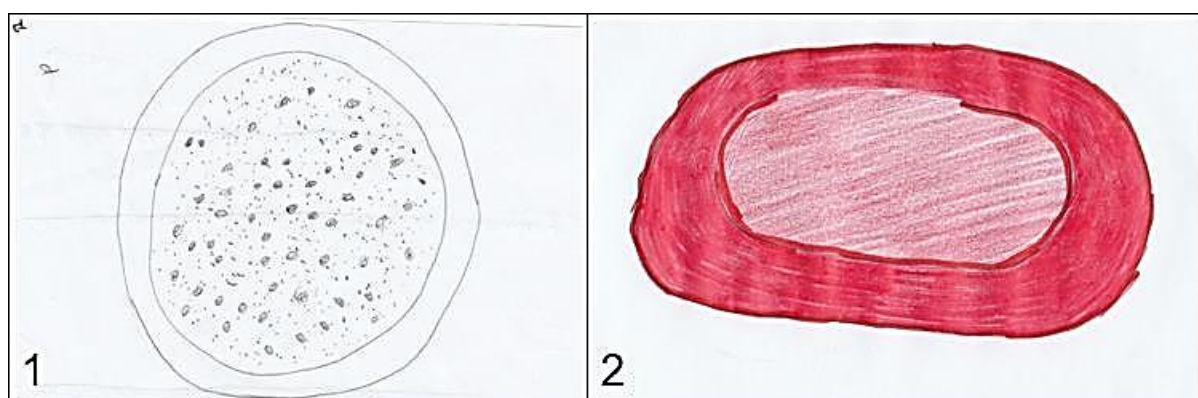
**Figura 16** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da sequência didática, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

O aluno 22 elaborou um desenho que lembra uma hemácia ou eritrócito. Consideramos que ele se baseou em algumas imagens apresentadas pela professora/pesquisadora na etapa III, quando houve discussões sobre os diferentes formatos celulares.

**Figura 17** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.

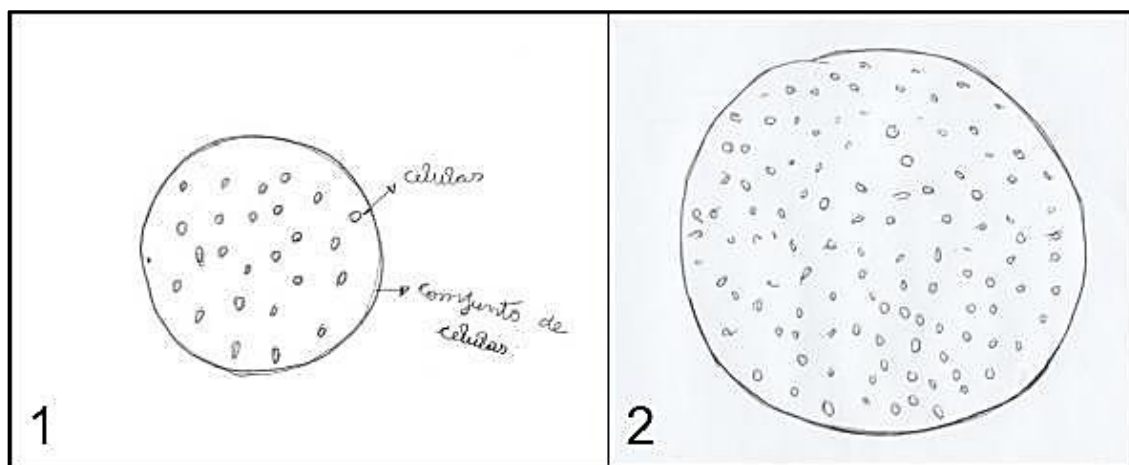


Fonte: Próprios autores.

Apesar de a maioria da turma apresentar evoluções nas representações da célula, alguns estudantes não modificaram suas concepções, como observamos nas figuras 18 e 19.

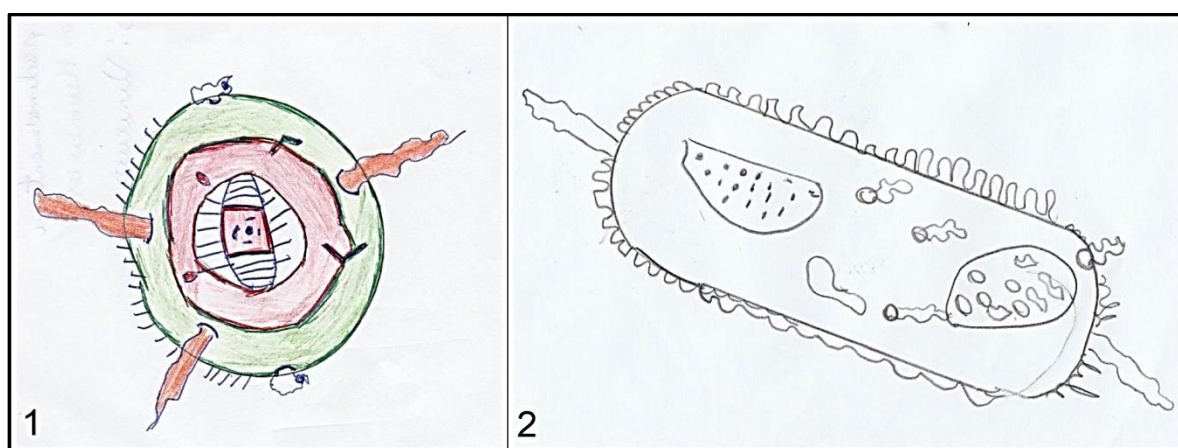


**Figura 18** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

**Figura 19** – Representações de célula realizadas por alunos de 8º ano do Ensino Fundamental durante a primeira e última etapa da SD, respectivamente.



Fonte: Próprios autores.

Salientamos anteriormente que muitas vezes o processo de ensino e aprendizagem não se dá de forma harmoniosa e, mesmo com a colaboração e orientação do professor, o aluno pode não se apropriar dos conhecimentos desenvolvidos, pois a aprendizagem está relacionada a inúmeros fatores, como a atenção, as peculiaridades e dificuldades do conteúdo estudado, o interesse do sujeito, entre outros (RUBINSTEIN, 1973 apud BONDEZAN, 2006). Além disso, devemos lembrar que a frequência dos alunos nas aulas também foi um fator preocupante, alguns estudantes, como os representados pelas figuras 18 e 19, não acompanharam todas as atividades da SD e, por conta disso, provavelmente,

apresentaram menor desempenho em relação aos que acompanharam todas as atividades. Lembramos que na escola o professor tem a oportunidade de interferir na zona de desenvolvimento proximal de seus alunos, promovendo avanços que não ocorreriam de forma espontânea. Se o sujeito não vivencia essas situações, a maturação dos conhecimentos que se encontram na ZDP pode ficar comprometida, por esse motivo a frequência dos alunos nas aulas é de suma importância.

Ademais, destacamos que também seria normal um aluno que acompanhou todas as atividades continuar a pensar com sincretismo, pois, mesmo dominando as formas superiores de pensamento, as mais elementares não são abandonadas e, inclusive, há predomínio delas em determinadas áreas do pensamento, como discute Fontana (2006). Além disso, entendemos que o curso do desenvolvimento não coincide inteiramente com o curso da aprendizagem, como explica Vigotski, sendo assim, pode ser que somente em momentos posteriores os conhecimentos apreendidos agora façam diferença significativa.

Em análise geral a esta atividade, verificamos que as tarefas desenvolvidas durante a SD promoveram evoluções nas representações mentais de célula apresentadas pelos alunos na etapa inicial. Entretanto, por se tratar de um processo que apenas inicia a elaboração do conceito de célula, entendemos que algumas concepções ainda precisam ser reformuladas para que a generalização do sistema desse conceito continue a se ampliar.

Apesar de muitas representações se assemelharem aos tipos celulares estudados, identificamos alguns obstáculos que precisarão ser minimizados, entre eles: concepção de que a célula se limita ao formato arredondado (a maioria os desenhos apresenta a célula redonda); clareza quanto ao tamanho das células (alguns alunos não conseguiram compreender a escala de tamanho entre células procariontes e eucariontes e/ou o tamanho das células em relação aos seus níveis de organização); dificuldades no entendimento das estruturas celulares e suas funções (isso porque o tema não foi desenvolvido detalhadamente).

Consideramos essas limitações compreensíveis diante de um conceito com grande nível de abstração e complexidade como é o de célula. Segundo estudo de Legey e colaboradores (2012), estudantes do Ensino Médio e do Ensino Superior ainda apresentam conhecimentos defasados ou equivocados sobre célula e temas afins. Dessa maneira, a identificação dessas limitações ainda no EF é de suma

importância para subsidiar a elaboração de estratégias que impeçam que tais dificuldades sejam levadas adiante.

Após representarem a célula novamente, os alunos realizaram a segunda atividade desta etapa, que consistiu no desenvolvimento de um jogo de perguntas e respostas. Para isso, dividimos a turma em grupos, determinamos a ordem de participação de cada um deles nas rodadas e depositamos 15 perguntas digitadas em tiras de papel em uma caixa. Posteriormente, orientamos os grupos, a cada rodada, que escolhessem uma pergunta da caixa e que a entregassem para a professora realizar a sua leitura. Após isso, o grupo tinha até um minuto para discussões e elaboração de respostas, sendo que durante todo o jogo cada grupo tinha o direito de consultar os demais duas vezes, ou seja, os grupos poderiam solicitar ajuda de outros para responder até duas perguntas. Esse momento foi importante, pois os conhecimentos elaborados pelos diferentes grupos puderam ser compartilhados.

Como ressaltado, não buscamos verificar qual grupo respondeu ao maior número de questões corretamente, mas sim propiciar interações entre os alunos de forma a possibilitar o diálogo e possíveis reelaborações de conhecimentos. Nesse aspecto, é importante destacar que a interação aluno/aluno é tão importante quanto a professor/aluno, pois, assim como o professor, outros alunos da turma podem funcionar como mediadores de significados importantes para o desempenho no jogo. Além disso, considerando que os sujeitos são heterogêneos quanto aos conhecimentos assimilados, um aluno mais “avançado” nos estágios de desenvolvimento conceitual pode atuar como o agente mais capaz no intercâmbio de significados que caracteriza a interação social (MOREIRA, 1999; OLIVEIRA, 1997).

Durante a realização desta atividade, constatamos, de modo geral, que os alunos não apresentaram tantas dificuldades ao propor soluções às questões do jogo. Os conhecimentos apresentados se deram, principalmente, por imitação (ora das palavras da professora, ora das falas de outros colegas) e confrontação, como demonstram os diálogos a seguir, em que os alunos discutem sobre células animais e vegetais e sobre a Teoria Celular, respectivamente.

Pergunta 10: As células animal e vegetal pertencem a qual tipo celular?

Aluno 3: “Acho que procarionte...”

Aluno 36: “Não, as procariontes é só as bactérias.”

Aluno 3: “É eucarionte então, fala aí!”

Aluno 22: “São eucariontes.”.

Pergunta 8: Por que a Teoria Celular foi importante para a citologia (estudo das células)?

Aluno 9: “Antes da Teoria Celular, as células não eram tão importantes, depois da Teoria Celular os cientistas viram que todos os seres vivos eram formados por células.”.

Aluno 6: “Mas não eram só animais e plantas, outros seres vivos também são formados por célula.”.

Aluno 5: “Todos os seres vivos.”.

Aluno 22: “Para descobrir outras formas de vida.”.

Aluno 35: “Com isso evoluiu a ciência?”.

Aluno 9: “Não, não, tem a ver com as plantas e o animais, lembra?”.

Aluno 2: “Ah, lembra que parece que tinham dificuldade de ver as plantas, as células dela...”.

Aluno 1: “Eu sei professora! A teoria foi importante para saber que todos os seres vivos são formados por células!”

Aluno 9: “Viu? Antes não sabiam que todos os seres vivos eram formados por células.”.

Aluno 35: “Antes da Teoria Celular não sabiam que todos os seres vivos eram formados por células.”.

Também observamos que os alunos conseguiram elaborar, coletivamente, algumas definições para a palavra célula, reunindo vários conhecimentos trabalhados, conforme as falas adiante.

Aluno 6: “A menor unidade que forma o ser vivo!”.

Aluno 1: “Que mantém os seres vivos vivendo, sem elas não teria vida na Terra”.

Aluno 19: “Pode ser um único ser vivo!”.

Aluno 37: “Ela forma o corpo humano”.

Aluno 2: “Ela está em todos os seres vivos!”.

Aluno 6: “Tirando as bactérias, o resto dos seres vivos tem célula eucarionte.”.

Essas ideias ainda são bastante restritas, quando comparadas a todo o sistema de conhecimentos que envolve a palavra célula, mesmo assim, pensamos que esses

conceitos mais gerais serão importantes para planejar as próximas atividades pedagógicas, que terão a finalidade de aumentar o grau de generalização do conceito de célula.

Convém lembrar que, para Vigotski (2008, 2009), um conceito ligado a uma palavra sempre representa um ato de generalização e que os significados das palavras evoluem, ou seja, a generalização das palavras se amplia conforme as FPS vão sendo elaboradas e consolidadas. Assim, quando o aluno aprende uma palavra nova, o desenvolvimento desse conceito apenas começou.

De encontro a isso, Fontana e Cruz (1997, p. 85) apontam que:

As palavras não são formas isoladas e imutáveis. Elas são produzidas na dinâmica social, seus significados não são estáticos. Uma palavra que nasce para designar um conceito vai sofrendo modificações, vai sendo reelaborada no jogo das práticas e das forças sociais.

E é com base nessas ideias que atribuímos suma importância aos conceitos apresentados pelos alunos, mesmo que eles ainda não apresentem a complexidade de um conceito verdadeiro.

Quanto aos conhecimentos relacionados à formação do conceito de célula, verificamos que os alunos se apropriaram de várias concepções que podem contribuir para desmitificação da natureza do trabalho científico. Entre elas, a ideia de que a ciência não é fruto de uma atividade individual e que o processo de formação de conhecimentos científicos não se dá de forma harmônica, como vemos nas respostas às perguntas 6 e 7, respectivamente.

Pergunta 6: Por que não devemos atribuir o mérito de um conhecimento a poucos cientistas?

Aluno 6: *“Eles não sabem de nada sozinhos.”*

Aluno 9: *“Porque para eles descobrirem as coisas eles precisam de vários cientistas, várias pessoas.”*

Pergunta 7: A Teoria Celular foi apresentada em 1839 sendo aceita até os dias atuais. Entretanto, sabemos que ela está bastante diferente do que foi proposto por Schwann e Schleiden. O que ocasionou essas mudanças?

Aluno 5: *“Questionamentos”*.

Professora/pesquisadora: *“Como assim?”*.

Aluno 5: *“Várias pessoas estudando, elas poderiam pensar diferente”*.

Aluno 2: *“Eles brigavam... é.... discordavam entre eles, por isso algumas coisas mudaram”.*

Aluno 1: *“Às vezes era errado, mas eles achavam que era certo, e poderia ser inverso também”.*

Durante a SD, conferimos destaque às observações de Robert Hooke, ressaltando suas reais contribuições à citologia. Como discutem vários autores, entre eles Tavares e Prestes (2012), não é possível atribuir à Hooke o mérito de ser o fundador da citologia, uma vez que o interesse dele residiu em estudar as propriedades da cortiça. Foram essas algumas das concepções propiciadas aos alunos e, durante o jogo, observou-se indícios de apropriação dessas ideias, como percebemos nas falas que seguem:

Pergunta 1: Qual foi a intenção de Robert Hooke ao observar o pedaço de cortiça?

Aluno 16: *“Acho que ver as células.”.*

Aluno 3: *“Não, não foi isso.”.*

Aluno 6: *“A corticeira...”.*

Aluno 1: *“Não, cala a boca.”.*

Aluno 6: *“É sim, cara [...] Ele queria só ver porque a cortiça flutuava, era leve.”.*

Pergunta 5: Por que Robert Hooke não conseguiu compreender a importância das células desde a primeira vez que as observou ao microscópio?

Aluno 9: *“Não tinha estudos antes”.*

Aluno 2: *“Robert Hooke foi o primeiro que viu, não foi?”.*

Aluno 27: *“Não tinha conhecimento sobre a célula antes, pode falar isso.”.*

Aluno 35: *“Não tinha conhecimento sobre a célula antes, por isso não tinha como ele entender o que viu, quando olhou a célula.”.*

Vale mencionar que a professora/pesquisadora retomava discussões sobre os temas das perguntas sempre que os alunos não entravam em consenso ou quando apresentavam ideias equivocadas.

De maneira geral, verificou-se que as atividades da SD propiciaram situações que permitiram a evolução e a reelaboração de conhecimentos. As tarefas desenvolvidas foram importantes para que as concepções iniciais e cotidianas dos

alunos se aproximassem das formulações científicas do conceito de célula. A sistematização desse conceito a partir da História da Ciência facilitou o estudo das características gerais da célula, aproximando os alunos, com todas as suas dúvidas e incertezas, do processo de formação desse conhecimento. Isso proporcionou momentos em que os estudantes puderam elaborar significados para uma palavra que começou a ser aprendida. Além disso, pudemos constatar que algumas concepções equivocadas quanto à ciência foram minimizadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante das limitações relacionadas à compreensão do conceito de célula, consideramos necessário o desenvolvimento de uma proposta que pudesse iniciar a elaboração desse conceito de forma contextualizada e significativa. Para isso, desenvolvemos, nesta pesquisa, uma sequência didática que teve como principal objetivo introduzir o conteúdo de citologia a alunos de 8º ano do Ensino Fundamental a partir do estudo de alguns momentos da História da Ciência que contribuíram para a formação do conceito de célula.

Tido como abstrato e complexo – pelo fato de não ser diretamente observável e pela quantidade de conhecimentos relacionados –, o conceito de célula está permeado por todo o currículo de Ciências e Biologia. Desse modo, a construção do seu significado se dá em várias fases da educação básica. Considerando isso e o fato de que a tomada de consciência desse conceito depende da apropriação de vários conhecimentos subordinados, achamos pretensioso afirmar que a sequência didática propiciaria aos alunos a plena compreensão do conceito de célula, já que nos propomos a desenvolver conceitos mais gerais relacionados ao tema; mesmo assim, verificamos que o desenvolvimento das atividades da sequência didática trouxe muitas contribuições, pois pôde consolidar alguns conhecimentos que antes se encontravam na zona de desenvolvimento potencial e evoluir os conceitos iniciais (e cotidianos) dos alunos, que antes apresentavam várias limitações para significar a palavra célula.

Na avaliação das atividades, também constatamos que a mediação dos conceitos por meio de alguns episódios da História da Ciência permitiu que os alunos conhecessem, entre outras coisas, o processo gradual e não-linear da formação de um conceito científico, o que certamente contribuiu para que algumas concepções equivocadas sobre a natureza do trabalho científico fossem reelaboradas. Foram os diálogos estabelecidos nas atividades que possibilitaram a verificação de indícios dessas reelaborações, e nisso, a professora/pesquisadora apresentou papel fundamental, pois, como a agente mediadora da elaboração conceitual dos alunos, promoveu situações em que os novos conceitos puderam ser empregados e expressados. Esses momentos foram de suma importância, pois, como apontam Fontana e Cruz (1997), fundamentadas em Vigotski, os alunos precisam de



oportunidades para adquirir novos conhecimentos na dinâmica das interações verbais mediadas pelo professor.

Como o processo de generalização de conceitos não é imediato, entendemos que as limitações identificadas durante e após o desenvolvimento das atividades são naturais, ainda mais se tratando de conceitos tão complexos como são os de citologia. Essas dificuldades se tornaram subsídios para a continuação do processo iniciado nesta pesquisa, sempre com o escopo de ampliar o grau de generalização do conceito de célula. Vale lembrar que, enquanto agentes mediadores dos processos de ensino e aprendizagem, devemos considerar que elaboração de um conceito não é imediata e não coincide com o que é estabelecido no programa escolar, há sempre discrepâncias e nunca coincidências entre o processo de aprendizagem escolar e o desenvolvimento das funções correspondentes, segundo Vigotski (2009). Para o autor, seria um erro supor que a aprendizagem dos alunos acompanha a sequência de um currículo escolar.

Mesmo assim, devemos nos preocupar em articular os conhecimentos propiciados em todas as etapas do ensino, pois a generalização de um conceito implica localizá-lo em um determinado sistema de relações de generalidade, dessa maneira, a generalização pressupõe, necessariamente, “a existência de relação entre os conceitos, ou seja, um sistema de conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p. 294). Assim, os conhecimentos não podem ser apresentados isoladamente, eles precisam ser propiciados em um contexto. No entanto, percebemos que os conceitos de citologia são, muitas vezes, tratados de forma isolada e essa falta de articulação pode ser causa das dificuldades retratadas em muitos estudos.

A História da Ciência se mostra como um instrumento interessante para essas contextualizações. Pois, além das contribuições que trouxe a esta pesquisa, a História da Ciência, quando bem utilizada, pode contribuir para minimizar as dificuldades relacionadas à aprendizagem de conceitos científicos, tornando-os menos abstratos e mais interessantes. Apesar disso, utilizar a História da Ciência em sala de aula não é simples, uma abordagem descuidada pode levar à perpetuação de visões equivocadas sobre a ciência. Muitas vezes, é difícil a um professor dominar as concepções historiográficas características do trabalho de um especialista. Diante disso, consideramos que o planejamento de atividades que envolvam a História da Ciência pode iniciar pelo estudo das deformações mais comuns relativas aos usos da História da Ciência, como sugere Allchin (2004 apud FORATO, 2011).

O produto desenvolvido nesta pesquisa pode estimular discussões sobre esses assuntos. Ele não foi elaborado com o intuito de ser um “manual” de introdução ao estudo das células para o Ensino Fundamental, mas sim com a finalidade de promover reflexões sobre a aprendizagem de conceitos científicos. Durante o ensino, muitas vezes nos decepcionamos com os resultados imediatos, desejamos que os alunos aprendam determinados conceitos em uma semana, em um bimestre. Se pensarmos dessa maneira, continuaremos a nos decepcionar, pois, como discutimos, a aprendizagem é um processo complexo, cada sujeito aprende de forma diferente e os resultados positivos podem não se despontar rapidamente. Então, cabe a nós, professores, continuar a procurar/elaborar estratégias que possibilitem o diálogo e a contextualização dos conhecimentos historicamente acumulados, para que assim nossos alunos tenham a oportunidade de refletir o que aprendem na escola em suas atividades cotidianas.

## REFERÊNCIAS

ACH, N. **Über die Begriffsbildung**: eine experimentelle Untersuchung. Bamberg: C. C. Büchners Verlag, 1921.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

\_\_\_\_\_. **Teaching science through history**: The Minnesota Case Study Collection. CD-ROM, 2007.

ANDRÉ, M. E. D. A. Texto, contexto e significados: algumas questões na análise de dados qualitativos. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n. 45, p. 66-71, 1983.

BASTOS, F. O conceito de célula viva entre os alunos de segundo grau. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n. 55, p. 63-69, 1992.

BARDELL, D. The Roles of the Sense of Taste and Clean Teeth in the Discovery of Bacteria by Antoni van Leeuwenhoek. **Microbiological Reviews**, Washington, v. 47, n. 1, p. 121-126, mar.1982.

BATISTETI, C. B.; ARAUJO, E. S. N. N.; CALUZI, J. J. As estruturas celulares: o estudo histórico do núcleo e sua contribuição para o ensino de biologia. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 4, p. 10-25, 2009.

BECHTEL, W. The evolution of our understanding of the cell: a study in the dynamics of scientific progress. **Studies in History and Philosophy of Science**, Great Britain, v. 15, n. 4, p. 309-356, 1984.

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da ciência para a formação de professores**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

BERALDO, C. A. **Educação infantil**: mediação, aprendizagem e funções psicológicas. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2007.

BONDEZAN, A. N. **Desenvolvimento da percepção e da atenção**: a relevância das relações sócio-educacionais. 2006. 167 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2006.

BRAMMER, S. P.; TONIAZZO, C.; POERSCH, L. B. Corantes comumente empregados na citogenética vegetal. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 82, p. 1-8, 2015.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais. Brasília: MEC /SEF, 1998. Disponível em:

<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>>. Acesso em: 10 julho de 2016.

\_\_\_\_\_. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEMTEC, 2000. Disponível em:

<[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14\\_24.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf)>. Acesso em: 10 jul. 2016.

\_\_\_\_\_. **Base Nacional Comum Curricular**: proposta preliminar, segunda versão revista. Brasília: MEC, 2016. Disponível em:

<<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/documentos/bncc-2versao.revista.pdf>>. Acesso em: 23 jul. 2016.

BRITO, A. A. S. Quem tramou Robert Hooke? **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 20, n. 3/4, p. 35-50, 2008.

CANAVARRO, A. P. **Práticas de ensino da Matemática**: Duas professoras, dois Currículos. 2003. 658 f. Tese (Doutorado em Educação) - Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2003.

CARAVITAS, S.; TONUCCI, F. Problemas metodológicos em la investigación sobre las representaciones mentales referidas a temas biológico- naturalistas em los niños de la escuela primaria. **Enseñanza de lasCiencias**, Barcelona, v. 6, n. 2, p. 126-130, 1988.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CARMO, V. A. **Episódios da história da biologia e o ensino da ciência**: as contribuições de Alfred Russel Wallace. 2011. 199 f. Tese (Doutorado em Educação) -Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2011.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

DAHER, A. F. B. **Formação continuada de professores na perspectiva colaborativa e reflexiva**: um olhar para a atividade experimental investigativa no ensino de ciências nos anos iniciais. 2016. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

DE ROBERTIS, E. M. F.; HIB, J. **Bases da Biologia Celular e Molecular**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 3-21.

ESTEVES, F. **Grandes temas em biologia**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010. 1 v.

FOGAÇA, M. **Papel da Interferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula**. 2006. 229 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FONTANA, R. A. C. **Mediação pedagógica na sala de aula**. 2. ed. Campinas: Autores Associados, 1996.

FONTANA, R.; CRUZ, M. N. **Psicologia e trabalho pedagógico**. São Paulo: Atual, 1997.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 2009. 204 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação) – Faculdade de Educação do Estado de São Paulo, SP, 2009.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A.; **Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de Aula. Cadernos Brasileiros de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FREITAS, M. E. M.; MIRANDA, M.; FERNANDES, H. L.; CINQUETTI, H. C. S.; BENEDITTI, R.; COSTA, E. Desenvolvimento e aplicação de kits educativos tridimensionais de célula animal e vegetal. **Ciências em Foco**, Campinas, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2009.

GIL PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALIS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GÓES, M. C. R. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos CEDES**, Campinas, n. 50, p. 21-29, 2000.

GOMES, J. L. A. M. C. **Conceito de calor: Contexto Histórico e Proposta para Sala de Aula**. 2013. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, 2013.

HOLTON, G. What historians of science and science educators can do for one another? **Science Education**, v. 12, n. 7, p. 603-616, out. 2003.

HOOKE, R. **Micrographia: or some physilogical descriptions of minutes bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon**. London: J. Martyn and J. Allestry. 1665. Disponível em Linda Hall Library <[http://lhdigital.lindahall.org/cdm4/document.php?CISOROOT=%2Fnat\\_hist&CISOPTR=384&REC=0&CISOBX=113](http://lhdigital.lindahall.org/cdm4/document.php?CISOROOT=%2Fnat_hist&CISOPTR=384&REC=0&CISOBX=113)>. Acesso em: 6 jan. 2016.

HUGHES, A. **A History of Cytology**. London: Abelard-Schuman, 1959.

JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Biologia Celular e Molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

KUHN, T. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: The University of Chicago, 1962.

LAKATOS, I. **Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales**. Tradução de Diego Ribes Nicolás. Editorial Tecnos: Espanha, 1987. p. 11-43.

LEGEY, A. P.; CHAVES, R.; MÓL, A. C. A.; SPIEGEL, C. N.; BARBOSA, J. V.; COUTINHO, C. M. L. M. Avaliação de saberes sobre célula apresentados por alunos ingressantes em cursos superiores da área biomédica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 1, p. 203-224, 2012.

LESSA, P. V. **O processo de escolarização e a constituição das funções psicológicas superiores**: subsídios para uma proposta de avaliação psicológica. 2014. 622 f. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2014.

LURIA, A. R. **Curso de psicologia geral**. 2 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1991. 2 v.

\_\_\_\_\_. **A Construção da Mente**. São Paulo: Ícone, 1992.

MANNHEIMER, W. A. **Microscopia dos materiais**: uma introdução. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2002.

MARTINS, L. A-C. P. A História da Ciência e o Ensino de Biologia. **Ciência & Ensino**, Campinas, n. 5, p. 18-21, dez. 1998.

\_\_\_\_\_. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. A. Que tipo de história da ciência esperamos ter nas próximas décadas? **Episteme, Filosofia e História das Ciências em Revista**, Porto Alegre, v. 10, p. 39-56, 2000.

\_\_\_\_\_. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (orgs). **Escrevendo a História da Ciência**: tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo. EDUC/Livraria Editora da Física/Fapesp, 2004. p. 115-145. 229 p.

\_\_\_\_\_. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. xvii-xxx.

\_\_\_\_\_. Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 105-142, 2011.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching**: the role of history and philosophy of Science. New York: Routledge, 1994.

\_\_\_\_\_. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MAYALL, J. **Cantor lectures the microscope**. London: W. Tronnce, 1886.

MAYR, E. **Desenvolvimento do pensamento biológico**: diversidade, evolução e herança. Brasília: UnB, 1998.

\_\_\_\_\_. **Isto é biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MAZZARELLO, P. A unifying concept: the history of cell theory. **Nature Cell Biology**, Reino Unido, v. 1, p. 13-15, maio 1999.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, v. 2. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 12 mai. 2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky Aprendizado e Desenvolvimento**: Um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1993.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-historiográfica. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**, Natal: EDUFRN, 2012. p. 123-154.

PALMERO, R. L. M. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza/apredizaje de la estructura y del funcionamiento celular. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 123-152, 1997.

\_\_\_\_\_. Revisión bibliográfica relativa ala enseñanza de la biología y la investigación el estudio de la célula. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 237-263, set. 2000.

PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 02, p. 299-309, 2007.

PESSOA JR. O. Quando a abordagem histórica deve ser usada no ensino de ciências. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 4-6, set. 1996.

PINO, P. V.; OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Concepções epistemológicas veiculadas pelos PCNs na área de Ciências Naturais de 5<sup>o</sup> a 8<sup>o</sup> série do Ensino Fundamental. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências: do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRESTES, M. E. B. **Teoria Celular: de Hooke a Schwann**. São Paulo: Scipione, 1997.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, v. 4, p. 1-16, 2009.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 21-25, 2009.

RAMOS, F. Z. **Limitações e contribuições da mediação de conceitos de botânica no contexto escolar**. 2012. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2012.

RAMOS, F. Z.; SILVA, L. H. A. **Contextualizando o Processo de Ensino-Aprendizagem de Botânica**. Curitiba: Prismas, 2013.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Petrópolis: Vozes, 1995.

REIS, T. A.; ROCHA, L. S. S.; OLIVEIRA, L. P.; LIMA, M. M.D. O ensino de Genética e a atuação da mídia. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICO, 5., 2010, Maceió. **Anais...** Maceió: CONNEPI, 2010.

ROSA, C. A. P. **História da ciência: o pensamento científico e a ciência no século XIX**. 2. ed. Brasília: FUNAG, 2012. 3 v.

RUBINSTEIN, S. L. **Princípios de psicologia geral**. Lisboa: Estampa, 1973. 5 v.

SACRISTÁN, J. G. O currículo: os conteúdos do ensino ou uma análise prática? In: SACRISTÁN, J. G.; GÓMEZ, A. I. P. **Compreender e transformar o ensino**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 1998. cap. 6, p. 119-148.

SACRISTÁN, J. G. O que significa currículo? In: SACRISTÁN, J. G. (Org.). **Saberes e incertezas sobre o currículo**. Porto Alegre: Penso, 2013. cap. 1, p. 16-35.



SANTOS, A.C.G.G.; RAMOS, F. Z. O estágio supervisionado na formação do professor: análises e reflexões críticas sobre o processo de ensino aprendizagem de citologia. **Revista da SBEnBio**, São Paulo, n. 7, p. 399-409, 2014.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. **Orientações Curriculares de Ciências (6º ao 9º ano)**. Campo Grande/MS: Superintendência de Gestão de Políticas Educacionais, 2015.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. **Orientações Curriculares de Ciências (1º ao 5º ano)**. Campo Grande/MS: Superintendência de Gestão de Políticas Educacionais, 2016. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/0B62vz2LjL83pRGNwZDdkMGxsQXM/view>>. Acesso em: 12 mai. 2017.

SINGER, Charles. Notes on the early history of microscopy. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, v. 7, p. 247-279, 1914.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2008.

SILVA, E. C. C. **A teoria celular em livros didáticos de biologia**: uma análise a partir da abordagem histórico-filosófica da ciência. 2014. 290 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014.

SILVA, L. H. A. A perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano: ideias para estudo e investigação do desenvolvimento dos processos cognitivos em ciências. In: GULLICH, R. I. C. (org.). **Didática das Ciências**. Curitiba: Prismas, 2013.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de 'descobrir a lei a partir de resultados experimentais'. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, n. 19, p. 7-27, 2002.

SILVEIRA, R. V. M.; AMÁBIS, J. M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2003.

SLONGO, I. I. P. **História da ciência e ensino**: contribuições para a formação do professor de biologia. 1996. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1996.

SOKOLOV, E. N. Las Sensaciones. In: SMIRNOV, A. A.; LEONTIEV, A. N.; RUBINSHTEIN, S. L.; TIEPLOV, B. M. **Psicologia**. 3 ed. México: Editorial Grijalbo, 1969.

SOUZA, F. B.; MALDANER, O. A. A significação conceitual no início da escolarização das crianças. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL, 2012, Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul: ANPED Sul, 2012.

TAVARES, T. F.; PRESTES, M. E. B. Pseudo-história e ensino de ciências: o caso Robert Hooke (1635-1703). **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 35-42, dez. 2012.

TRINDADE, D. F. A interface ciência e educação e o papel da história da ciência para a compreensão do significado dos saberes escolares. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 47, p. 1-7, 2008.

TURNER, W. The cell theory, past and present. **J. Anat. Physiol**, v. 24, p. 253–287, 1890.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. **Vygotsky**: uma síntese. 4 ed. São Paulo: Edições Loyola, 2001.

VIGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente**. 7 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

\_\_\_\_\_. **Pensamento e linguagem**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

\_\_\_\_\_. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**. 2. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

VIGOTSKII, L. S. Aprendizagem e desenvolvimento intelectual na idade escolar. In: VIGOTSKII, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. 11 ed. São Paulo: Ícone, 2010. cap. 6, p. 103-117.

WOLPERT, L. The evolution of 'the cell theory'. **Current Biology**, v. 6, n. 3, p. 225-228, 1996.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – Carta de Autorização entregue à escola



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



### CARTA DE AUTORIZAÇÃO

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos a mestranda Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos, portadora do RG \_\_\_\_\_ e CPF \_\_\_\_\_, do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, a desenvolver seu projeto de pesquisa intitulado “Contribuições da História da Ciência no processo de ensino e aprendizagem de citologia” na Escola Municipal Prof<sup>a</sup> Lenita de Sena Nachif. O projeto será de responsabilidade da mestranda e está sob orientação do docente especialista, professor do referido curso, Doutor João José Caluzi.

A aceitação está condicionada ao cumprimento da pesquisadora aos requisitos da Resolução 196/96 e suas complementares, comprometendo-se a utilizar os dados e materiais coletados exclusivamente para os fins da pesquisa.

Campo Grande/MS, em \_\_/\_\_/\_\_.

---

Assinatura do responsável pela escola

## APÊNDICE B – Termo de Assentimento



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**TERMO DE ASSENTIMENTO**

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Contribuições da História da Ciência no processo de ensino e aprendizagem de citologia”. Neste estudo pretendemos propiciar aos alunos do 8º ano do ensino fundamental da Escola Municipal Lenita de Sena Nachif conhecimentos significativos a respeito da evolução histórica da citologia. O motivo que nos leva a estudar esse assunto é a sua importância para o entendimento do processo de ensino-aprendizagem de citologia.

Para esse estudo utilizaremos dezesseis aulas de Ciências para prestar a você informações sobre a evolução histórica do conceito de célula, isso por meio de aulas expositivas, aulas práticas e jogo didático.

A sua participação nessas treze horas/aula consistirá em participar de aulas expositivas com algumas atividades práticas, nas quais deverá desenhar, recortar e colar figuras relacionadas ao estudo das células; montar um modelo de microscópio ótico com o auxílio dos pesquisadores; assistir vídeos, ler textos e observar imagens sobre a história da citologia; participar de uma aula no laboratório de Ciências observando células de cebola e participar de um jogo didático de perguntas e respostas no formato de cartas para retomar os conceitos trabalhados durante as atividades anteriores.

Para obter os dados do estudo, as atividades realizadas de forma descritiva (desenhos, escritas, colagens) serão transcritas e analisadas e os diálogos estabelecidos entre os alunos e dos mesmos com o pesquisador durante todas as atividades realizadas na pesquisa serão gravados com um gravador de áudio comum e também analisados a fim de fazer uma avaliação minuciosa do processo de aprendizagem e evolução conceitual dos estudantes.

Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido (a) em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Seu responsável também poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido (a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo.

Você não será identificado em nenhuma publicação e este estudo apresenta risco mínimo, isto é, o mesmo risco existente em atividades rotineiras como conversar, tomar banho, ler, etc.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a permissão do

responsável por você. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

Em caso de dúvidas, entre em contato com Ana Caroline G. Gomes dos Santos, telefone (67) 9225-8621, e-mail: anacarolineggsantos@gmail.com.

\_\_\_\_\_rubrica do Participante (a)

\_\_\_\_\_rubrica da pesquisadora

Para perguntas sobre seus direitos como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone (067) 33457187.

Declaro que entendi os objetivos e condições de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Campo Grande/MS, \_\_\_\_ de

\_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante (a)

\_\_\_\_\_  
Assinatura da pesquisadora

## APÊNDICE C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Os alunos do 8º ano do ensino fundamental da Escola Municipal Lenita de Sena Nachif, situada no município de Campo Grande/MS, estão sendo convidados a participarem da pesquisa intitulada “Contribuições da História da Ciência no processo de ensino e aprendizagem de citologia” desenvolvida pela pesquisadora Ana Caroline Gonçalves Gomes dos Santos.

Você como representante de um dos alunos dessa turma, deverá decidir se autorizará a participação do mesmo nessa pesquisa. Por favor, não se apresse em tomar a decisão. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável pelo estudo sobre qualquer dúvida que tiver.

A finalidade deste estudo é verificar as contribuições que uma abordagem de ensino fundamentada na história da Ciência e na perspectiva histórico-cultural do conhecimento pode trazer ao processo de ensino aprendizagem de citologia que será compreendido com os alunos do 8º ano da Escola Lenita.

A pesquisa será desenvolvida durante treze aulas de Ciências, sem prejudicar o desenvolvimento do conteúdo da disciplina, uma vez que os conhecimentos trabalhados estão no currículo proposto pela Secretaria Municipal de Educação. A participação dos alunos nessas dezesseis horas/aula consistirá em participar de aulas expositivas com algumas atividades práticas, nas quais deverão desenhar, recortar e colar figuras relacionadas ao estudo das células; montar um modelo de microscópio ótico com o auxílio dos pesquisadores; assistir vídeos, ler textos e observar imagens sobre a história da citologia; participar de uma aula no laboratório de Ciências observando células de cebola e participar de um jogo didático de perguntas e respostas no formato de cartas para retomar os conceitos trabalhados durante as atividades anteriores.

Para obter os dados do estudo, as atividades realizadas pelos alunos de forma descritiva (desenhos, escritas, colagens) serão transcritas e analisadas e os diálogos estabelecidos entre os alunos e dos mesmos com o pesquisador durante todas as atividades realizadas na pesquisa serão gravados com um gravador de áudio comum e também analisados a fim de fazer uma avaliação minuciosa do processo de aprendizagem e evolução conceitual dos estudantes.

A participação é voluntária, isto é, ela não é obrigatória e você tem plena autonomia para decidir se o aluno (a) irá ou não participar. Caso permita a participação do mesmo e, posteriormente, no decorrer da pesquisa mudar de opinião poderá solicitar aos pesquisadores que retirem e eliminem os dados (atividades, diálogos) referentes ao aluno.

Ressaltamos que não haverá nenhum prejuízo ao aluno e ele não será penalizado de nenhuma maneira caso você decida não consentir a participação do mesmo e/ou se, posteriormente, decidir que o ele deverá sair da pesquisa. Contudo, enfatizamos que a participação do aluno é de extrema importante para o andamento da pesquisa.

Além disso, em qualquer momento você poderá solicitar aos pesquisadores informações sobre participação do aluno e/ou sobre a pesquisa, o que poderá ser feito através dos meios de contato explicitados neste Termo.

Ademais, garantimos a confidencialidade e a privacidade das informações prestadas pelo aluno. Assim, os dados de identificação do aluno serão omitidos na divulgação dos resultados da pesquisa, sendo garantido o sigilo dos nomes dos participantes. Além disso, os dados utilizados na escrita dos resultados (respostas, diálogos) serão armazenados em local seguro.

Os resultados da pesquisa serão apresentados em eventos ou publicados em forma de artigo científico na área da Educação.

A participação do aluno nesta pesquisa não dá direito a qualquer espécie de remuneração. Caso não permita a participação do mesmo nessa pesquisa, informamos que ele não será proibido de participar de outros estudos. Ademais, ressaltamos que se o mesmo for autorizado a participar e não colaborar e/ou se recusar a cumprir os procedimentos previstos poderá ser convidado a sair deste estudo.

Você, como responsável pelo aluno, deverá assinar todas as páginas deste termo de consentimento. Ressaltamos que também ficará com uma via assinada deste documento.

Em caso de dúvidas, entre em contato com Ana Caroline G. Gomes dos Santos, telefone (67) 9225-8621, e-mail: [anacarolineeggsantos@gmail.com](mailto:anacarolineeggsantos@gmail.com).

Para perguntas sobre os direitos do aluno como participante no estudo chame o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFMS, no telefone (067) 33457187.

Como responsável pelo aluno (a) declaro que entendi os objetivos e condições da participação do mesmo na pesquisa e concordo em deixá-lo participar.

Assinatura do responsável pelo aluno: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

Assinatura do pesquisador: \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

## APÊNDICE D – Questionário Etapa I



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



**Escola Municipal Professora Lenita de Sena Nachif**  
**Campo Grande, \_\_\_\_ de fevereiro de 2016.**  
**Disciplina: Ciências/Turma: 8º \_\_\_\_.**  
**Professora: Ana Caroline G. G. dos Santos**

RESPONDA AS SEGUINTE PERGUNTAS

1. Qual é a importância das células para você?
2. Onde podemos encontrar células?
3. Como as células foram descobertas?

APÊNDICE E – Perguntas para nortear discussões na atividade 2 da Etapa III



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação  
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



- 1 – Quais são as principais diferenças observadas entre a célula animal e vegetal?
- 2 – Essas diferenças podem ter causado divergências entre cientistas que estudaram a célula no passado?
- 3 – As células observadas ao microscópio aparentam o modelo de célula presente no livro didático? Por quê?
- 4 – Como o modelo presente no livro pôde ser elaborado/construído? Com o microscópio da escola conseguiríamos representar um modelo parecido? Por quê? *(A intenção é que os alunos cheguem à conclusão que os modelos de células presentes nos livros são provenientes de pesquisas com microscópios eletrônicos)*



## APÊNDICE F – Questionário do jogo colaborativo Etapa V



Serviço Público Federal  
Ministério da Educação

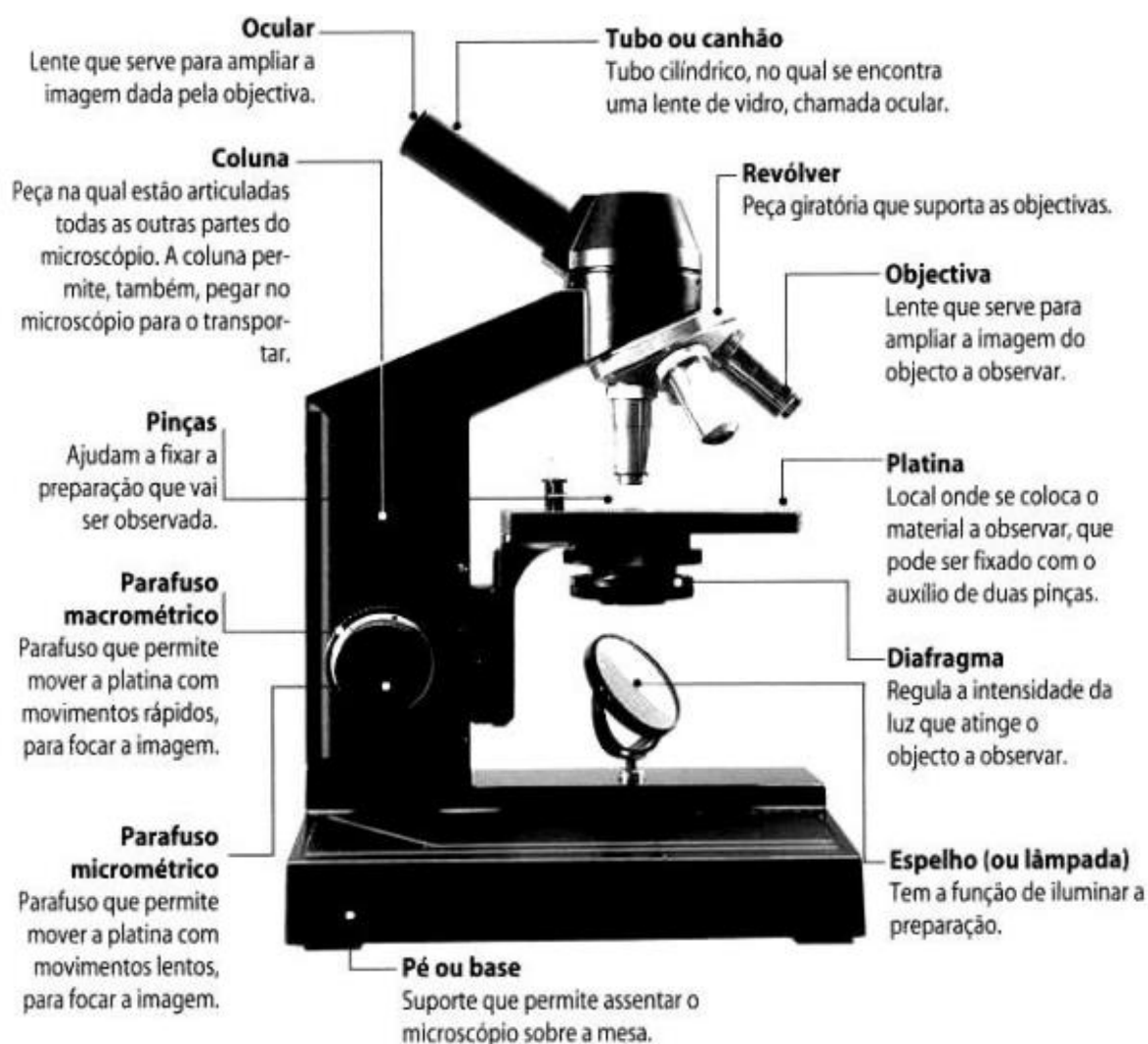
**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**



1. Qual foi a intenção de Robert Hooke ao observar o pedaço de cortiça?
2. O que é uma célula?
3. Qual é a diferença entre um microscópio simples e um microscópio composto?
4. O aperfeiçoamento das técnicas de microscopia (melhoria dos microscópios) foi o único responsável pelo progresso dos conhecimentos sobre as células? Justifique.
5. Por que Robert Hooke não conseguiu compreender a importância das células desde a primeira vez que as observou ao microscópio?
6. Por que não devemos atribuir o mérito de um conhecimento a poucos cientistas?
7. A Teoria Celular foi apresentada em 1839 sendo aceita até os dias atuais. Entretanto, sabemos que ela está bastante diferente do que foi proposto por Schwann e Schleiden. O que ocasionou essas mudanças?
8. Por que a Teoria Celular foi importante para a citologia (estudo das células)?
9. Quais são as principais diferenças entre as células procariontes e eucariontes?
10. As células animal e vegetal pertencem a qual tipo celular?
11. Diferencie organismos unicelulares de pluricelulares.
12. Quais são os dois tipos de células e em quais organismos podemos encontrar cada uma delas?
13. Como as células dão origem a novas células e por que esse processo acontece?
14. Onde podemos encontrar as células?
15. Durante uma das aulas práticas, percebemos que as imagens da célula presentes no livro são bastante diferentes das que observamos no microscópio do laboratório. Faça apontamentos sobre essas diferenças.

## ANEXOS

## ANEXO 1 – Partes de um microscópio ótico



Fonte - <<http://einftronic.blogspot.com.br/2016/09/as-partes-de-um-microscopio.html>>. Acesso em: 9 fev. 2016.