



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS - PPGEC
NÍVEL DOUTORADO

RICARDO FERREIRA DAS NEVES

**ABORDAGEM DO CONCEITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das
contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**

Recife

2015

RICARDO FERREIRA DAS NEVES

**ABORDAGEM DO CONCEITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das
contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências - PPGEC da UFRPE como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Ensino das Ciências.

Doutorando: Ricardo Ferreira das Neves

Orientadora: Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira

Co-Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão.

Recife

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS - PPGEC
NÍVEL DOUTORADO

RICARDO FERREIRA DAS NEVES

**ABORDAGEM DO CONCEITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das
contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**

Banca Examinadora composta pelos seguintes professores:

Presidente: _____

Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira
(UFRPE)

1º Examinador: _____

Profa. Dra. Magna do Carmo Silva Cruz
(UFPE)

2º Examinador: _____

Profa. Dra. Marília de França Rocha
(UPE)

3º Examinador: _____

Profa. PhD. Zélia Maria Soares Jófili
(UFRPE)

4º Examinador: _____

Profa. Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão
(UFRPE)

Tese defendida e aprovada no dia 03/08/2015 no departamento de Educação da UFRPE.

DEDICATÓRIA

A minha família (Rosilene e Antony). Por ontem, por hoje e pelo amanhã. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus criador por me sustentar até aqui, pois foram tantos os obstáculos, mas a perseverança foi maior do que qualquer barreira.

A minha esposa e ao meu filho. Peço desculpas pela ausência e agradeço pela paciência nesses últimos momentos.

A Helaine Sivini Ferreira, orientadora, professora e amiga. Grandes ensinamentos, que levarei com gratidão para a vida profissional. Obrigado.

A Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão, Co-orientadora, professora e amiga. Sempre esteve comigo, um anjo em minha vida.

A Fernanda Maria Duarte do Amaral, eterna orientadora e amiga. Obrigado.

A Universidade Federal de Pernambuco, representada pela Diretora Florisbela Campos, que autorizou o desenvolvimento da pesquisa e, que com afeto, sempre se dispôs a colaborar para a conclusão desta.

Aos estudantes da UFPE, em especial os alunos do 7º período do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas 2015.1 - (Allan Oliveira, Alziane Almeida, Anadeje Santos, Carlos Lima, Cristiane Conceição, Elvis Oliveira, Ernandes Tavares, Gabriela Andrade, Geane Aguiar, Ismênia Teixeira, Jaqueline Mendonça, José Phillipe Joanou, Leandro Cabral, Maísa Menezes, Shalon Rodrigues, Sinara Bezerra, Tiago Lira e Wellington Silva), os quais se disponibilizaram a colaborar com a pesquisa.

Aos professores Christiano Chagas e Erica Freitas que se propuseram a participar e colaborar junto à pesquisa.

A minha turma de Doutorandos: Ana Lucia, Ana Paula, Fernanda Brayner e Marilene Rosa, que juntos formamos um único grupo, o que nos ajudou a finalização desta.

A Andréa Steiner, Danilo Cavalcanti, Gilmar Farias, Maria Zélia Santana, Nielza Lopes, Patrícia Barros, Sumara Melo e Suzane França pela amizade, incentivo, apoio e pela colaboração nesses momentos da pesquisa.

Aos meus amigos da IBS, Henrique Barros, Marta Regina, Leuda Andrade, Verônica Olinto, Walquíria Cosmo. Sempre torceram por mim. Grato sou pela amizade de vocês.

“(...) Deus eu vim aqui, só pra te dizer, que minha esperança está em ti. Eu não tenho nada além de Ti. Mais nada além da promessa, da sua promessa (...)”. Gabriela Rocha.

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo investigar a abordagem do conceito de célula com licenciandos em Ciências Biológicas, mediante a utilização do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE). O conceito em estudo é abstrato e já passou por extensas discussões na área da Biologia, seja por sua relevância para a compreensão da formação da vida, seja pelo desafio de abordá-lo em sala de aula. Nas Ciências Biológicas, propostas como o MRE são promissoras no processo de ensino-aprendizagem, visando mudanças na construção de conceitos desse tipo. Epistemologicamente o modelo se apresenta como construtivista. Considera a ótica da investigação por design e uma estruturação metodológica em três etapas: 1 - Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC) e Análise do Significado Educacional (ASE); 2 - Investigações Empíricas (IE); e 3 - Construção da Instrução (CI). Reunidas, estas etapas formaram o cenário didático da pesquisa, por meio da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA). A SEA foi desenvolvida no campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico de Vitória (CAV), com licenciandos do 7º período de Ciências Biológicas. A Etapa 1 foi delineada a partir de livros do Ensino Médio e Superior, a literatura da Biologia e considerações dos entrevistados. Esta etapa revelou que o conceito de célula possuía uma abordagem histórica, com aspectos morfofisiológicos e de caráter sócio-científicos, o que incluía imagens. A Etapa 2 foi realizada seguindo a perspectiva de referenciais científicos e dos entrevistados; as barreiras na aprendizagem conceitual foram abordadas e os obstáculos de ordem conceitual, relacional, processual e dimensional foram relatados. Essas duas etapas suscitaram os elementos para colaborar com a Etapa 3 que, juntamente com a Abordagem Construtivista Integrada de Mehéut, balizaram a formação do cenário didático da pesquisa. A SEA sobre o conceito de célula foi realizada em seis momentos, e versou sobre as concepções prévias dos estudantes, a historicidade celular, a identificação dos grupos, o reconhecimento da morfofisiologia, o uso de imagens e temas contemporâneos. A partir da descrição da sequência verificamos que o processo instrucional proposto é passível de execução, apesar de ser bastante extenso. Suas atividades estruturadas contemplaram aspectos das etapas 1 e 2 do MRE, com intensidade variada, sendo alguns melhores contemplados tanto no quantitativo de atividades como na pertinência das mesmas. A outra etapa foi contemplada de forma mais superficial. O MRE representou significativo aporte teórico-metodológico para as pesquisas em Ensino de Ciências no âmbito da construção de conceitos. Nesta pesquisa se mostrou um arcabouço bastante estruturado e ao mesmo tempo flexível para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem, seja visando o desenho de processos instrucionais voltados para conceitos científicos, para o desenvolvimento de processos instrucionais formativos.

Palavras-chaves: Célula, Modelo de Reconstrução Educacional, Sequência de Ensino Aprendizagem, Ensino de Ciências Biológicas.

ABSTRACT

This study aimed to investigate how undergraduate students getting a teaching degree in biological sciences approach the concept of cell; for this purpose, the Educational Reconstruction Model (ERM) was used. The concept under consideration is abstract and has undergone extensive discussion in the field of biology, either due to its relevance for understanding the formation of life, or through the challenge of approaching it in the classroom. In the biological sciences, proposals such as the ERM are promising for the process of teaching and learning, and seek to change the construction of such concepts. From an epistemological standpoint the model is constructivist. It considers the view of research by design and a three-step methodological structure 1 - Content Structure Analysis (CSA) and Analysis of Educational Meaning (AEM); 2 - Empirical Research (ER); and 3 - Construction of Instruction (CI). Together these steps provided the study's didactic setting, through the Teaching and Learning Sequence (TLS). The TLS was developed in the campus of the Federal University of Pernambuco (UFPE), Academic Center of Vitória (CAV), with undergraduates from the 7th semester of the Biological Sciences course. Step 1 was designed using high school and university textbooks, the biology literature and considerations from interviewees. This step revealed that the concept of cell had a historical approach, morphophysiological aspects and a social-scientific character, which included images. Step 2 was carried out following the perspective of scientific references and of interviewees; barriers in conceptual learning were approached and obstacles of a conceptual, relational, procedural and dimensional order were reported. These two steps raised the elements to collaborate with Step 3, which – together with Méheut's Integrated Constructivist Approach – guided the formation of the study's educational setting. The TLS on the concept of cell was performed in six moments and dealt with the preconceptions of students, cell historicity, the identification of groups, morphophysiology recognition, the use of images and contemporary themes. Based on the description of the sequence we find that it is possible to apply the proposed instructional process, despite its length. Its structured activities covered aspects of ERM steps 1 and 2, with varying intensity. The best contemplated both in terms of the number of activities and in their relevance, while the other phase was covered a more superficial manner. The ERM provides significant theoretical and methodological support for research in science education in the realm of concept construction. It proved to be a well-structured framework, while at the same time flexible for the development of teaching and learning, either by targeting the design of the instructional process aimed at scientific concepts, to developing instructional training processes.

Keywords: Cell, Educational Reconstruction Model, Teaching and Learning Sequences, Biological Sciences Education.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	18
CAPÍTULO I - PERSPECTIVAS FILOSÓFICAS, TÉORICAS E HISTÓRICAS ACERCA DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL.....	24
1.1 Modelo de Reconstrução Educacional: pressupostos filosóficos, teóricos e históricos.....	24
1.1.1 <i>Eixos Teóricos.....</i>	27
1.1.2 <i>Estruturação Metodológica.....</i>	32
1.2 O uso do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE): Revisão da Literatura Internacional.....	33
CAPITULO II - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 1 DO MRE: Análise da Estrutura de Conteúdo e Implicações para a Pesquisa.....	40
2.1 Procedimentos para a Análise da Estrutura de Conteúdo (AEC).....	40
2.1.1 <i>Estrutura de Conteúdo (EC).....</i>	40
2.1.2 <i>Análise do Significado Educacional (ASE).....</i>	43
2.2 Resultados da Análise da Estrutura de Conteúdo (AEC).....	48
2.2.1 <i>Resultados da Estrutura de Conteúdo (EC).....</i>	48
2.2.2 <i>Resultados da Análise do Significado Educacional.....</i>	50
2.3 A célula na perspectiva do MRE: Uma Revisão da Literatura.....	56
2.3.1 <i>Abordagem Histórica da Célula: Breves Considerações.....</i>	56
2.3.1.1 <i>Evolução do Conceito de Célula.....</i>	59
2.3.2 <i>Visão Morfofisiológica da Célula: Estrutura e Funcionalidade.....</i>	66
2.3.2.1 <i>A Membrana Plasmática.....</i>	68
2.3.2.2 <i>O Citoplasma.....</i>	72
2.3.2.3 <i>O Núcleo.....</i>	73
2.4. O Uso de Imagens no Ensino de Biologia.....	75
2.5 A Célula como Precursora de Temas da Contemporaneidade.....	83
2.6 Considerações Parciais da Etapa 1.....	85
CAPITULO III - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 2 DO MRE: INVESTIGAÇÕES EMPÍRICAS E IMPLICAÇÕES PARA A PESQUISA.....	87
3.1 Procedimentos para a realização das Investigações Empíricas (IE).....	87
3.1.1 <i>Investigações Empíricas (IE).....</i>	88
3.1.2 <i>Análise do Significado Educacional (ASE) – questão D.....</i>	89
3.2 Resultados das Investigações Empíricas.....	90
3.2.1 <i>Resultados das Investigações Empíricas: Revisão da Literatura.....</i>	90
3.2.2 <i>Resultados da Análise do Significado Educacional – questão D.....</i>	102
3.3 Direcionamentos para a Abordagem do Conceito de Célula.....	105
3.3.1 <i>Visão da Célula: Buscando uma Compreensão Integrada do Conceito.....</i>	105
3.3.2 <i>A Célula no Século XXI: O Papel das Novas Tecnologias no Ensino de Biologia.....</i>	111
3.4 Considerações Parciais sobre a Etapa 2.....	116

CAPITULO IV - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 3 DO MRE: CONSTRUÇÃO DA INSTRUÇÃO.....	117
4.1 Construção da Instrução (CI).....	117
4.1.1 <i>Análise e resultado do Significado Educacional (ASE) – questão E.....</i>	117
4.1.2 <i>Síntese das três etapas do MRE.....</i>	119
4.2 Procedimentos para a construção da instrução.....	120
4.2.1 <i>Aporte metodológico para a construção das Sequências de Ensino Aprendizagem.....</i>	120
4.2.2 <i>Desenhando a Sequência de Ensino Aprendizagem.....</i>	124
4.3 Resultado da Construção da Instrução e Contexto de Aplicação.....	126
4.3.1 <i>Sequência de Ensino Aprendizagem Estruturada.....</i>	126
4.3.2 <i>O Centro Acadêmico de Vitória.....</i>	132
4.3.3 <i>Dinâmica de Aplicação da SEA</i>	133
4.4 Considerações Parciais para a Etapa 3.....	133
CAPÍTULO V - RESULTADO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO APRENDIZAGEM SOBRE O CONCEITO DE CÉLULA.....	135
5.1 - I Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): Resgate dos Conhecimentos Prévios.....	135
5.2 - II Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): Histórico da Citologia /Biologia Celular.....	154
5.2.1 <i>I Encontro: Histórico da Citologia/Biologia Celular.....</i>	154
5.2.2 <i>II Encontro: A Microscopia.....</i>	159
5.3 - III Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): “Desenhando” e Identificando os Grupos de Células.....	162
5.3.1 <i>Prática I: Célula Vegetal (Cortiça).....</i>	163
5.3.2 <i>Prática II: Célula Animal (Mucosa Bucal).....</i>	165
5.4 - IV Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): Reconhecendo os Grupos de Células, Constituintes e a Morfofisiologia Celular.....	168
5.4.1 <i>I Encontro: Reconhecendo os Grupos de Células, Constituintes e a Morfofisiologia Celular (Simulações/Animações).....</i>	170
5.4.2 <i>II Encontro: Reconhecendo os Grupos de Células, Constituintes e a Morfofisiologia Celular (aplicativos).....</i>	190
5.4.2.1 <i>O Aplicativo “Cell World”</i>	190
5.4.2.2 <i>O Aplicativo “iCell”</i>	191
5.5 - V Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem: O Valor Didático das Imagens.....	194
5.5.1 <i>I Encontro: Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM) – Breves Considerações.....</i>	195
5.5.2 <i>II Encontro: Análise Imagética.....</i>	197
5.6 - VI Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): Temas Contemporâneos.....	209
5.6.1 <i>I Encontro: Temas Contemporâneos - Breves Considerações.....</i>	197
5.6.2 <i>II Encontro: Apresentação dos Temas Contemporâneos.....</i>	197
5.7 Considerações sobre a Sequência de Ensino Aprendizagem.....	218
5.8 Síntese dos Resultados da Aplicação da Instrução.....	221

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES.....	222
REFERÊNCIAS.....	223
ANEXOS.....	252
APÊNDICES.....	258

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. Esquema das Etapas do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE).....	32
Figura 02. Esquema do Panorama das Pesquisas com o MRE.....	35
Figura 03. Sistematização dos procedimentos adotados para realização das etapas do MRE.....	36
Figura 04. Fragmento de cortiça observado ao microscópio composto.....	58
Figura 05. Panorama sobre a evolução do conceito de célula.....	61
Figura 06. Panorama do desenvolvimento do microscópio.....	63
Figura 07. Ex. Célula Procarionte - Representação de uma bactéria (A) e Fotografias (B e C) de uma e várias bactérias (colônia).....	67
Figura 08. Ex. Célula Eucarionte - Representação esquemática (A) e Micrografias óticas (B e C) de neurônios.....	68
Figura 09. Membrana Plasmática (Mosaico Fluido) - Representação de membrana plasmática (A e B) e Micrografia (C) de membrana plasmática.....	70
Figura 10. Ex. de uma organela citoplasmática - Representação de uma mitocôndria (A) e Micrografia (B e C) de uma mitocôndria.....	73
Figura 11. Núcleo Celular - Representação de um núcleo celular eucarionte (A) e Micrografia (B e C) de um núcleo celular eucarionte.....	74
Figura 12. Síntese das dificuldades associadas aos processos de ensino-aprendizagem do conceito de célula.....	101
Figura 13. Modelo de uma SEA/TLS.....	121
Figura 14. Linha temporal do grupo A.....	155
Figura 15. Linha temporal do grupo B.....	156
Figura 16. Linha temporal do grupo C.....	157
Figura 17. Linha temporal do grupo D.....	158
Figura 18. Linha Histórica da célula (produção final).....	160
Figura 19. Fragmento de cortiça (produção e observação).....	164
Figura 20. Elaboração de “desenho” da estrutura celular vegetal.....	164
Figura 21. Mucosa Bucal (preparação e observação).....	165
Figura 22. Elaboração de “desenho” da estrutura celular animal.....	166
Figura 23. Resumo da Sequência da Animação/Simulação (organelas celulares).....	171
Figuras 24. Conjunto de Imagens - discussão sobre o núcleo.....	183
Figura 25. Resumo da Sequência da Animação/Simulação (osmose).....	186
Figura 26. Meio hipotônico.....	189
Figura 27. Meio hipertônico.....	189
Figura 28. Terminologia (hipotônico, isotônico e hipertônico).....	189
Figura 29. Aplicativo “Cell World”.....	190
Figura 30. Resumo da Sequência do Aplicativo “Cell World”.....	191
Figura 31. Aplicativo iCell.....	192
Figura 32. Resumo da Sequência do Aplicativo “iCell”.....	193
Figura 33. Imagem Explicativa - Desvio de sinalização (Grupo A).....	198
Figura 34. Imagem Explicativa - Desvio de Coerência (Grupo B).....	199
Figura 35. Imagem organizacional. Desvio de coerência e sinalização (Grupo C).....	201
Figura 36. Imagem explicativa. Desvio de coerência e sinalização (Grupo	

C).....	201
Figura 37. Imagem organizacional. Desvio de coerência (Grupo D).....	202
Figura 38. Imagem Explicativa. Desvio de coerência (Grupo D).....	202
Figura 39. Quantitativo de Imagens reunidas (VD e VnD) nos LD.....	203
Figura 40. Quantitativo de imagens (VD e VnD) por LD.....	204
Figura 41. Quantitativo de imagens individuais, por tipo nos LD.....	204
Figura 42. Quantitativo de imagens conjuntas, por tipo nos LD.....	205
Figura 43. Quantitativo de Desvios por LD.....	207
Figura 44. Quantitativo de Desvios Imagéticos (O+E) nos LD.....	207
Figura 45. Associação da Medula Óssea (AMEO).....	210
Figura 46. Caso de Câncer.....	214
Figura 47. Nanosensor e Câncer.....	215
Figura 48. Atividade (câncer).....	216
Figura 49. Diálogo entre células.....	217

LISTA DE QUADROS

Quadro 01. Análise Didática (AD)– Questões Norteadoras.....	29
Quadro 02. Livros do Ensino Médio utilizados na pesquisa.....	42
Quadro 03. Livros do Ensino Superior utilizados na Pesquisa.....	42
Quadro 04. Perfil dos Docentes entrevistados na pesquisa.....	46
Quadro 05. Perfil dos estudantes participantes da pesquisa.....	47
Quadro 06. Perfil do Professor/Pesquisador envolvido na pesquisa.....	47
Quadro 07. Síntese das argutivas A, B e C na perspectiva de documentos oficiais, docentes, estudantes e do professor/pesquisador.....	54
Quadro 08. Síntese da Etapa1 do MRE (AEC: EC e ASE) sobre o conceito de célula.....	55
Quadro 09. Algumas ilustrações do livro <i>Micrographia</i>	57
Quadro 10. Ilustrações de alguns tipos de microscópios.....	66
Quadro 11. Uso de Imagens no Ensino de Ciências e Biologia.....	76
Quadro 12. Princípios Multimídias.....	81
Quadro 13. Sistematização dos trabalhos coletados em eventos que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.....	93
Quadro 14. Sistematização dos trabalhos acadêmicos coletados que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.....	94
Quadro 15. Sistematização dos trabalhos coletados em periódicos que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.....	96
Quadro 16. Sistematização dos trabalhos coletados online que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito e célula.....	99
Quadro 17. Síntese da argutiva D na perspectiva dos docentes, estudantes e do professor/pesquisador.....	103
Quadro 18. Síntese das dificuldades relacionadas aos processos de ensino aprendizagem do conceito de célula que emergiram na Etapa 2 do MRE.....	104
Quadro 19. Sugestão para abordagem do conceito de célula, estruturada a partir do Ensino Médio e Superior, explicitando as possibilidades de articulação entre os conceitos, subconceitos e processos.....	108
Quadro 20. Algumas pesquisas sobre animações/simulações para aprendizagem.....	114
Quadro 21. Síntese das propostas dos entrevistados para o ensino e a aprendizagem do conceito de célula para a Etapa 3 do MRE.....	118
Quadro 22. Síntese dos elementos escolhidos a partir das Etapas do MRE (1, 2 e 3) para a composição do processo de instrução sobre o conceito de célula.....	119
Quadro 23. Elementos de desenho elencados por Soares (2010) a partir da proposta de Mehéut.....	123
Quadro 24. Blocos propostos por Soares (2010) para orientar a estruturação de SEA.....	124
Quadro 25. Síntese dos momentos da Sequência de Ensino Aprendizagem para o conceito de célula.....	131
Quadro 26. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 1 (Importância do estudo da célula).....	136
Quadro 27. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 2 (Conceito de Célula).....	137
Quadro 28. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a	

questão 3 (Palavras que represente à célula).....	138
Quadro 29. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 4 (Célula e a relação Micro/Macro).....	139
Quadro 30. Exemplos de alguns “desenhos” da Estrutura Celular em relação à resposta cinco.....	141
Quadro 31. Sistematização de algumas respostas dos estudantes a questão seis (Linha de “tamanho”).....	146
Quadro 32. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 7 (Pesquisadores).	147
Quadro 33. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 8 (Ovo de ave – Célula gigante).	149
Quadro 34. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 9. (Coloração da Organela).....	150
Quadro 35. Sistematização da alguns mapas conceituais construído pelos estudantes em resposta a solicitação feita na questão 10.....	152
Quadro 36. Proposta da Animação/Simulação – Portal do Professor.....	168
Quadro 37. Proposta da Animação/Simulação – RIVED.....	169
Quadro 38. Considerações dos estudantes sobre a animação/simulação (organelas celulares).....	172
Quadro 39. Discussão dos estudantes (animação organelas).....	174
Quadro 40. Síntese do diálogo sobre a animação (organelas).....	183
Quadro 41. Considerações dos estudantes sobre a animação/simulação (osmose).....	187
Quadro 42. Diálogo sobre os aplicativos.....	193
Quadro 43. Livros utilizados na intervenção.....	195
Quadro 44. Relação entre princípios multimídias e critérios de exclusão das imagens.....	196
Quadro 45. Classificação das Imagens no LD.....	203
Quadro 46. Imagens VD com desvios de princípios imagéticos.	206
Quadro 47. Breves considerações sobre o tema contemporâneo TMO.....	211
Quadro 48. Diálogo sobre o tema contemporâneo (Células-Tronco).....	212
Quadro 49. Diálogo sobre o tema contemporâneo (Câncer).....	214

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Análise Didática	28
AEC	Análise da Estrutura do Conteúdo	32
ASE	Análise do Significado Educacional	40
CAV	Centro Acadêmico de Vitória	42
CI	Construção da Instrução	32
D	Decorativa	196
DE	Dimensão Epistêmica	121
DP	Dimensão Pedagógica	121
E	Explicativa	196
EC	Estrutura do Conteúdo	32
IE	Investigações Empíricas	32
MEC	Ministério da Educação	83
MO	Microscópio Óptico	144
ME	Microscópio Eletrônico	144
MRE	Modelo de Reconstrução Educacional	20
OCNEM	Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio	18
O	Organizacional	196
PCN+EM	Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio	19
PCNEF	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental	19
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio	19
PEBEP	Parâmetros da Educação Básica do Estado de Pernambuco	19
PPC	Projeto Pedagógico do Curso	48
PC	Princípio da Coerência	196
PS	Princípio da Sinalização	196
PCE	Princípio da Contiguidade Espacial	196
R	Representativa	196
SEA	Sequências de Ensino Aprendizagem	116
TCAM	Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia	79
TLS	Teaching Learning Sequence	120
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco	42
VD	Valor Didático	196
VnD	Valor não Didático	198

INTRODUÇÃO

A construção do conceito de célula, enfatizado nos documentos: Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental (PCNEF), Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio (PCN+EM), Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (OCNEM) e nos Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco (PEBEP) é relevante para a compreensão da vida e para estabelecer pontes com várias áreas do conhecimento (BRASIL, 1998, 2000, 2002, 2006; PERNAMBUCO, 2013a; 2013b).

A célula representa a estrutura primordial da vida, sendo essencial à formação de todos os seres vivos. É dotada de inigualáveis funções: diferenciar, manter e criar cópias de si mesma pelo crescimento e posterior divisão. Apesar da dimensão minúscula promove a formação de importantes e diferentes padrões vivos, constituindo grupos procarióticos e eucarióticos, organizados a partir de suas peculiaridades. Características estruturais e funcionais colocam a célula numa posição prioritária e de interesse em diversos campos das Ciências e, em particular, na Biologia (ALBERTS et al., 2010).

A problemática sobre o estudo de conceitos abstratos, em especial a célula, tem sido objeto de interesse em pesquisas no Campo das Ciências referenciadas pelos trabalhos de Caballer e Giménez (1992; 1993); Palmero e Moreira (1999); Palmero (2000a; 2000b, 2003). Estes, entre outros trabalhos, têm oportunizado discussões sobre as dificuldades no ensino-aprendizagem do conceito de célula e relatam equívocos conceituais no campo da Biologia.

Essas pesquisas apontaram que a abstração representava um obstáculo na compreensão do conceito de célula e tornava mais difícil a sua compreensão. Assim, à medida que se adentra no estudo da organização e funcionamento celular, a diminuição em nível de percepção visual exige significativa capacidade de abstração do indivíduo (ZUANON; DINIZ, 2003; NEVES, 2006; NEVES; CARNEIRO-LEÃO; FERREIRA, 2012).

Nas salas de aulas, o conceito de célula muitas vezes é trabalhado em um paradigma tradicional de ensino, enfocando a memorização e a reprodução de informações de forma descritiva, segmentada e teórica (KRASILCHIK, 2005;

FERREIRA; CARPIN; BEHRENS, 2010). Isso acarreta uma compreensão inadequada do conceito de célula pelos estudantes, em vários níveis de ensino, o que gera muitos conflitos com as perspectivas científicas, e que pode vir a se tornar um obstáculo ao entendimento contextual do sujeito.

Outra dificuldade está relacionada ao estabelecimento de interlocuções entre o conceito de célula com outras áreas da Biologia, como a histologia, a embriologia, a bioquímica, a genética, a anatomia, a fisiologia e a ecologia, para que seja compreensível ou mesmo se estabeleça uma relação sistêmica e articulada (ZUANON; DINIZ, 2003; MACHADO, 2005; KRASICHIK, 2005; NEVES, 2006; FERREIRA; CARPIN; BEHRENS, 2010; NEVES, 2006; NEVES; CARNEIRO-LEÃO; FERREIRA, 2012).

Essas dificuldades se desdobram ainda, sobre as abordagens docentes fragmentadas, nas quais o conhecimento é apresentado de forma simplista, desconectado e vago, estimulando a memorização de nomes complexos, o que resulta em problemas para a contextualização (MACHADO, 2005; KRASICHIK, 2005; CARNEIRO-LEÃO et al., 2010).

Esta situação pode ser atribuída a deficiências do processo de ensinar e de aprender, às transposições de conteúdo entre professores e alunos, e que por vezes, resultam numa abordagem inadequada de muitos fenômenos biológicos (ZUANON; DINIZ, 2003; BAHAR, 2003).

Neste sentido, Ferreira, Carpin e Behrens (2010) sugerem que a proposta do ensino deve superar o paradigma da fragmentação, enveredando por novos caminhos numa visão sistêmica, em que o papel do professor seja também de pesquisador e mediador, colaborando no desenvolvimento significativo, integral e pleno do estudante.

Diante das dificuldades e problemas mencionados, muitos docentes têm se valido de métodos diferenciados, como por exemplo: testes de associação de palavras, mapas conceituais, discussões em sala de aula, simulações de computador, discussão na web e analogias (BAHAR, 2003; NOVAK; CANAS, 2010) e visando minimizar os problemas associados à abstração e melhorar as articulações na abordagem do conteúdo (ZUANON; DINIZ, 2003; OLIVEIRA, 2007).

Contudo, Spiro e Jehng (1990) e Carvalho (1998), enfatizam que o uso dessas abordagens diferenciadas, buscando favorecer o processo de ensino-

aprendizagem, muitas vezes compromete a compreensão do conceito em uma perspectiva complexa, uma vez que acabam por adotar um viés de simplificação dos conceitos a serem estudados.

Além disso, temos o emprego das tecnologias de informação e comunicação dos recursos educacionais digitais (vídeos, jogos digitais, simulações, animações e software educativo) (CEPNI; TAS; KOSE, 2006; YESILYURT; KARA, 2007, 2007a; LIMA, 2009; MENDES, 2010), bem como dos modelos didáticos (CLARK; MATHIS, 2000; SANMARTÍ, 2009), para o estudo de conceitos. Estas propostas podem se constituir em ferramentas colaborativas no Ensino de Biologia e nas práticas dos professores, oportunizando aulas contextualizadas com o conhecimento científico e estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico (BRASIL, 2000).

Observando as discussões acima, reiteramos que o estudo conceitual de célula não pode ser realizado através por meio de métodos tradicionais de ensino, requerendo procedimentos teóricos e metodológicos diferenciados e que promovam um *feedback* mais significativo, diminuindo as incoerências e resultando em processos de ensino-aprendizagem mais adequados.

Assim, para o desenvolvimento desta pesquisa foi feito o resgate de um arcabouço teórico metodológico conhecido como Modelo de Reconstrução Educacional (MRE), proposto nos anos 90 por pesquisadores alemães. O MRE tem tido um crescente espaço na comunidade acadêmica, como atestam as inúmeras publicações internacionais (TAŞAR; ÇAKMAKCI, 2009; 2009a; 2009b), com significativas contribuições para o Ensino das Ciências, pois envolve a pesquisa e a intervenção didática visando à identificação das características mais importantes de um conceito e sua evolução em diferentes contextos de ensino. Entretanto, trata-se de uma proposta ainda pouco conhecida e trabalhada no cenário nacional.

A partir desse cenário apresentado, delineamos nossa questão de pesquisa: Como se desenvolve a abordagem do conceito de célula a partir do MRE?

Objetivo geral:

Investigar a abordagem do conceito de célula, com licenciandos em Ciências Biológicas, utilizando o Modelo de Reconstrução Educacional.

Objetivos específicos:

- Analisar as contribuições das etapas de Análise do Conteúdo (etapa I), de Pesquisa Empírica (etapa II) e de Construção da Instrução (etapa III) do MRE para o processo de ensino-aprendizagem do conceito de célula;
- Estruturar e aplicar uma Sequência de Ensino Aprendizagem para o conceito de célula, desenhada a partir da perspectiva de Mehéut, considerando elementos específicos apontados pelas etapas 1 e 2 do MRE;
- Avaliar o uso do MRE como modelo para o desenvolvimento de processos de ensino aprendizagem de construção de conceitos científicos e de processo formativo de licenciandos em Ciências Biológicas.

Finalizando o momento, ressaltamos que o desenvolvimento desta pesquisa, do ponto de vista conceitual, está centrado na célula eucarionte animal. Outra consideração importante versa sobre o formato escolhido para a apresentação da tese, cuja apresentação textual é “diferenciada” da estrutura padrão ou formatação usual comum encontrada na maioria do corpus de trabalhos acadêmicos, pois acreditamos que esse delineamento escolhido, proporciona melhor compreensão de como o Modelo de Reconstrução Educacional funciona e perpassa toda a pesquisa.

Por fim, cabe aqui pontuar algumas considerações sobre o Professor/Pesquisador nesta pesquisa de doutoramento.

Como fundo de nossa trajetória acadêmica, a nossa formação em Ciências Biológicas no permitiu procurar ações mais significativas no âmbito escolar, visando mudanças nesses ambientes de aprendizagem, cujas novas demandas de aprendizagem apontam para propostas diferenciadas no intuito de promover uma ressignificação de conceitos e significados aos sujeitos.

A partir de nosso envolvimento na Pós-Graduação nos valem de propostas que colaboraram para potencializar o ensino em sala de aula e algumas delas, fizeram e fazem parte de nossas pesquisas educacionais, e que nos valem do uso

de arcabouços teórico e/ou metodológicos como propostas promissoras, a fim de alcançar novas perspectivas.

Na nossa trajetória profissional, e hoje como Docente da UFPE, utilizamos no contexto de nossas pesquisas, o Círculo Hermenêutico-Dialético de Guba e Lincoln; o Ciclo da Experiência de Kelly, a Sequência de Ensino Aprendizagem de Mehéut e Ferramentas de Design e o Modelo de Reconstrução Educacional de Duit entre outras. Ao nosso olhar, esses arcabouços se valem de percursos de aprendizagens, que visam potencializar o ensino e a aprendizagem de conceitos, e a partir disso, promovem uma sofisticação epistemológica na construção conceitual dos sujeitos.

Entendendo o uso desse tipo de proposta como um ponto majorante para as Ciências e em especial a Biologia, consideramos pertinente envolver o seu potencial didático-pedagógico para o estudo de conceitos, como a célula. Esse conceito é abstrato e de difícil compreensão para estudantes e professores, que possivelmente por métodos tradicionais não seria possível observar suas nuances ou mesmo haveria apenas a repetir discussões já comentadas em outras pesquisas.

Acreditamos no potencial dos arcabouços, promovemos o encontro entre a célula e o MRE, cuja proposta alça novos enlaces, olhares e perspectivas no processo ensino-aprendizagem, e que podem muito apontaria sobre o ensino e a aprendizagem conceitual e a trajetória e os caminhos de aprendizagem dos sujeitos, principalmente na área de Biologia.

Dessa forma, esta tese está estruturada em seis capítulos, descritos a seguir.

CAPÍTULO I – PERSPECTIVAS FILOSÓFICAS, TÉORICAS E HISTÓRICAS ACERCA DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL

CAPITULO II - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 1 DO MRE: Análise da Estrutura do Conteúdo e Implicações para a Pesquisa

CAPITULO III - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 2 DO MRE: INVESTIGAÇÕES EMPÍRICAS E IMPLICAÇÕES PARA A PESQUISA

CAPITULO IV - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 3 DO MRE: CONSTRUÇÃO DA INSTRUÇÃO

CAPÍTULO V - RESULTADO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO APRENDIZAGEM SOBRE O CONCEITO DE CÉLULA

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES

As referências, os apêndices e os anexos utilizados nesta pesquisa estão apresentados no final.

CAPÍTULO I – PERSPECTIVAS FILOSÓFICAS, TÉORICAS E HISTÓRICAS ACERCA DO MODELO DE RECONSTRUÇÃO EDUCACIONAL

Nesta seção, apresentaremos o Modelo de Reconstrução Educacional (MRE), a partir de uma breve retrospectiva da pesquisa baseada em desenho, que representa um viés dessa modalidade de pesquisa. Em seguida, tecemos considerações sobre a trajetória histórica e os pressupostos teórico-metodológicos do modelo em questão.

1.1 Modelo de Reconstrução Educacional: pressupostos filosóficos, teóricos e históricos

O design tem sido usado para descrever a modalidade de pesquisa, considerada como: Investigação Baseada no Planejamento; Desenho da Ciência, Experiências de Design ou Pesquisa em Design (BROWN, 1992; KELLY, 2004; VAN DEN AKKER et al., 2006; COSTA; POLINI, 2011). Aqui, optamos por apresentar como Pesquisa em Desenho, visando utilizar o termo numa tradução mais específica.

Este modelo de investigação é similar aos utilizados na Aeronáutica ou na Inteligência Artificial através de planos, ferramentas tecnológicas ou desenhos buscando responder a uma problemática educacional (OLIVEIRA et al., 2009). Assim, representa uma estrutura emergente, que pode orientar melhor a pesquisa educacional, construindo uma relação entre a pesquisa em educação e os problemas do mundo real (BROWN, 1992; COBB et al., 2003; DBRC, 2003; VAN DEN AKKER et al., 2006).

Consiste em uma metodologia sistemática e flexível de caráter qualitativo e quantitativo, aplicada para melhorar as práticas de ensino, através da análise interativa, design, desenvolvimento e implementação (WANG; HANNAFIN, 2005; DEDE, 2005). Esse tipo de proposta evoca uma relação entre a teoria e a prática, com foco na investigação educacional da prática pedagógica e na construção do conhecimento educacional, contribuindo para o desenvolvimento do processo ensino-aprendizagem (OLIVEIRA et al., 2009).

Pode partir da resolução de problemas complexos em contextos reais junto com os professores e a realização de uma investigação rigorosa e reflexiva para testar e aperfeiçoar ambientes de aprendizagem inovadores (REEVES, 2006). Busca uma análise dos processos de aprendizagem em domínios específicos combinando a pesquisa educacional empírica com o design, por meio de ambientes de aprendizagem (BROWN, 1992; KELLY, 2003), não se tratando de um simples conjunto de atividades sequenciadas (COSTA, POLONI, 2011).

Para tanto, o design pode representar um projeto, um desenho ou um modelo e na educação está diretamente relacionado ao desenvolvimento de um artefato pedagógico (KELLY, 2004; RAMOS, 2010). Estes não são necessariamente produtos concretos como materiais pedagógicos (livros didáticos, jogos, software), mas incluem também, processos como atividades, currículos e teorias, caracterizados pelas intervenções que incorporam reivindicações teóricas específicas sobre ensinar e aprender, articulando teoria, artefatos projetados e a prática educativa (VAN DEN AKKER, 1999).

Assim, envolve a elaboração de um planejamento para o contexto de ensino e permite o uso de ferramentas tecnológicas, do currículo e de teorias que podem ser aportadas para a compreensão de como os alunos aprendem (BARAB, ARICI; JACKSON, 2005; BARAB; SQUIRE, 2004). Ou seja, consiste em atividades relacionadas com a construção e avaliação de artefatos de tecnologia para atender às necessidades organizacionais, bem como o desenvolvimento de suas teorias associadas (REEVES, 2006).

Sendo assim, visa aumentar significativamente a relevância da pesquisa para a prática, envolvendo os sujeitos da pesquisa em diferentes papéis durante todo o processo de investigação (COSTA, POLONI, 2011). Além do mais, corrobora na produção do desenho educacional, no desenvolvimento da linguagem científica, no uso das ferramentas tecnológicas e na implementação de estratégias diferenciadas (JUTTI; LAVONEN, 2006; LOUGHRAN; BERRY, MULHALL, 2006).

Algumas das características das pesquisas baseada em desenho resultam na produção de teorias sobre ensino e aprendizagem, de caráter intervencionista, que ocorre em contextos naturalistas e interativos, permitindo que os pesquisadores ajustem os vários aspectos do contexto (BARAB; SQUIRE, 2004). Essas

peculiaridades buscam desenvolver melhor o conhecimento didático do conteúdo específico, envoltos numa visão construtivista (BROWN, 1992; LIJNSE, 2000).

Diante do exposto, compreendemos os motivos pelos quais a pesquisa baseada em desenho vem despertando interesse crescente de pesquisadores em vários campos da Ciência.

Neste sentido, o Modelo de Reconstrução Educacional é um dos expoentes desse tipo de pesquisa sendo bastante utilizado no contexto internacional. Mas, considerando que esse modelo ainda é pouco conhecido no contexto nacional, foi realizado um resgate histórico de suas premissas teóricas, para em seguida apresentar seu delineamento metodológico.

A necessidade de pesquisas que abordassem problemas complexos na prática educativa evocou o surgimento de novos tipos de abordagens que visavam solucionar problemas da prática educacional, em detrimento aos modelos tradicionais de ensino, os quais dificilmente forneciam prescrições úteis para a resolução das dificuldades educacionais e sobre questões da prática cotidiana escolar (VAN DEN AKKER, 1999; PLOMP; NIEVEEN, 2007).

Nas décadas de 70/80, muitas pesquisas focavam apenas as concepções alternativas e a argumentação espontânea do estudante, envolvendo estudos de longa duração (MEHEUT; PSILLOS, 2004; MEHEUT, 2005). O “Physical Science Study Committee” (PSSC) nos EUA (Ensino de Física) e a Fundação Nuffield na Inglaterra (Ensino de Química) propuseram na época, programas e projetos pautados na investigação experimental, buscando ações diferenciadas, por meio do pensamento livre sobre a Ciência e os cientistas, além de propor práticas nas quais o estudante tivesse participação mais ativa (VIENNOT, 2006).

Diante das novas propostas, houve fortes críticas por parte da comunidade científica, contudo, as discussões sobre as “falhas” percebidas culminaram na proposição de novos modelos para o Ensino de Ciências, através de aportes mais adequados para melhorar a prática de ensino (KAESTLE, 1993; WRIGHT, 1993).

Na década de 80 começou a surgir uma nova proposta de pesquisa baseada no desenho, por meio da implementação de currículos em curto prazo, na proposição de Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA), estratégias de ensino e ferramentas de desenho (MÉHEUT; PSILLOS, 2004; BROWN, 1992; COLLINS, 1992).

A partir da década de 90, as pesquisas baseadas em desenho começaram a ganhar espaço na comunidade educacional, por meio das contribuições de Ann Brown e Alan Collins (BROWN, 1992; COLLINS, 1992). Esses pesquisadores introduziram a “Design Based Research” (DBR) ou Pesquisa Baseada no Desenho, que se propunha a resolver problemas complexos em contextos reais, em colaboração com os professores e ainda, realizar investigação rigorosa e reflexiva, para testar e aperfeiçoar ambientes de aprendizagem inovadores.

Neste período, surgiu o Modelo de Reconstrução Educacional (MRE), cuja proposta partiu de um grupo de pesquisadores alemães, liderados por Ulrich Kattmann (Universidade de Oldenburg); Harald Gropengießer (Universidade de Hannover), Michael Komorek (Universidade de Oldenburg) e Reinders Duit (Universidade de Kiel). A partir de 2000, Reinders Duit se tornou o idealizador principal do MRE e o instituiu como premissa de suas pesquisas (KATTMAN et al. 1997; DUIT, 2006; 2007).

O Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) considera três eixos teóricos a partir dos quais emerge uma estruturação metodológica que organiza sua aplicação.

1.1.1 Eixos Teóricos

O primeiro eixo teórico refere-se aos **Conteúdos do Ensino**, ou seja, aos conteúdos do currículo, que se deseja que sejam objetos do processo de aprendizagem do estudante. Foram os pesquisadores, Ian Westbury¹, Stefan Hopmann² e Kurt Riquarts³ que discutiram em favor de uma maior articulação entre os conceitos advindos do senso comum e os conteúdos do currículo escolar, de forma a valorizar a realidade do aluno, tendo na relação professor, conteúdo e estudante, elementos fundamentais do processo.

¹ - Universidade de Illinois, em Urbana e Champaign nos EUA. Professor de Teoria Curricular e Avaliação Educacional. As pesquisas focam a Didática Alemã e currículo.

² - Universidade de Vienna, na Áustria. Professor de Educação e Desenvolvimento Humano. As pesquisas na investigação comparativa e histórica sobre educação, ensino e currículo.

³ - Universidade de Kiel na Alemanha. Pesquisador em currículo, avaliação, e política educacional.

Um aspecto relevante na discussão proposta foi o conceito de “*Bildung Didaktik*”. *Bildung* significa formação, uma formação do homem na sua plenitude (geral e integral), resultado de um processo global de educação-formação (moral, intelectual e cultural), enquanto que *Didaktik* significa processo, especificamente processo de ensinar e a ação do professor. O “*Bildung Didaktik*” representa um processo analítico de transpor (transformar) o conhecimento humano em conhecimento disciplinar específico, capaz de ser ensinado e de contribuir para a formação do estudante (WESTBURY; HOPMANN; RIQUARTS, 2000).

O segundo eixo teórico está relacionado ao **Modelo da Análise Didática (MAD)** ou **Análise Didática (AD)**. Aqui, são discutidas as contribuições da Análise Didática (AD) de Wolfgang Klafki⁴, que consiste num grupo de perguntas direcionadas ao professor sobre a abordagem do conteúdo proposto aos estudantes, antes da apresentação em sala de aula (KLAFKI, 1958).

Klafki estabeleceu suas bases filosóficas na Alemanha na década de 20 com a Teoria Crítica, pautada num ideal de liberdade contra a burguesia e o capitalismo que imperavam na época. Foi um movimento cujos precursores foram Max Horkheimer, Theodoro Adorno e Herbert Marcuse, Jürgen Habermas, Alfred Schmidt, Herbert Schnadelbach e Karl Otto Apel, e que deu origem a criação do Instituto de Pesquisa Social, em Frankfurt, com o objetivo de realizar uma investigação social sobre a industrialização moderna (ROITH, 2006).

A partir da década de 50, Klafki se debruçou sobre os alicerces da Ciência do Espírito (Ciências Humanas) através do método histórico-sistemático, pelo qual procurava o sentido, as ideias, os sentimentos e os interesses dentro de um sistema para a prática educacional. Ele também começou a incorporar os princípios da Teoria Crítica em suas próprias reflexões. Por fim, a influência de seu orientador Heinrich Roith na perspectiva da pesquisa educacional, colaborou com as mudanças na sua concepção do Ensino de Ciências desenvolvendo a Ciência Crítica da Educação (ROITH, 2006).

Klafki propôs uma Ciência Educacional (Crítico-Construtiva) e, em suas argumentações, focalizou questões relacionadas aos problemas práticos da escola,

⁴ - Professor em escolas do Ensino Secundário e nas Universidades de Göttingen e Bonn. Atua no planejamento para a política educacional, desenvolvimento curricular, sistema educacional, organização escolar, história da educação, Teoria do “*Bildung Didaktik*”.

implicando sempre em propostas e reivindicações sobre a política educativa, a organização escolar, a prática docente e aos problemas metodológicos (ROITH, 2006); (STOIANOV, 2011).

A partir de sua Tese de Doutorado em 1957, cuja abordagem alçava sobre problemas pedagógicos escolares, começou a discutir e a propor formas de colaborar com a prática docente, direcionando reflexões para o processo formativo. Nessa direção, considerando que na época existia pouca discussão sobre os conteúdos escolares, métodos e processos para a análise do ensino e da aprendizagem na abordagem dos conteúdos começou a elaborar questões norteadoras, a partir das quais os professores poderiam organizar previamente o conteúdo educacional previsto à classe, o que representaria hoje, o Modelo de Análise Didática ou simplesmente Análise Didática (AD).

A **Análise Didática (AD)** foi constituída em 1958 sob o título: "**Análise Didática como Núcleo de Tempo de Preparação**", sendo reeditado em 1964 e 1969, como **Análise Didática (AD)** (KLAFKI, 1958, tradução nossa; DUIT, 2006, 2007). A AD representa um modelo de ensino pautado na observação do conteúdo. Em outras palavras, trata-se de um guia de ação para planejamento de aulas, antes do método (HEIDEMANN, 2000).

Para a execução da AD foram estabelecidas cinco questões interdependentes (Quadro 01), que poderiam ser utilizadas pelo professor para preparar a abordagem do conteúdo em sala de aula (VILMAR, 2004).

Quadro 01. Análise Didática (AD) – Questões Norteadoras.

Perguntas	Considerações
A - Qual é a ideia geral que está representada pelos conteúdos nesses tópicos de interesse? Quais são os fenômenos ou princípios básicos? Quais são as leis gerais que podem ser consideradas como essenciais para que as pessoas possam lidar com esse conteúdo?	A forma, a maneira como o conteúdo é apresentado nos manuais, livros, documentos ou referenciais de ensino.
B - O que é preciso saber para se trabalhar numa forma imediata com esse conteúdo? Quais são as experiências, os conhecimentos, as habilidades, as competências que devem ser desenvolvidas quando os estudantes lidam com esse conteúdo? Qual deve ser a significância desse conteúdo do ponto de vista pedagógico?	A familiaridade no tópico em estudo para os sujeitos. O professor deve levar este fato em consideração no planejamento de aulas. A pré-compreensão dos alunos constitui o ponto de partida para o processo de planejamento.

...continuação do quadro 01.

C - Qual a significância desse conteúdo para o futuro dos estudantes?	A perspectiva, o sentido, os interesses em se aplicar o conteúdo para a vida dos estudantes. O conteúdo apresentado desempenha um papel vital na vida intelectual, ou se houver justificativa para assumir que ele irá desempenhar esse papel, quando se tornam adolescentes e adultos.
D - Qual é a estrutura desse conteúdo quando se considera a perspectiva pedagógica?	Os elementos particulares, específicos, significativos e de importância relativos ao conteúdo.
E - Quais são os casos particulares, os fenômenos ou as situações, que podem ajudar a fazer desse conteúdo específico interessante, questionável, acessível e entendível para os estudantes?	Evoca a apresentação do conteúdo através dos métodos a serem utilizados (atividades, experimentos, fenômenos, situações, experiências, controvérsias, imagens, sugestões, observações, situações, histórias ou modelos) que podem ser implantados para promover o processo de ensino-aprendizagem.

Fonte: Klafki (1958, p.01-04), tradução nossa.

Assim, instituiu um norte para aplicação do conteúdo em sala de aula propiciando ao docente um olhar crítico para estruturar aulas mais condizentes com as perspectivas dos estudantes. Também, se constituiu numa ferramenta para a reflexão do docente sobre a abordagem do conteúdo a partir de questionamentos-chaves, antes de sua apresentação em sala de aula.

O terceiro eixo teórico se refere sobre o **Construtivismo** e a **Mudança Conceitual**. Consiste num quadro epistemológico construtivista para o processo de ensino-aprendizagem baseado nas ideias de Denis Charles Phillips⁵, Ari Widodo⁶; sob a ótica do construtivismo na educação e, Reiners Duit e David Treagust⁷ e Piet Lijnse⁸, acerca da mudança conceitual (DUIT, 2006; 2007).

O Construtivismo enfatiza que o conhecimento não é recebido passivamente, mas construído pelo sujeito. Nesse sentido, os estudos de Duit (2009),

⁵ - Universidade de Stanford, no EUA. Professor de Educação e Filosofia. Estuda a Filosofia da Educação e Ciências Sociais, Pesquisa Educacional, Avaliação e Construtivismo.

⁶ - Universidade de Bandung, na Indonésia. Pesquisa sobre prática construtivista, ambientes de aprendizagem e sequências de ensino.

⁷ - Universidade de Curtin, na Austrália. Pesquisas na elaboração de estratégias e instrumentos pedagógicos, analogias, modelos na compreensão de conceitos científicos e na mudança conceitual.

⁸ - Universidade de Utrecht, na Holanda. Professor de Ensino de Física. Desenvolveu o design - Pesquisa Desenvolvimental. Discute a estrutura do currículo e as ideias voltadas para os problemas na aprendizagem e no ensino.

demonstraram que os indivíduos não são aprendizes passivos, mas que dão sentido à nova informação em termos de suas ideias e de suas experiências anteriores e que esse dito conhecimento, não está de acordo com a visão da ciência desejada pela escola. Assim, considera os sentidos dados pelos alunos como equívocos ou concepções alternativas, que dado ao seu caráter extremamente resistente à mudança, representa um grande desafio para os professores de Ciências e pesquisadores da Educação em Ciências.

Essas pesquisas consideraram que muitos estudantes possuíam conhecimento ou crença sobre determinado fenômeno ou conceito a ser ensinado, cujas ideias estavam enraizadas e em desconformidade com a visão científica se mostrando bastante ingênuas e limitadas (DUIT; TREAGUST, 2003). Igualmente aos alunos, muitos professores também, apresentam concepções de conceitos científicos não adequados com o ponto de vista da ciência, além de visões limitadas do processo de ensino e de aprendizagem. Desta forma, tanto alunos como professores precisariam passar por mudanças conceituais (DUIT, 2009; DUIT, TREAGUST; WIDODO, 2008).

É importante destacar que, na perspectiva de Duit, a mudança conceitual é considerada não como uma substituição de uma teoria ingênua incorreta por uma teoria correta, mas como uma abertura para um espaço conceitual através do aumento da consciência metaconceitual e da sofisticação epistemológica, criando possibilidade de entender diferentes perspectivas e diferentes pontos de vista (VOSNIADOU, 2008). Assim, representa um processo de ressignificação do conceito pelo estudante.

Duit considera a condição conceitual do aluno, vez que as estruturas pré-conceituais denotam percursos de aprendizagem pelas quais os conceitos científicos podem ser aprendidos e são fundamentais para uma nova reestruturação. Também considera o modo como os alunos vêm à realidade (aspectos ontológicos) e as variáveis afetivas (autoconceito, emoções, motivação e aspectos sociais) representam fatores influentes para essa mudança.

Assim, percebendo tais condições, alguns problemas operam nas concepções dos alunos e dos professores e infere dificuldades na construção conceitual, o que exige o uso de novos métodos ou procedimentos que possam colaborar com a mudança conceitual (DUIT; TREAGUST, 2003).

Passada as considerações sobre os pressupostos filosóficos, teóricos e históricos do MRE, seguimos a sua delimitação metodológica, que emergiu a partir dessa discussão anterior.

1.1.2 Estruturação Metodológica

A partir da explicitação dos três eixos que compõem o Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) e das discussões teóricas que lhe dão origem, podemos perceber os elementos metodológicos ou guias que, efetivamente, possibilitam a aplicação do modelo.

A Estruturação Metodológica do MRE compreende três etapas: **Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC)**, **Investigações Empíricas (IE)** e **Construção da Instrução (CI)**, tal como explicitado na figura 01.

Figura 01. Esquema das Etapas Metodológicas do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE).



Fonte: Kattman et al. (1997, p.02); Duit, Komorek e Wilbers (1997, p.342), Duit et al. (2012, p.21).

- **Etapa 1 - Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC):** compreende os processos de esclarecimento do conteúdo e o seu significado educacional.
- **Etapa 2 - Investigações Empíricas (IE):** consiste em coletar um conjunto de estudos empíricos das várias características do ambiente de aprendizagem sobre a perspectiva dos alunos, incluindo as concepções pré-instrucionais e variáveis

afetivas como: interesses, autoconceitos e atitudes, visto que desempenham importante papel no processo de reconstrução educacional.

- **Etapa 3 - Construção da Instrução (CI):** relacionada aos materiais pedagógicos e atividades de ensino-aprendizagem que podem ser estruturados a partir de tudo o que foi pensado e analisado nas etapas anteriores.

É importante mencionar que, embora apresentadas separadamente, as etapas do MRE estão estreitamente entrelaçadas. É a partir do desenvolvimento das etapas metodológicas, 1 e 2, que vão surgindo os elementos que irão possibilitar a construção da instrução, a terceira etapa.

Com o intuito de ilustrar a aplicação do MRE foi compilada da literatura internacional, um conjunto de pesquisas que o utilizam como arcabouço teórico metodológico, visto que o modelo é pouco conhecido no Brasil.

1.20 uso do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE): Revisão da Literatura Internacional

O MRE representa um modelo de desenho instrucional visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem educacional através de um processo cíclico, reflexão teórica, análise conceitual e desenvolvimento curricular em pequena escala (LIJNSE, 1994).

Desde os anos 90, têm sido publicadas sobre o MRE, vários artigos nas áreas da biologia, física, química, geografia e fisioterapia, versando sobre diferentes temas como: genética, evolução, biodiversidade, ecossistemas, sistemas não lineares ou nanociência.

Muitas dessas pesquisas foram destaques em conferências internacionais, especificamente na “European Science Education Research Association” (ESERA), o que implicou num reconhecimento crescente da orientação e direcionamentos previstos no modelo (TAŞAR; ÇAKMAKCI, 2009; 2009a; 2009b).

Inicialmente o modelo foi empregado para a estruturação de Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA) no Ensino de Física (DUIT, KOMOREK; WILBERS, 1997; KOMOREK; DUIT, 2004; NURKKA, 2008). Atualmente, tem sido aplicado para

orientar processos de ensino de conceitos na Educação em Ciências (VAN DIJK; KATTMANN, 2007).

A revisão da literatura permitiu identificarmos, para além de um significativo número de artigos científicos, um conjunto de trabalhos académicos na Finlândia e na Itália, em nível de Mestrado (LAHERTO, 2012) e Doutorado (LUPO, 2008; LA FATA, 2010), demonstrando o crescente interesse da comunidade académica internacional no MRE.

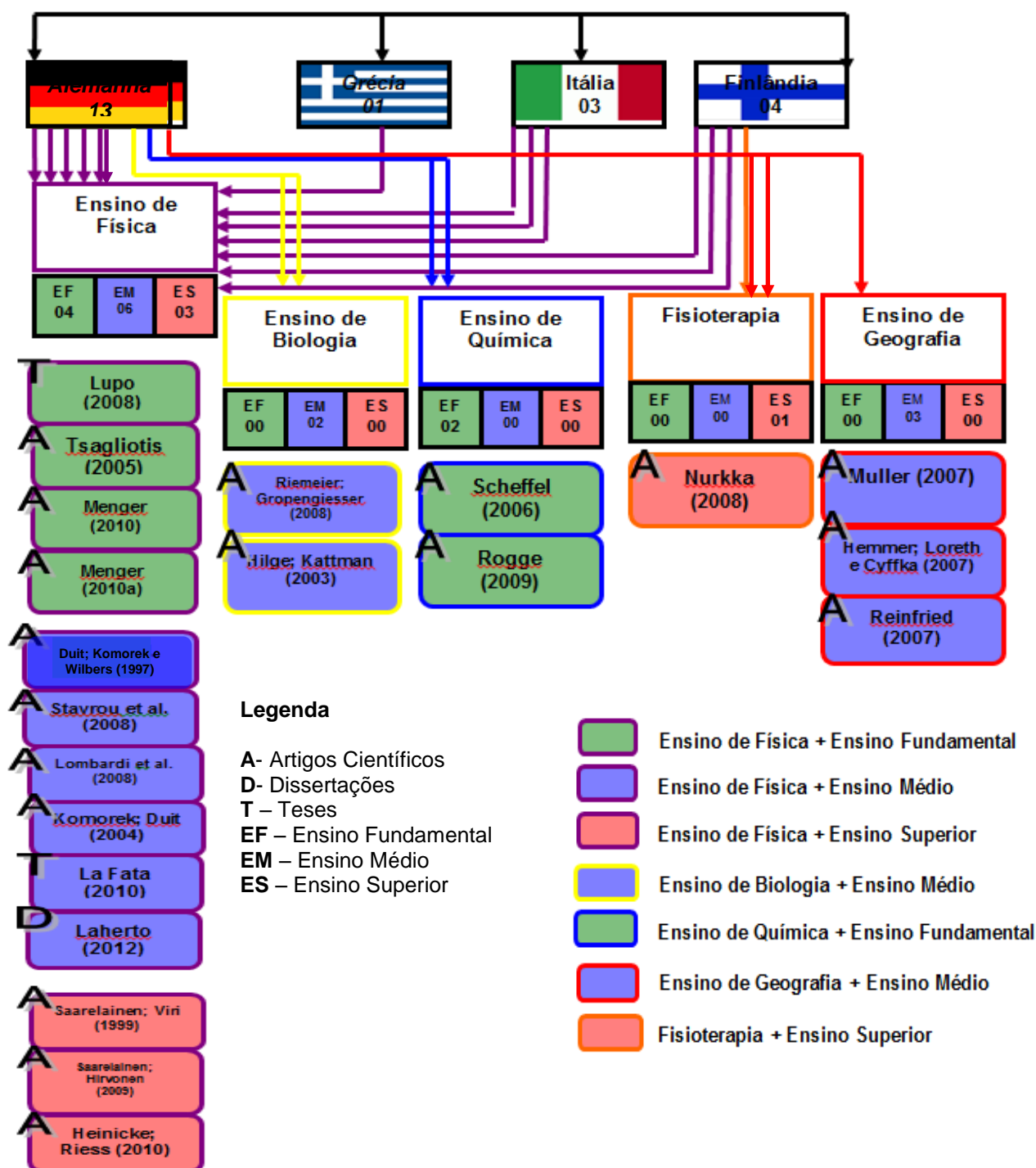
Também se observa novos direcionamentos no uso do modelo, como o proposto pelo “Leibniz Institute for Science and Mathematics Education” - (IPN) em Kiel na Universidade de Oldenburg, no qual o MRE tem sido utilizado para estruturar o Programa de Pós-Graduação de Educação em Ciências.

Essas perspectivas só confirmam que o modelo não só representa um quadro frutífero para o planeamento e o design instrucional, como também, permite o desenvolvimento profissional dos docentes.

Inicialmente, foi realizado um levantamento a partir das pesquisas que utilizaram o MRE, obtendo um montante de 21 trabalhos entre artigos, dissertações e teses; publicados por pesquisadores da Alemanha, Grécia, Itália e Finlândia.

A figura 02; organiza essas publicações em função do país, área de concentração da pesquisa, tipo de produção académica e grupo pesquisado, proporcionando panorama dos trabalhos que utilizam o MRE como arcabouço teórico-metodológico.

Figura 02. Esquema do Panorama das Pesquisas com o MRE.



Fonte: O Autor

Uma vez feita essa primeira compilação, partimos para uma leitura mais detalhada do material e a figura 03, consiste num quadro no qual distribuimos os trabalhos em função do ano de publicação e sistematizamos os procedimentos adotados para cada uma das três etapas do MRE.

Figura 03. Sistematização dos procedimentos adotados para realização das etapas do MRE

Autor	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
<p>Laherto (2012) Nanociência e Nanotecnologia</p>	<p>- Livros do Ensino Superior - Entrevista com professores de ciências</p>	<p>- Análise de estudos empíricos - Entrevistas (alunos) - Questionário online (professores de ciências)</p>	<p>- Visitas a espaços não formais de aprendizagem (empresa nanotecnologia). A análise dos aspectos motivacionais/protótipo, avaliação e redesign.</p>
<p>La Fata (2010) Determinismo Caótico</p>	<p>- Livros Didáticos - Artigos científicos (historicidade e epistemologia)</p>	<p>- Pesquisa multiperspectiva Parte A: trabalho em grupo e Parte B: entrevista (semiestruturada)</p>	<p>- 09 SEA /Teste de Ensino (método de pesquisa - simulação em laboratório).</p>
<p>Menger (2010a) Tecnologia</p>	<p>- Livros Didáticos - Visão geral da literatura, currículo escolar, páginas da web.</p>	<p>- Análise de estudos empíricos - Análise psicopedagógica (identificar dificuldades de aprendizagem)</p>	<p>- 03 SEA/ Modelo Circular de processos de pensamento (Aprender fazendo, refletindo e comunicando).</p>
<p>Menger (2010b) Luz</p>	<p>- Livros Didáticos</p>	<p>Questionário</p>	<p>- SEA: óptica</p>
<p>Rogge (2009) Equilíbrio térmico e Transferência de Calor</p>	<p>- Visão geral da literatura</p>	<p>- Análise de estudos empíricos - Resultados dos processos de aprendizagem dos alunos em física</p>	<p>- Trabalho em grupo, Instrução em cartões, Atividades Experimentais e vídeos.</p>
<p>Heinicke; Riess (2009) Medição e Incerteza</p>	<p>- Livros do Ensino Superior - Conteúdo histórico, Normas Internacionais</p>	<p>Questionário online (pré e pós-teste)</p>	<p>Atividades (Práticas Laboratoriais)</p>
<p>Saarelainen e Hirvonen (2009) Campo Elétrico</p>	<p>- Livros do Ensino Superior (Eletrostática)</p>	<p>- Análise de estudos empíricos</p>	<p>- SEA e vários testes durante o curso.</p>
<p>Lombardi et al. (2008) Fibras Ópticas</p>	<p>- Livros Didáticos - Visão geral da literatura</p>	<p>- Entrevistas, planilhas, trabalhos de casa, observações de aulas.</p>	<p>- 03 SEA - Experimentação/ Software</p>

...continuação da figura 04.

Autor	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
<p>Lupo (2008) Energia Térmica</p>	<p>- Livros Didáticos (Termodinâmica)</p>	<p>- Análise de estudos empíricos - Entrevistas</p>	<p>- Teste de Ensino (método de pesquisa - simulação em laboratório).</p>
<p>Nurkka (2008) Movimento (Força)</p>	<p>-Testes pré e pós -Entrevista com alunos</p>	<p>- Pré-teste (descobrir as dificuldades em aprender e aplicar momento de força).</p>	<p>- SEA implementada por dois professores de transferência em 02 universidades finlandesas de ciências aplicadas.</p>
<p>Riemeier e Gropengiesser (2008) Divisão Celular</p>	<p>- Livros do Ensino Superior - Pesquisas históricas e recentes</p>	<p>- Análise de estudos empíricos - Análise de palavras-chaves: Divisão e Crescimento – Método Linguístico-cognitivo.</p>	<p>05 - SEA (experimentos)</p>
<p>Stavrou, Duit e Komorek (2008) Sist. não lineares</p>	<p>- Análise da produção científica</p>	<p>- Análise de estudos empíricos - Questionário pré-teste.</p>	<p>04 - SEA (experimentos)</p>
<p>Hemmer; Loreth e Cyffka (2007) Educação Ambiental (Desenvolvimento Sustentável)</p>	<p>- Questionários</p>	<p>- Oficina: Elaboração de Cartazes (exposição)</p>	<p>- Produção de Modelos para o desenvolvimento sustentável</p>
<p>Müller (2007) Meteoritos</p>	<p>- Livros Didáticos - Monografias, entrevistas, artigos científicos, recursos de internet.</p>	<p>- Questionários</p>	<p>- 04 SEA (Impactos de Meteoritos)</p>
<p>Reinfried (2007) (Água Subterrânea)</p>	<p>- Livros do Ensino Superior - Livros Didáticos</p>	<p>- Questionários e Entrevistas</p>	<p>Modelos Mentais (adaptado)</p>
<p>Scheffel (2006) Cristais e Polímeros</p>	<p>- Documentos históricos/ Argumentação dos pesquisadores</p>	<p>- Análise de estudos empíricos</p>	<p>Atividades/Análise da Argumentação.</p>
<p>Tsagliotis (2005) Energia Mecânica</p>	<p>- Entrevistas (compreensão do conceito)</p>	<p>- Entrevistas (dificuldades sobre o conceito)</p>	<p>- 12 h de ensino sobre energias/ 06 SEA (cartões)</p>

...continuação da figura 04.

Autor	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Hilge e Kattmann (2003) Micróbios	- Livros do Ensino Superior - Monografias: história da ciência - Método análise de conteúdo (adaptado)	- Entrevistas (gravadas) - Método análise de conteúdo (adaptado)	- 03 SEA (microbiologia)
Komorek e Duit (2004) Sist. não lineares	- Livros Didáticos	- Análise de estudos empíricos - Questionários pré-teste	- 04 SEA/ Ensino por Experimentação (TE) - grupos (2-4).
Saarelainen e Viri (1999) Óptica	- Revisão de literatura	- Questionários	- Tarefas de laboratório (previsão, observação e explicação de fenômenos)
Duit; Komorek e Wilbers (1997) Teoria do Caos	- Literatura de estudos relevantes referentes à teoria	- Análise de estudos empíricos - Atividades e Entrevistas	- 03 SEA (Pêndulo Magnético)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Ao analisarmos os procedimentos adotados para a realização da primeira etapa, observamos que grande parte dos trabalhos se valeu de análises dos livros didáticos, conjuntamente com outros procedimentos que incluem entrevistas com professores ou pesquisadores; questionários; análise curricular; análise de documentos históricos, entre outros.

No caso dos procedimentos sistematizados para a etapa 2, observamos que as análises dos estudos empíricos estão presentes em muitas das pesquisas, embora também neste caso, estejam associados a outras estratégias como, por exemplo, entrevistas; questionários; pré-testes. Contudo, foi nas sistematizações de procedimentos para a etapa 3 do MRE, que ocorre uma maior diversidade de encaminhamentos. Embora se possa observar a proposição de sequências de atividades, sequências de ensino e atividades experimentais, não são encontrados os pressupostos metodológicos norteando a estruturação dessas atividades, para além das orientações advindas das etapas 1 e 2 do MRE.

Era esperada uma maior diversidade para a etapa instrucional, porque ela é estruturada a partir da etapa de análise da estrutura do conteúdo e da etapa dos

estudos empíricos, ambas bastante relacionadas ao conteúdo em questão e suas especificidades. Contudo, o próprio modelo corrobora para esta diversidade, uma vez que não propõe ações bem delineadas para sua estruturação, como faz para as etapas 1 e 2.

Dessa forma, a ausência de diretrizes ou metodologia para o delineamento do processo instrucional observada na literatura e também no próprio modelo, constitui uma abertura e por isso, nesta pesquisa foi adotada a perspectiva de Mehéut (2005) para o delineamento do processo instrucional, como veremos mais a frente.

Para tanto, apresentaremos a seguir, o processo de delineamento para a Etapa 1 do MRE, e a partir dela, a formação do Subcapítulo I da tese. As informações diagnosticadas nessa etapa, a posterior, servirão para a formação do cenário didático da pesquisa, no vislumbamento da Sequência de Ensino Aprendizagem para o conceito de célula.

CAPITULO II - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 1 DO MRE: Análise da Estrutura do Conteúdo e Implicações para a Pesquisa

Este capítulo está dividido em quatro momentos. O primeiro apresenta os procedimentos para a realização da etapa de Análise da Estrutura do Conteúdo. O segundo mostra os resultados da análise realizada. O terceiro discute as implicações dessa análise para a pesquisa em questão. Por fim, o último que revisa a literatura sobre o conceito de célula, na ótica do MRE.

2.1 Procedimentos para a Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC)

A **Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC)** compreende inicialmente a **Estrutura do Conteúdo (EC)** e em seguida a **Análise do Significado Educacional (ASE)**, conforme apresentaremos a seguir.

2.1.1 Estrutura do Conteúdo (EC)

Para o desenvolvimento da EC, existe um processo denominado de *Elementarização*, que consiste na identificação do conjunto de ideias elementares da estrutura do conteúdo para a instrução. Para a sua realização se pode recorrer a livros e também, a fontes que apresentem o desenvolvimento histórico de um conceito (DUIT 2006; 2007).

Neste momento, o pesquisador investiga o conteúdo, buscando captar as ideias “gerais”, “chaves”, “elementares” do mesmo, que devem ser abordadas durante os processos de instrução.

Também são investigadas possibilidades de organização do conteúdo elencado a partir do processo anterior (VIIRI; SAVINAINEN, 2008). Nesse momento, o pesquisador se debruça sobre o conteúdo, buscando identificar os “tópicos”, as “sequências”, as “etapas” do mesmo. Contudo, a estrutura de um conteúdo atrelada a um determinado conceito não pode ser diretamente transferida para o processo de instrução. Ou seja, não se trata apenas de simplificar ou recortar o conteúdo (para torná-lo acessível para os alunos), porém trabalhar esse conteúdo em contextos que façam sentido para eles (DUIT, 2006; 2007).

Visando configurar este momento da pesquisa, no que concerne a Estrutura do Conteúdo (EC), inicialmente foi realizada uma leitura preliminar sobre o delineamento metodológico das pesquisas que utilizaram MRE, procurando observar como as etapas 1, 2 e 3, haviam sido realizadas nesses trabalhos.

Verificamos que num panorama de 21 pesquisas sobre o modelo; 13 (treze) utilizaram nessa etapa, a análise de Livros Didáticos da Educação Básica e/ou Livros do Ensino Superior (LAHERTO, 2012; MENGER, 2010a; MENGER, 2010b; HEINICKE; RIESS, 2009; LA FATA, 2010; SAARELAINEN; HIRVONEN, 2009; LUPO, 2008; RIEMEIER; GROPENGIESSER, 2008; LOMBARDI et al., 2008; MULLER, 2007; REINFRIED 2007; KOMOREK; DUIT, 2004; HILGE; KATTMANN, 2003).

Partindo do relativo consenso quanto ao uso dos livros da Educação Básica e do Ensino Superior. Nessa etapa, a questão foi saber quais livros deveriam fazer parte da nossa análise, visando à compreensão do conceito de célula, de acordo com as premissas do MRE.

Assim, optamos pela utilização conjunta de livros da Educação Básica e do Ensino Superior, apesar da pesquisa estar sendo realizado no âmbito do nível superior, com licenciandos das Ciências Biológicas. Tal escolha se baseou nos dados da literatura, bem como na percepção de que o caminho natural para os alunos da licenciatura é a atuação na Educação Básica (EB). Desta forma, a Estrutura do Conteúdo seria mais significativa se realizada com livros didáticos dos dois níveis de ensino.

Para a seleção dos Livros Didáticos do Ensino Médio foram escolhidos os livros da coleção aprovada em 2010 pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). Apesar de existirem livros de uma coleção mais atualizada aprovada pelo MEC, foram utilizados os da coleção de 2010 por ter iniciado as análises antes de sua aprovação.

Assim, foram utilizados cinco livros do 1º Ano, da coleção aprovada pelo PNLD em 2010 (quadro 02), uma vez que as discussões sobre o conceito de célula se restringem a ano específico da escolarização.

Quadro 02. Livros do Ensino Médio utilizados na pesquisa.

	Classificação/ Livros Didáticos do Ensino Médio (LDEM)	Ano	Nível de Ensino	Título	Editora	Autores
1	LDEM	2010	1º Ano EM	Ser Protagonista Biologia	SM	CATANI, A. et al.
2	LDEM	2010	1º Ano EM	Biologia	Moderna	AMABIS, J. M. ; MARTHO; G. R.
3	LDEM	2010	1º Ano EM	Biologia	Nova Geração	MENDONÇA, V.; LAURENCE, J.
4	LDEM	2010	1º Ano EM	Novas Bases da Biologia	Ática	BIZZO, N.
5	LDEM	2010	1º Ano EM	Biologia	Saraiva	LOPES, S.; ROSSO, S.

Fonte: O Autor a partir da pesquisa.

Com relação aos livros do Ensino Superior, escolhemos apenas dois livros foram analisados (quadro 03). A escolha foi considerada por fazerem parte do acervo da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão (CAV), local da pesquisa, e também, por estarem indicados na bibliografia do plano de ensino da disciplina “Biologia da Célula”, antiga disciplina “Biologia Celular e Embriologia” dos Docentes da área de Biologia Celular e do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (Anexo A).

Quadro 03. Livros do Ensino Superior utilizados na Pesquisa.

	Classificação/ Livros do Ensino Superior (LES)	Ano	Nível de Ensino	Título	Editora	Autores
1	LES	2011	Superior (Biologia Celular)	Fundamentos da Biologia Celular	Artmed	ALBERTS et al.
2	LES	2010	Superior (Biologia Celular)	A Célula	Artmed	ALBERTS et al.

Fonte: O Autor a partir da pesquisa.

Uma vez escolhidos os livros do Ensino Médio e Ensino Superior, deu-se início ao processo da **Estrutura do Conteúdo (EC)**. Para tanto, consideramos apenas os capítulos referentes ao conceito de célula, ou seja, buscamos compreender nesses capítulos, como o conceito era apresentado, as ideias elementares desse conteúdo e como sua abordagem estava sendo organizada para ser ensinada pelo professor aos estudantes.

Para orientar esse processo utilizado a Análise do Conteúdo de Bardin (2011), conforme apresentado a seguir:

- **Pré-análise:** a partir da organização do material, buscamos encontrar as principais ideias sobre o conceito de célula. Nesse caso, optamos pela **Leitura “Flutuante”**, dos textos acerca do nosso objeto de pesquisa, buscando o conhecimento dos mesmos e as mensagens neles contidas. Neste momento, objetivamos a observação das ideias e da estrutura do conteúdo apresentado nos capítulos sobre a abordagem do conceito de célula.
- **Exploração do material:** buscamos a partir das informações coletadas, a definição das ideias elementares apresentadas para a estrutura do conteúdo, bem como sua forma de apresentação e articulação com os demais conteúdos relacionados.
- **Tratamento e Análise:** por meio da captação dos dados e da interpretação dos resultados. Aqui, apontamos o processo de categorização, que nesta pesquisa, consideramos as informações emergidas a partir da observação nos materiais e nas entrevistas realizadas, nas etapas 1, 2 e 3 do MRE.

Após estas considerações, outro momento da Etapa 1 do MRE, a Análise do Significado Educacional (ASE) foi vivenciado.

2.1.2 Análise do Significado Educacional (ASE)

A **Análise do Significado Educacional (ASE)** envolve um grupo de cinco perguntas A, B, C, D e E, oriundas da **Análise Didática (AD)** de Klafki (KLAFIK, 1958, DUIT, 2006; DUIT, 2007; SAARELAINEN; HIRVONEN, 2009). Essas perguntas consistem em questionamentos sobre o conteúdo, que pode ser utilizada pelo professor como uma orientação no planejamento das suas aulas, antes que as mesmas sejam ministradas.

As respostas a essas arguitivas podem ser dadas pelo próprio docente ou estarem apoiadas em livros, publicações científicas ou desenvolvimento histórico de um conceito. A seguir, é apresentado o conjunto de questionamentos referidos anteriormente.

- Arguitiva **A**- aponta sobre a ideia geral, fenômenos ou leis relacionadas ao conceito em estudo. *Qual é a ideia geral que está representada pelos conteúdos nesses tópicos de interesse? Quais são os fenômenos ou princípios básicos? Quais são as leis gerais que podem ser consideradas como essenciais para que a pessoa possa lidar com esse conteúdo?* (KLAFKI, 1958, p. 08, tradução nossa).

- A arguitiva **B**- se refere às experiências, os conhecimentos, as habilidades e as competências necessárias ao estudante para que o esse possa melhor compreender o conceito. *O que é preciso saber para se trabalhar numa forma imediata com esse conteúdo? Quais são as experiências, os conhecimentos, as habilidades e as competências que devem ser desenvolvidas quando os estudantes lidam com esse conteúdo? Qual deve ser a significância desse conteúdo do ponto de vista pedagógico?* (KLAFKI, 1958, p. 08, tradução nossa).

- A arguitiva **C**- enfatiza a perspectiva do ensino desse conceito para o futuro dos estudantes. *Qual a significância desse conteúdo para o futuro dos estudantes?* (KLAFKI, 1958, p. 08, tradução nossa).

- A arguitiva **D**- sobre os elementos particulares, específicos, significativos e de importância relativos ao conteúdo. *Qual é a estrutura desse conteúdo quando se considera a perspectiva pedagógica?*(KLAFKI, 1958, p. 08, tradução nossa).

- A arguitiva **E**- acerca da utilização dos recursos para a abordagem do conceito em sala de aula. *Quais os casos particulares, os fenômenos ou as situações, que podem ajudar a fazer desse conteúdo específico interessante, questionável, acessível e entendível para os estudantes?* (KLAFIK, 1958, p.04, tradução nossa).

Para a realização deste momento os autores Saarelainen e Hirvonen (2009), sugerem que as três primeiras perguntas (A, B e C) da Análise Didática (AD) sejam respondidas na Etapa 1, e que as demais questões (D e E) sejam distribuídas nas

etapas subsequentes (2 e 3), respectivamente. Essa estratégia visa entrelaçar todas as etapas e conseqüentemente, fortalecer a relação entre elas.

Na Análise do Significado Educacional, o docente tem um papel central, ou seja, é a partir de sua própria reflexão sobre as argüitivas do modelo, que se projeta uma abordagem mais condizente com as perspectivas dos estudantes. Também, o docente tem a oportunidade de buscar novas alternativas para tornar o conteúdo mais acessível ao seu aluno.

Assim, considerando que o docente seria aquele que leciona uma disciplina ou grupos de disciplina relacionados com o objeto de pesquisa, as respostas pautadas nas argüitivas da AD devem ser oriundas desse sujeito. Para tanto, ao se resgatar na literatura orientações para a realização dessa etapa, observamos que as respostas pautadas apenas na experiência docente é fato conclusivo, porém de caráter subjetivo.

Visando a superação dessa fragilidade, partimos da premissa que as respostas dos docentes seriam insuficientes para responder a Análise do Significado Educacional do conteúdo em questão, e por isso, optamos por captar esse significado também, a partir de observações nos Documentos Oficiais e/ou em Referenciais Legais sobre o objeto em estudo, e também a partir da perspectiva dos alunos.

No que concerne às considerações documentais, no Brasil, os documentos oficiais foram estabelecidos numa proposta colaborativa à prática do docente, e por isso, podem nos auxiliar no processo de compreensão do significado educacional do conteúdo, extrapolando uma visão puramente da experiência. Com relação ao papel dos sujeitos é importante que suas respostas sejam também consideradas, pois eles estão inseridos no contexto, tal como o docente.

Assim, para esse estudo, foi considerada as respostas das argüitivas A, B e C para o conceito de célula podem advir de:

- **Documentos e/ou Referenciais:** documentos ou referenciais de ensino relacionados com o objeto de pesquisa e possibilitando captar informações complementares. No caso desta pesquisa foram utilizados os documentos/referenciais da área da Biologia proposta pelo MEC (CNEM; PCN+EM; DCNEM), pelo governo de Pernambuco (PEBEP) e o Programa de Componente

Curricular (PCC) da disciplina “Biologia da Célula” do Centro Acadêmico de Vitória (CAV) - (Anexo B). As respostas as arguitivas foram captadas a partir da leitura flutuante.

- **Docente (formador):** aquele que trabalha diretamente com o objeto de estudo. Para esta pesquisa, foram analisadas as entrevistas de dois docentes (D1 e D2), professores da UFPE/CAV do curso de Ciências Biológicas, que ministravam a disciplina “Biologia da Célula”, antiga Biologia Celular, direcionada ao objeto dessa pesquisa. No quadro 04, segue o perfil dos profissionais entrevistados.

Quadro 04. Perfil dos Docentes entrevistados na pesquisa

Docentes (D)	Gênero	Formação Inicial	Mestrado	Doutorado	Tempo de Magistério
D1	Masculino	Licenciatura em Ciências Biológicas	Ciências Médicas	Ciências Médicas	12 anos
D2	Feminino	Ciências Biológicas (Modalidade Médica)	Biologia Celular e Estrutural	Biologia Celular e Estrutural	09 anos

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para a realização da pesquisa, os Docentes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice A) e, propuseram-se a colaborar com o trabalho.

Seguindo a proposta do MRE, os Docentes participaram apenas de um único momento, que consistiu em responder as arguitivas A, B, C, D e E, correspondendo a Análise Didática de Klafik (Anexo C), que perpassa as Etapas 1, 2 e 3 e compreende a Análise do Significado Educacional (ASE).

- **Estudantes:** sujeitos participantes das aulas do docente formador, pesquisador (o autor desta pesquisa). No caso da pesquisa em questão, consideramos 14 estudantes da disciplina de Estágio de Ensino de Biologia - 3, que estão no 7º período do curso de Ciências Biológicas da UFPE/CAV. Estes estudantes concluíram 80% das disciplinas teóricas e práticas, especificamente, Biologia Celular, Histologia e Bioquímica. A escolha por esse grupo se deve ao fato do pesquisador ser professor da referida disciplina, o que acabou oportunizando as condições favoráveis para o desenvolvimento da pesquisa.

Para a realização da pesquisa, os estudantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE); (Apêndice A) e também, propuseram-se a colaborar com o trabalho. A seguir, no quadro 05, segue o perfil dos estudantes entrevistados.

Quadro 05. Perfil dos estudantes participantes da pesquisa.

Gênero	Quantitativo	Total
Masculino	06	14
Feminino	08	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A princípio, a proposta do MRE não implica na participação dos estudantes na Análise do Significado Educacional, que compreende as argutivas A, B, C, D e E, (Análise Didática). Contudo, ao se considerar que muitos desses estudantes são professores da Educação Básica e outros o serão em breve, optamos por incluí-los na referida etapa.

- **Docente (professor/pesquisador):** aquele que não trabalha diretamente com o objeto de estudo, mas contribui com outras perspectivas como, por exemplo, na formação didático-pedagógica dos estudantes. No caso específico, o docente que pertence a UFPE/CAV e atua no curso de Ciências Biológicas, ministrando a disciplina “Metodologia e Estágio do Ensino da Biologia”.

Neste caso, o docente pesquisador representa o próprio autor da tese, que para captar as nossas considerações coube uma narrativa discorrendo sobre as argutivas propostas.

Para tanto, foi adotada a perspectiva de Marques (2014) este autor considera que o processo da narrativa possibilita a criação de relatos de experiências próprias, nos quais se procura compartilhar significado e conceitos com outras pessoas. A seguir, no quadro 06, segue o perfil Professor/Pesquisador.

Quadro 06. Perfil dos Professor/Pesquisador envolvido na pesquisa.

Professor/Pesquisador	Gênero	Formação Inicial	Mestrado	Doutorado	Tempo de Magistério Superior
PP	Masculino	Licenciatura em Ciências Biológicas	Ensino de Ciências	Ensino de Ciências e Matemática (concluindo)	7 anos

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Tal como no caso dos estudantes, a proposta original do MRE não inclui a participação do Professor/Pesquisador na Análise do Significado Educacional. Esta foi uma opção do grupo visando contemplar todos os sujeitos que estariam diretamente envolvidos na proposta. Assim, no contexto desta pesquisa, o Professor/Pesquisador participou como sujeito de pesquisa ao responder as argutivas A, B, C, D e E, que compõem a Análise do Significado Educacional e perpassam as Etapas 1, 2 e 3 do MRE.

2.2 Resultados da Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC)

São apresentados os resultados apontados pela Etapa 1 do MRE (AEC) a partir da Estrutura do Conteúdo, por meio dos livros e da Análise do Significado Educacional, através das argutivas da Análise Didática para os sujeitos envolvidos na pesquisa, considerando para o momento, apenas as questões A, B e C. Estas envolvem os documentos ou referenciais da área da biologia (PCNEM, DCNEM, PEBEP, PPC-CAV) e os sujeitos participantes (docentes e estudantes).

2.2.1 Resultados da Estrutura de Conteúdo

A partir da análise da **Estrutura do Conteúdo (EC)**, relatada na seção anterior, é elencado um conjunto de elementos relevantes para a compreensão de como o conceito de célula tem sido estruturado nesses materiais didáticos.

Quando consideramos a questão do ponto de vista puramente do **Conteúdo**, verificamos uma perspectiva muito focada na construção histórica, na qual a evolução do conceito está atrelada ao surgimento de desenvolvimento do microscópio, e ressaltando os pesquisadores envolvidos no processo. Os principais pontos observados nos materiais didáticos foram:

- O surgimento da célula;
- Contribuição dos Pesquisadores, ênfase em Robert Hooke;
- Presença da microscopia;

Na questão da **Apresentação** do conceito de célula, observamos um viés que valoriza a descrição da estrutura formativa da célula e os processos realizados, que classifica os conceitos em principais e subconceitos, o que acaba gerando alguns deslocamentos conceituais, ao se considerar as relações de hierarquia estabelecidas entre os mesmos. Os principais pontos observados nos materiais didáticos com relação à apresentação conceitual foram:

- Estudo sobre a Membrana, Citoplasma e Núcleo;
- Estudo sobre organelas e processos;
- Deslocamento do Conceito de Célula;

Outro elemento considerado foi o modo através da qual foi feita a **Abordagem** do conceito de célula. Nos materiais didáticos analisados, observamos a valorização de um enfoque morfofisiológico, em detrimento a um viés mais contextualizado e articulador, que colaborasse para uma visão mais ampla e atual do conceito em questão. Neste quesito, os principais pontos identificados nos materiais didáticos com relação à apresentação conceitual foram:

- Fragmentação do conteúdo;
- Visão reducionista e linear;
- Pouca articulação entre o conceito e temáticas da atualidade relacionadas;

O último elemento considera a **Associação Imagética** como recurso na compreensão do conceito de célula, uma vez que media o sentido textual e a relação dos conteúdos abordados nos livros. Aqui, percebemos como as imagens empregadas, com o intuito de diminuir a abstração e colaborar para a compreensão do conceito. Principais pontos identificados nos materiais didáticos com relação ao elemento, associação imagética, foram:

- Representações sem valor didático;
- Representações pouco articuladas aos elementos textuais;

A partir dos elementos escolhidos para nortear a análise de conteúdo nos materiais didáticos selecionados foi elencando um conjunto significativo de categorias, que envolvem distintos aspectos e que precisam ser criteriosamente pensados quando se deseja trabalhar o conceito de célula.

A nossa expectativa é que essas categorias que apontam diversos aspectos, juntamente com os que irão emergir da Análise do Significado Educacional, permita a construção de uma revisão da literatura sobre o conceito de célula, que contribua para o esclarecimento de dúvidas bem como, para apontar direcionamentos mais eficazes para o processo instrucional do conceito em questão.

2.2.2 Resultados da Análise do Significado Educacional (ASE)

As repostas sobre as arguitivas A, B e C a partir dos documentos da área do Ensino de Biologia e referenciais das Ciências Biológicas, Docentes (formadores), estudantes e Docente (pesquisador) representaram a fonte de dados da **Análise do Significado Educacional (ASE)**. Aqui, consideramos essas perguntas como proposição de categorias (**Ideia Geral, Habilidades e Competências e Significância Futura**), respectivamente e as respostas a elas, os seus distintos aspectos apontados.

- **Documentos da Área das Ciências Biológicas:** PCNEM, DCNEM, PEBEP, PPC-CAV.

- **Arguitiva A:** a Ideia Geral corresponde à *célula como unidade fundamental dos seres vivos*.

- **Arguitiva B:** as Habilidades e as Competências que os estudantes devem adquirir para trabalhar com o conceito de célula envolvem *o conhecimento sobre a célula, seus componentes, suas relações e a comunicação com o meio*, bem como, *aspectos descritivos dos processos, diferenciação de grupos, uso de métodos para captação de informações e para o conhecimento acerca do mundo biológico. Incluem também a apresentação dos conhecimentos decorrentes das atividades*

voltadas ao conceito de célula, relação das informações aprendidas com outras disciplinas e observação entre as partes e o todo da célula (visão integral).

- **Argutiva C:** acerca da Significância do ensino do conceito de célula para os estudantes, os documentos apontam para a compreensão dos níveis submicroscópicos, visão sistêmica, interdisciplinar e transdisciplinar do conceito e ênfase nas discussões de temas sócio-científicos em sala de aula, possibilitando uma postura mais crítica e reflexiva.

• **Docentes (formadores):** Professores do curso de Ciências Biológicas e da Disciplina “Biologia da Célula”

- **Argutiva A:** a Ideia Geral de ambos docentes corresponde à célula como Unidade fundamental de todos os seres vivos. Contudo, o Docente 1 destacou também, que a célula deve ser entendida à luz de processos genéticos, bioquímicos e fisiológicos, enumerando alguns fenômenos que intervêm na compreensão do conceito (síntese de proteínas, respiração celular, citoesqueleto, endocitose e secreção celular e a mitose e a meiose), destaca ainda as similaridades e diferenças entre os tipos celulares.

- **Argutiva B:** as Habilidades e as Competências que os estudantes devem adquirir para trabalhar com o conceito de célula, para ambos, envolvem a necessidade de conhecimentos prévios advindos da Educação Básica. O Docente 1 ainda pontuou sobre a importância dos estudantes descreverem os processos realizados pela célula para o funcionamento da célula e do organismo. Já o Docente 2, por sua vez, enfatizou a compreensão dos aspectos morfológicos da célula e capacidade de manuseio do microscópio, como instrumento que possibilita a visualização de estruturas celulares.

- **Argutiva C,** acerca da Significância do ensino do conceito de célula para os estudantes, os Docentes pontuam a importância das relações entre as disciplinas da área das Ciências Biológicas, destacando as necessárias aproximações entre a Biologia Celular com outras disciplinas do currículo, como Fisiologia, Microbiologia,

Imunologia Parasitologia, Anatopatologia, cujos conteúdos colaboram para a compreensão geral do conceito.

- **Estudantes:** Alunos do Curso de Ciências Biológicas (7º período).

- **Argutiva A:** a Ideia Geral dos estudantes envolve a compreensão da *célula como unidades estruturais e funcionais dos organismos vivos, com enfoques na diferenciação entre os tipos, organização estrutural e teoria celular.*

- **Argutiva B:** as Habilidades e as Competências que os estudantes acham que devem adquirir para trabalhar com o conceito de célula envolvem características como: *a definição, a diversidade e tipos celulares, as organelas e funções, a sua importância e a aplicação à vida, a manipulação de imagens, o uso de microscópio em laboratório e o uso de modelos.*

- **Argutiva C,** acerca da Significância do ensino do conceito de célula para os estudantes, eles *ênfatisam a sua importância para a vida, enquanto constituição de todos os seres vivos e as discussões sociais na vida humana.*

- **Docente (professor/pesquisador):** O autor da pesquisa, professor do Curso de Ciências Biológicas, das disciplinas de Metodologia e Estágio de Biologia e autor desta pesquisa.

Para as respostas do Professor/Pesquisador foi adotado o modelo de narrativa, conforme explicitado anteriormente.

Para a **argutiva A**, o docente pesquisador compreende a Ideia Geral sobre a célula como *unidade fundamental da vida, classificada em eucariontes e procariontes, com diversidades morfológicas, elementos constituintes e processos realizados.* Ele *estabelece discussões sobre a Teoria Celular, como promissora para a compreensão que uma vida só surge a partir de outra, pontua as contribuições dos pesquisadores e o papel do microscópio, enquanto instrumento para observação celular, além de perceber a célula como primordial para a formação da vida e para vida humana.*

Para a **argutiva B**, o docente pesquisador menciona que as Habilidades e as Competências que os estudantes deveriam envolver *conhecimentos sobre a estrutura morfofisiológica, leitura de imagens estáticas e em movimento, manuseio do microscópio para visualização das estruturas e aplicação científica.*

Para a **argutiva C**, ele menciona a Significância envolve a compreensão que *a vida se origina de outra vida, e que além de sua morfofisiologia é preciso considerar os desdobramento desse conhecimento para questões da vida, como por exemplo, o câncer, a doação de sangue, transplantes e no uso das células-tronco.*

O quadro 07 a seguir, trás uma síntese dos aspectos que compõem a **Análise do Significado Educacional (ASE)**. Ressaltamos que as considerações estabelecidas no quadro foram captadas a partir das respostas dos documentos e referenciais da Biologia e dos entrevistados.

Para tanto, considerando a gama de informações apresentadas nas respostas A, B e C da Análise didática. Assim, necessitamos de um recorte, a fim de permitir que compreensão dessas respostas fique mais compreensível no texto desta pesquisa. Após essas considerações, seguiremos as implicações da Análise da Estrutura do Conteúdo para a pesquisa.

Quadro 07. Síntese das arguitivas A, B e C na perspectiva de documentos oficiais, docentes, estudantes e do professor/pesquisador.

ASE	Síntese da Análise Didática Pergunta A	Síntese da Análise Didática Pergunta B	Síntese da Análise Didática Pergunta C
Documentos/Referenciais da área das Ciências Biológicas, Visão Docente, Estudantes, Professor/Pesquisador	<p>Unidade Fundamental de todos os seres vivos;</p> <p>Entendida à luz de diversos processos;</p> <p>Envolvida em diversos processos;</p> <p>Apresentada em grupos celulares distintos.</p>	<p>Conhecer à célula, seus componentes, suas relações e comunicação com o meio.</p> <p>Descrever processos;</p> <p>Diferenciar grupos celulares;</p> <p>Utilizar de métodos para captação de informações e para o conhecimento acerca do mundo biológico;</p> <p>Apresentar conhecimentos decorrentes das atividades voltadas ao conceito de célula;</p> <p>Ler/manipular imagens</p> <p>Relacionar as informações aprendidas sobre o conceito de célula com outras disciplinas;</p> <p>Observar a funcionalidade entre as partes e o todo da célula (visão integral);</p> <p>Descrever aspectos morfológicos;</p> <p>Manusear instrumentos (microscópio) para visualização de estruturas celulares.</p> <p>Contextualizar e Dinamizar o conteúdo.</p>	<p>Compreensão da manutenção do organismo.</p> <p>Compreensão dos níveis submicroscópico;</p> <p>Visão interdisciplinar</p> <p>Discussões sócio científicas em sala de aula.</p>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.2.3 Implicações da Análise da Estrutura do Conteúdo (AEC) para a Pesquisa

Os elementos e aspectos ressaltados para o conceito de células a partir do desenvolvimento da **Estrutura do Conteúdo (EC)** e da **Análise do Significado Educacional (ASE)** estão sistematizados no quadro 08.

Quadro 08. Síntese da Etapa1 do MRE (AEC: EC e ASE) sobre o conceito de célula

<p>Etapa 1 – Análise da Estrutura do Conteúdo:</p> <p>Estrutura do Conteúdo e Análise do Significado Educacional</p>	<p>Conteúdo e Significado</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Historicidade, Estrutura e Processos (morfofisiologia), Deslocamento do Conceito, Uso de imagens; Poucos Temas Contemporâneos. • Unidade Fundamental de todos os seres vivos, Entendida à luz de diversos processos, Envolvida em diversos processos e Apresentada em grupos celulares distintos. • Importância no conhecimento sobre a célula, seus componentes, suas relações e comunicação com o meio, Descrição dos processos e diferenciação dos grupos celulares; Uso de métodos para captação de informações e para o conhecimento acerca do mundo biológico. • Apresentação de conhecimentos decorrentes das atividades voltadas ao conceito de célula; Relação das informações aprendidas sobre o conceito com outras disciplinas, observação da funcionalidade entre as partes e o todo da célula (visão integral), Descrição dos aspectos morfológicos; Manuseio de instrumentos (microscópio) para visualização de estruturas celulares e para a compreensão dos níveis submicroscópico, Visão sistêmica, interdisciplinar e transdisciplinar e discussões sócio científicas sobre o conceito de célula em sala de aula.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Esse quadro possibilita uma visão dos elementos que devem se entrelaçar para que a abordagem do conceito seja feita da melhor forma possível nos processos instrucionais. Assim, foi a partir dessas considerações que foi estruturado o tópico a seguir que, no formato de revisão da literatura, foram discutidas essas questões.

Obviamente devido ao quantitativo de elementos explicitados a partir da etapa 1 do Modelo de Reconstrução Educacional (Análise da Estrutura de Conteúdo) não se pretendeu, para o âmbito desta tese de doutoramento, discutir todas as questões. Assim, optamos por discutir aqueles elementos que foram recorrentes e outros considerados significativos, embora neste último recorte haja também, uma escolha de cunho pessoal e que nos permitiram construir os subcapítulos da tese.

Para tanto, teceremos considerações sobre: a historicidade da célula, a morfofisiologia, o uso de imagens e os temas contemporaneidade,

2.3 A Célula na perspectiva do MRE: Uma Revisão da Literatura

Conforme explicitado anteriormente nesta seção, a intenção é discutir alguns dos elementos que emergiram da etapa de Análise da Estrutura do Conteúdo (historicidade, morfofisiologia, imagens e contemporaneidade) e que são relevantes para orientar os processos instrucionais do conceito de célula.

2.3.1 Abordagem Histórica da Célula: Breves Considerações

Difícilmente se pode atribuir uma autoria individual para a descoberta da célula. Todas as discussões da comunidade científica da época convergiram para o crescimento científico sobre o conceito, sendo necessários 176 anos para que a Teoria Celular fosse formulada, ressaltando pela primeira vez que as células são fundamentais no desenvolvimento da vida (PRESTES, 1997). Assim, atuam na estrutura, organização individual, manutenção da homeostase e processamento de matéria e energia.

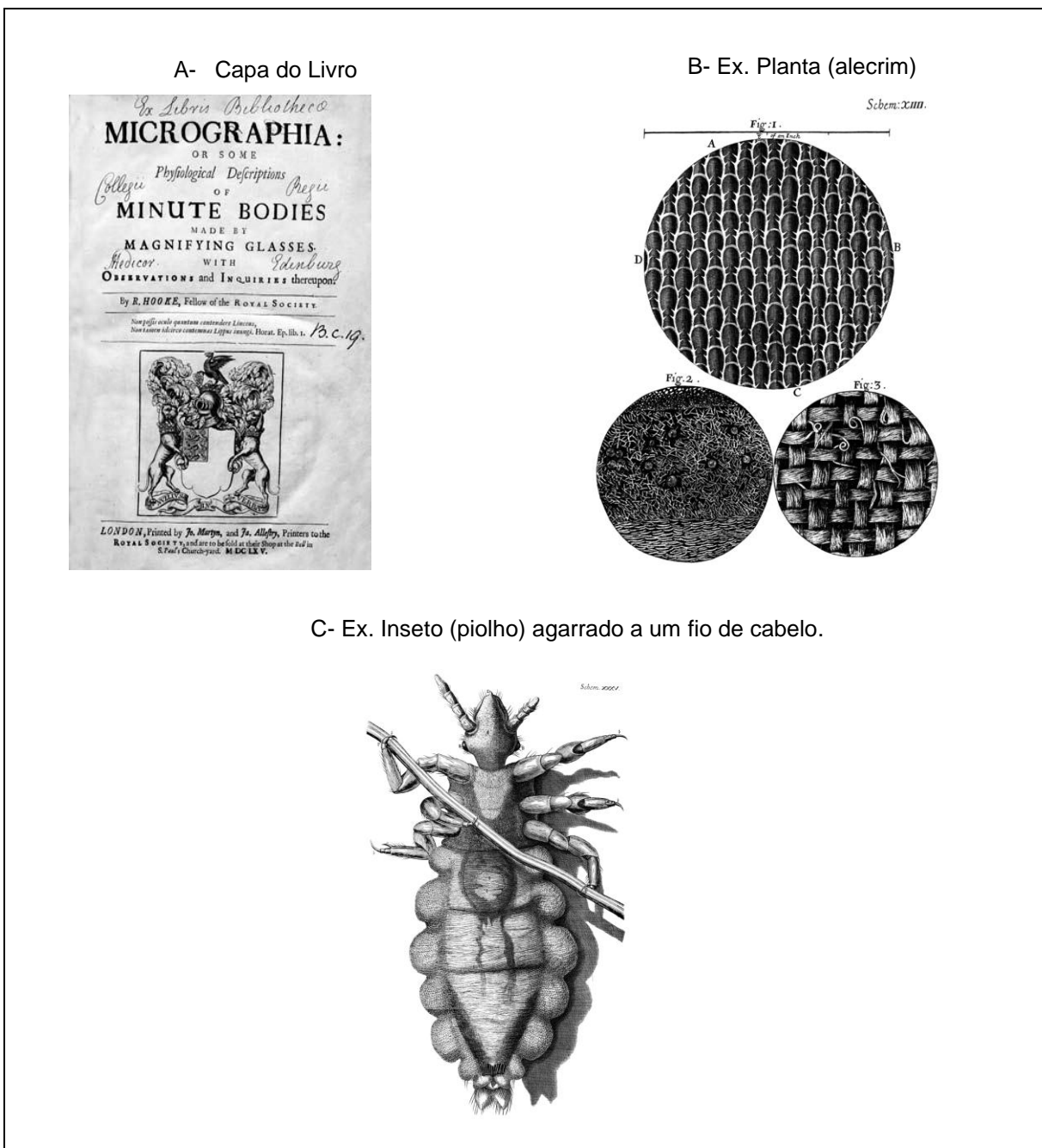
Para tanto, quando se menciona o estudo das células, grande ênfase é dada ao pesquisador Robert Hooke; físico inglês e integrante da Royal Society, como um grande colaborador para as discussões iniciais sobre a célula e o mundo microscópico (BARNARD, 2008).

Hooke investigou fenômenos da física e da química, sendo inventor do diafragma em câmeras e tendo descrito ainda, os princípios da elasticidade. Publicou em 1665, o livro *Micrographia* (palavra latina para "pequenos quadros"), com reproduções detalhadas de imagens de animais e plantas obtidas a partir de suas observações (Quadro 09), utilizando um microscópio composto. Abriram-se, então, novas perspectivas para olhar sobre o mundo microscópico (BARNARD, 2008).

Para Hooke, a célula representava apenas um elemento de curiosidade entre tantos outros observados em seu microscópio, não havendo um interesse teórico específico (PRESTES, 1997). Ou seja, as observações ocorreram sem

intencionalidade do pesquisador (ALMEIDA, 2012). Entretanto, devemos a ele o pioneirismo da observação e o termo “célula”, universalizado como a estrutura básica dos seres vivos (PRESTES, 1997; BATISTETI; ARAÚJO; CALUZI, 2009).

Quadro 09. Algumas ilustrações do livro *Micrographia*.



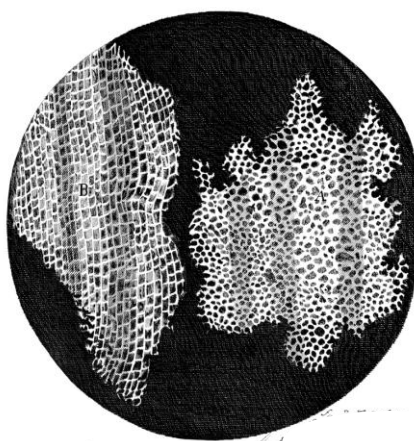
Fonte: Hooke (1665, p.01; p.158, p.239)- fotografia (imagem em preto e branco, tamanho não real), respectivamente.

Dentre tantas perspectivas que estas imagens proporcionaram à Ciência daquela época, para a Biologia, a observação de secções de rolhas ao microscópio

permitiu citar pela primeira vez o termo "célula" - câmaras, celas ou caixas (MELLO-LEITÃO, 1934; FROTA-PESSOA, 1960, BSCS, 1976, MOORE, 1986; BARNARD, 2008).

Esse material foi cortado transversal e perpendicularmente e a projeção da imagem através do microscópio mostrou a cortiça com poros (inúmeros tubos paralelos com divisões transversais), conforme figura 04 - (MELLO-LEITÃO, 1934; FROTA-PESSOA, 1960, BSCS, 1976, MOORE, 1986).

Figura 04. Fragmento de cortiça observado ao microscópio composto.



Fonte: Houve (1665, p. 132) - Micrografia (imagem em preto e branco, tamanho não real).

Embora muitos tradicionalmente relatem a cortiça como elemento fundamental das discussões sobre a célula, a primeira observação em nível microscópico de Hooke foi com uma briófito (musgo), no dia 8 de abril de 1663, através de um teste experimental para os membros da *Royal Society*. Entretanto, foi à análise do fragmento de cortiça em 15 de abril de 1663, numa demonstração final aos membros da academia, que expandiu maiores discussões ao campo da Biologia (MOORE, 1986).

As observações de Hooke a partir da cortiça trouxeram poucas contribuições para a Teoria Celular, pois não havia um interesse direto sobre a célula, uma vez que representava apenas mais um elemento descrito, oriundos de sua visualização no microscópio, conforme apontam Batisteti; Araújo e Caluzi (2009, p. 21):

Embora seja comum mencionar as observações de Hooke nas histórias dos estudos sobre a célula, lembramos que ele estava interessado em explicar as propriedades da cortiça, e em nenhum momento estabeleceu relação entre as suas observações e uma constituição universal dos seres vivos.

Corroborando com esta afirmação, Prestes (1997) destaca que o valor dos trabalhos de Hooke estava relacionado aos fatos da natureza, à importância das ilustrações, a exatidão e a riqueza dos detalhes percebidos, ou seja, ao fato de que suas contribuições estavam mais relacionadas ao desenvolvimento do microscópio do que ao interesse em descobrir as premissas da célula.

Nesta perspectiva, após descrever a experiência da cortiça, Hooke continuou suas pesquisas delineando e ilustrando objetos como: a cabeça de um alfinete; pequenos insetos; penas; nematódeos; partes de plantas; cabelo; bolores; papel; madeira petrificada; escamas de peixe; seda; areia, flocos de neve e urina. Essas ilustrações foram reunidas e publicadas na mesma obra - *Micrographia* (MOORE, 1986).

Muitas dessas observações se restringiam aos vegetais, visualizando as cavidades constituídas pela parede celulósica (observável por ser relativamente maior), pois a resolução do microscópio ainda era baixa e a lente causava algum grau de distorção.

Estas colocações contribuíram para os estudos do botânico inglês Nehemiah Grew, também membro da *Royal Society*, que publicou, em 1682, uma monografia contendo imagens de estruturas microscópicas de plantas. Suas pesquisas fortaleceram a ideia de que os seres vivos são formados por células, posteriormente, foi estendida para os animais (MOORE, 1986; MELLO-LEITÃO, 1934).

Após estas considerações históricas, oportunizamos discutir sobre a evolução do conceito de célula, a partir das contribuições relatadas e impulsionadas pela descoberta e análise do fragmento de cortiça.

2.3.1.1 Evolução do Conceito de Célula

Conforme comentado anteriormente, as contribuições de Robert Hooke quanto ao fragmento de cortiça e sobre outras estruturas e seres vivos não forneceram indicações sobre o núcleo e as organelas celulares. Entretanto,

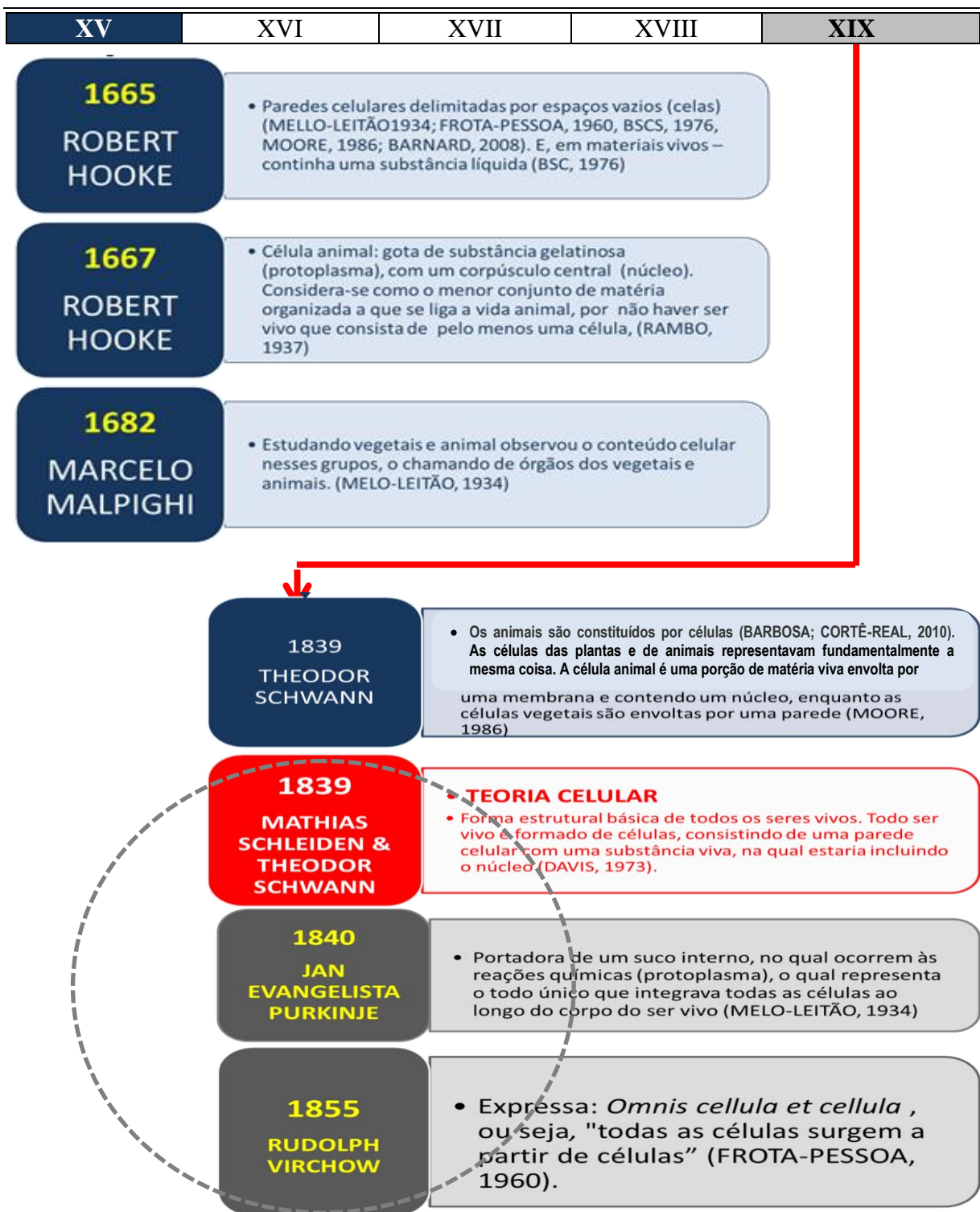
conjuntamente com Antony van Leeuwenhoek (primeiro homem a testemunhar uma célula viva sob um microscópio), as observações de Schleiden, Schwann, Virchow e outros levaram ao desenvolvimento da Teoria Celular, generalizando que todos os seres vivos são constituídos por células.

Buscando a compreensão do conceito de célula, não é possível considerar que os primeiros microscopistas viram o que se compreende como células na atualidade (PRESTES, 1997).

As estruturas descritas e ilustradas por desenhos variavam bastante quanto à denominação: “poros microscópicos” (Hooke, Grew); “utrículos”, “sáculos” (Malpighi), “bolhas”, “bexigas” (Grew) ou “células” (Hooke, Leeuwenhoek). Assim, muitos desses termos poderiam estar relacionados a outras estruturas e não especificamente à célula (PRESTES, 1997).

Hoje, o conceito de célula como sendo a unidade básica da vida (ALBERTS et al., 2010) foi estabelecido após anos de pesquisas e discussões científicas, passando a ser um importante objeto de estudo. Assim, à medida que os estudos estruturais evoluíram, outras concepções surgiram permitindo traçar um processo de “evolução” conceitual sobre a célula (figura 05).

Figura 05. Panorama sobre a evolução do conceito de célula.



Fonte: Mello-Leitão (1934); Rambo (1937); Frota-Pessoa, (1960); Davis (1973); BSCS (1976); Moore (1986); Barnard (2008); Barbosa e Cortê-Real (2010).

A partir do Século XV ocorreu a descoberta da célula e com ela, as ideias iniciais sobre sua estrutura viva. O interessante é que todo o pensamento sobre a célula era puramente abstrato; ou seja, as concepções da época eram fomentadas a partir de uma percepção abstrata, pois as dimensões reduzidas e a falta de instrumentos e técnicas mais acuradas dificultavam observar detalhes sobre o conceito. A célula começou a ter expansão na medida em que áreas da Biologia (botânica, bioquímica, biofísica, anatomia, fisiologia) começaram a elucidar os elementos mais perceptíveis e obter informações mais conclusivas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

O surgimento do microscópio se apresentou, então, como um instrumento que possibilitou detectar as estruturas microscópicas. Com isso, novas indagações permitiam aos cientistas realizar testes, que demonstrassem evidências sobre o conceito. A partir do Século XIX, com a elaboração da Teoria Celular, a célula passou a ser a premissa fundamental da vida, considerando que todas as células surgem a partir de outra célula, ampliando as discussões sobre o conceito e diversificando os interesses da Ciência até os dias atuais (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008, ALBERTS et al., 2010).

A partir deste panorama, a delineação morfofisiológica dos elementos constitutivos da célula foi sendo gradualmente detalhada, à medida que os instrumentos de observação evoluíam. O aperfeiçoamento dos microscópios, a constante evolução das técnicas citológicas e o contributo da bioquímica e da biologia molecular, permitiram um progresso considerável na concepção da estrutura e funções celulares.

Para este contexto de estudo, à proporção que o microscópio era aperfeiçoado, observações mais acuradas eram possíveis, identificando-se novos elementos e detalhes nas amostras analisadas (observações estruturais), além de demonstrar que existia uma íntima relação entre a evolução conceitual da célula e o desenvolvimento técnico e tecnológico do microscópio. Estas evidências justificaram trazer uma breve apresentação sobre o instrumento que potencializou as primeiras ideias sobre o conceito, e que hoje, representa elemento de grande significância para o estudo da célula.

A palavra "microscópio" (*micros*, pequeno; *skopo*, observar) foi instituída ora pelo italiano Demisiano, em 1618 (KARAMANOU et al., 2010), ora pelo alemão

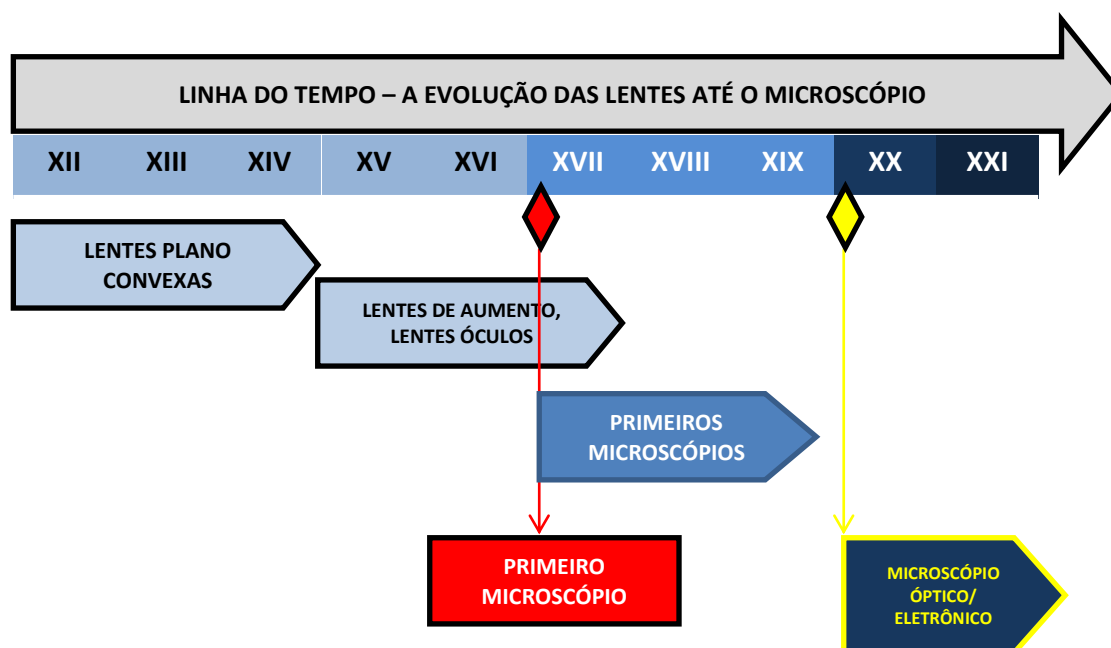
Giovanni Faber, em 1624 (BALL, 1966). Esses instrumentos foram construídos para proporcionar observações mais nítidas sobre as estruturas analisadas, considerando o limite da visão humana em relação ao objeto⁹.

Para superar a dificuldade de visualizar objetos microscópicos; estruturas em tamanhos diminutos e descrever com melhor precisão os detalhes do material, instrumentos foram desenvolvidos colaborando com as pesquisas científicas e abrindo portas para um conhecimento desconhecido até então pela visão humana (BALL, 1966).

Assim, o desenvolvimento do microscópio até os dias atuais é apresentado seguido de linha temporal e, posteriormente, alguns modelos da época (figura 06 e quadro 10).

Figura 06. Panorama do desenvolvimento do microscópio.

A. *Linha do Tempo - Século*



Fonte: Elaborado pelo Autor

⁹A distância máxima da visão humana depende do tamanho do objeto a ser observado. O homem enxerga o Sol a cerca de 150 milhões de quilômetros da Terra, mas em relação a objetos pequenos, o alcance não passa de alguns metros. Uma pessoa com visão normal pode ler palavras com letras de 7mm² a uma distância de 6m, mas essas mesmas letras a cerca de 60m de distância, só em 7cm² de tamanho (VASCONCELOS, 2012).

B. Detalhamento do Aperfeiçoamento dos Microscópios.

Século XII-XIII	Século XIII	Século XIII	1268	Século XVI
Alhazen Bem (Vidro) Lupa	Erazmus Cioke Vitello (Bolas de Vidro)	Roger Bacon (Lentes de Vidro)	Roger Bacon (Microscópio Simples)	Galileu Galilei (Lentes-Óculos)
Lente Plano Convexa	Visualização de Pequenos Objetos	Corrigir problemas no olho humano	Trazer Objetos distantes à perto e Ampliar diminutos	Observação dos Fenômenos Celeste
1612	1590	Século XVII	Século XVI-XVII	Século XVI - XVII
Galileu Galilei (microscópios com versões aperfeiçoadas)	Hans Janssem e Zacharias Janssem (Primeiro Microscópio)	Microscópios populares "vidros de pulgas".	Georges Hoefnagel e Fabio Colonna (Lentes)	Thomas Mouffet (Lentes de Aumento)
Presente ao Príncipe Federico Cesi Angelo	Aumento e Redução de Imperfeições na imagem	Observar Insetos	Estudar Seres Vivos	Pesquisa sobre Escabiose
1620	1620	1620	1628	1631
Cornelis Jacobszoon Drebbel (microscópios com versões aperfeiçoadas)	Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (microscópios com versões aperfeiçoadas)	Federico Cesi Angelo. Francesco Stelluti (Microscópio de Galileu Galilei)	Athanasius Kircher (microscópio rudimentar)	Alemanha (microscópio - modelo com tripé)
Melhoramento de Imagens	Observações (moscas e Peq. animais aquáticos).	Estudar abelha (Dif. Obs. detalhes)	Examinou Doente com Peste e Vermes	-----
1665	1665	1664	1661	1658
Robert Hooke (Microscópio de maior ampliação - 200x ou 300x)	Robert Hooke (Microscópio óptico composto)	Henry Power (Microscópios com versões aperfeiçoadas)	Marcello Malphigi (Microscópios com versões aperfeiçoadas)	Jan Swammerdam (Microscópio)
Diversos Seres Vivos E Materiais	Musgo, Cortiça, Outros Seres Vivos e Materiais	Examinou Metais	Observação De Vasos Capilares No Pulmão De Um Sapo	Observação de Eritrócitos
1677	1683	1830	1877	1930
Anton van Leeuwenhök (Microscópios óptico)	John Yarwell (primeiro microscópio com tripé)	Aperfeiçoamento dos microscópios	Abbe e Carl Zeiss (Microscópio de luz)	Lebedeff e Zernicker (Microscópio de Interferência Contraste de Fase)
Primeira Observação De Uma Célula Viva	-----	-----	-----	-----

(...continuação da figura 09 - B).

1931

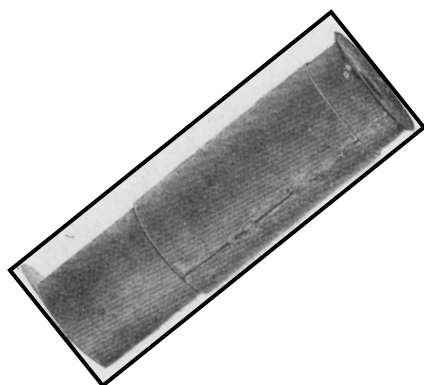
Ernst Ruska e
Max Knoll
(Microscópios
eletrônicos)

Organelas Celulares
com grande detalhe

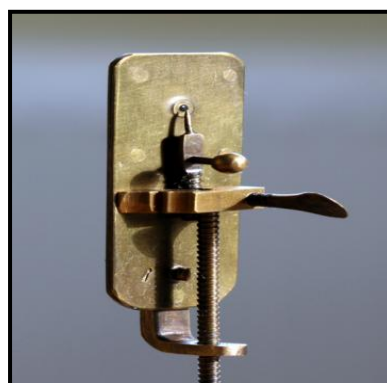
Fonte: Hooke (1665); Singer (1914); Woodruff (1919); Locy (1923); Ball (1966); Avers (1976); Ronan (1983); Chapman (1996); Raw, Menucci e Krasilchik (2001); Barbosa e Côrte-Real (2010); Karamanou et al. (2010).

Quadro 10. Ilustrações de alguns tipos de microscópios.

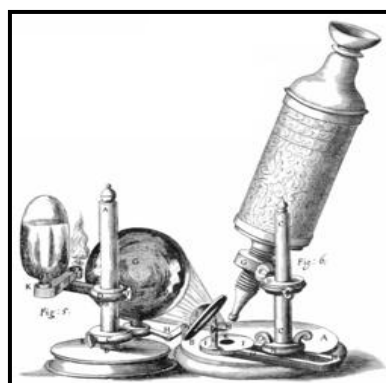
A- Microscópio de
Janssem e Janssem



B- Microscópio de
Leeuwenhoeck



C - Microscópio de
Hooke



Fonte: Singer (1914, p.12) - Desenho (imagem em preto e branco, tamanho não real); Martins (2011, p.119) - Fotografia (coloração e tamanhos não informados), Hooke (1665, p.12) - Desenho (imagem em preto e branco, tamanho não real), respectivamente.

Assim, entendemos que, apenas no século XIX, a microscopia começou a ser amplamente utilizada para visualizar células e outras estruturas, o que foi essencial para a evolução da pesquisa científica em Biologia e outros campos correlatos. Por fim, o microscópio simples foi um desenvolvimento natural da lente e as primeiras descobertas da história foram alcançadas a partir dele. Contudo, foi através das pesquisas de Hooke que o instrumento teve maior repercussão na academia e foi sendo aperfeiçoado, ganhando destaque e gerando inúmeras possibilidades de uso, pois se apresentava além da visão humana.

Sendo assim, entendendo a evolução do conceito de célula em paralelo com o surgimento do microscópio, é possível explanar algumas considerações acerca da estrutura e funcionalidade da célula nas perspectivas atuais. Entretanto, a intenção é de não repetir informações que podem ser revisitadas em livros da biologia e de outras áreas, e sim oportunizar discussões sobre o referido conceito.

Após algumas considerações acerca das perspectivas passadas sobre a célula, primeiramente foram tecidas considerações sobre sua estrutura e funcionalidade, procurando não repetir aspectos já conhecidos da Biologia Celular, discutidos em muitos livros científicos. Assim, de forma sucinta são apresentadas breves considerações sobre a célula eucarionte animal e suas perspectivas no Ensino de Biologia.

2.3.2 Visão Morfofisiológica da Célula: estrutura e funcionalidade

Antes de explanarmos algumas considerações sobre esse momento, ressaltamos que as imagens apresentadas nesta subseção, foram escolhidas apenas como exemplo, sobre as várias formas apresentadas em livros de uma célula ou de sua estrutura celular e que são utilizadas em colaboração com o texto, não existindo nenhum interesse pessoal, mas apenas de cunho exemplificativo.

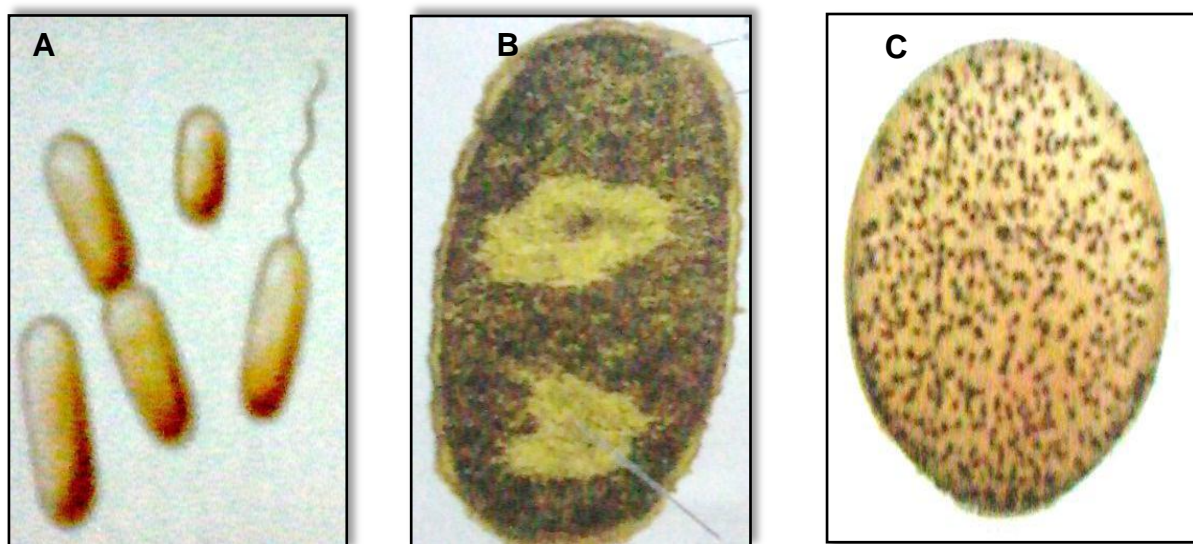
Também, a imagem “sofreu” ampliação em sua projeção no texto, a fim de facilitar a observação ao sujeito leitor sobre alguns aspectos que por ventura, poderiam não vir a ficar claros. Assim, por vezes, nos perfazemos do recurso computacional.

Para Alberts et al. (2011), as células representam pequenas unidades limitadas por membranas preenchidas por solução aquosa concentradas por

compostos e dotadas em criar cópias de si mesma, sendo as principais unidades de vida. De Robertis e Hib (2006) as consideram como as unidades estruturais e funcionais fundamental dos seres vivos.

A célula pode ser classificada como procarionte e eucarionte. Nas células procariontes, não se observa o envelope nuclear delimitando o material genético (ex. bactérias e cianobactérias); (Figura 07). O material nuclear ocupa um espaço denominado nucleóide, estando em contato direto com o resto do protoplasma (ALBERTS et al., 2011; DE ROBERTIS; HIB, 2006).

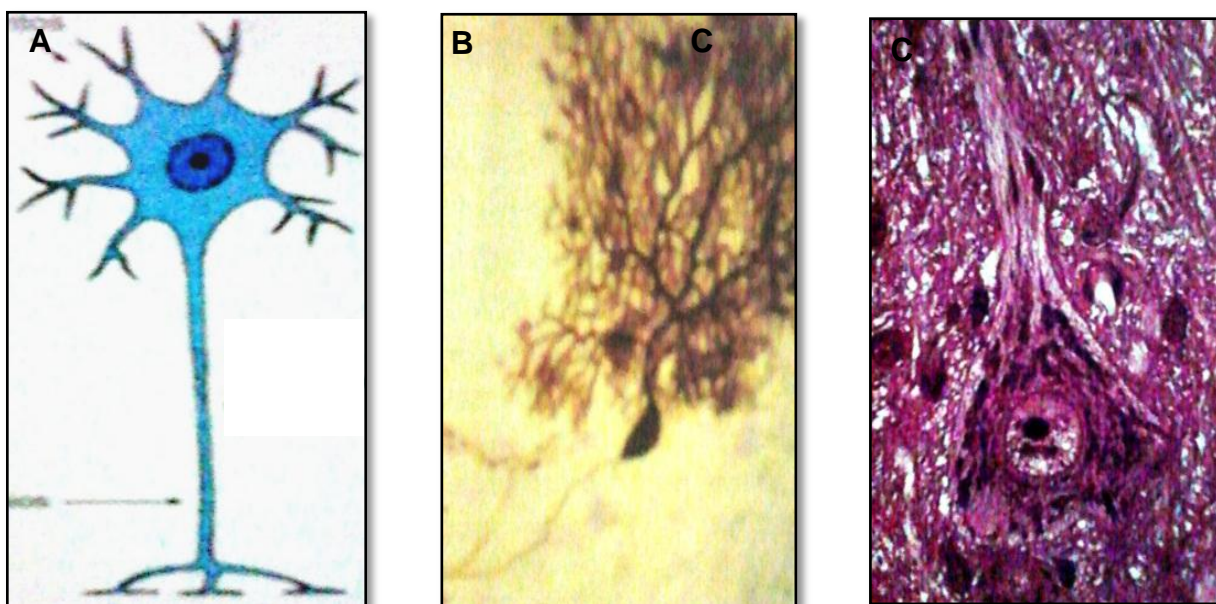
Figura 07. Ex. Célula Procarionte - Representação de uma bactéria (A) e Fotografias (B e C) de uma e várias bactérias (colônia).



A- Ilustração de células em forma de bastão (Ex. *Escherichia coli*). B- Micrografia Eletrônica de *Escherichia coli*. C- Fotografia de colônias de *Escherichia coli*. Fonte: Alberts et al. (2011, p. 14, coloração fantasia, tamanho não real); Cooper e Hausman (2007, p.08 e p.15, coloração e tamanhos não informados), respectivamente.

Nas células eucariontes, o envelope nuclear separa o material genético dos demais constituintes celular (ex. fungos, protozoários, animais e plantas); (Figura 08) (ALBERTS et al., 2011; DE ROBERTIS; HIB, 2006). Também, possui um núcleo com um envoltório nuclear, que ocorrem as trocas nucleocitoplasmáticas (DE ROBERTIS; HIB, 2006).

Figura 08. Ex. Célula Eucarionte - Representação esquemática (A) e Micrografias óticas (B e C) de neurônios.



A- Representação de um neurônio. B- Uma célula nervosa de Purkinje (cerebelo). C- Fotomicrografia de um neurônio motor. Fonte: Junqueira e Carneiro (2008, p.156, coloração fantasia, tamanho não real); Alberts et al. (2011, p. 03, coloração e tamanho não informados); Junqueira e Carneiro (2008, p.158, coloração e tamanho não informados), respectivamente.

Nessa perspectiva, as células eucariontes vegetais e animais apresentam em sua constituição estruturas fundamentais comuns como a membrana plasmática, o citoplasma e o núcleo, tendo em cada uma, elementos que as constituem e que as potencializam na sua organização e em sua funcionalidade.

Para este momento, fomentando as discussões sobre o conceito de célula, são feitas considerações de forma sucinta sobre a Membrana Plasmática e seus constituintes. Noutro momento, serão apresentados o citoplasma e o núcleo e com eles, suas especificidades e particularidades para o Ensino de Biologia.

2.3.2.1 A Membrana Plasmática

A primeira estrutura base da célula é a Membrana Plasmática (MP) circundando e definindo os limites entre o citosol e o ambiente extracelular (ALBERTS et al., 2010). Trata-se de uma camada delgada (6 a 10 nm de

espessura), composta por lipídeos¹⁰, proteínas¹¹ e carboidratos¹². Sua estrutura básica é semelhante a das outras membranas da célula, as quais envolvem as organelas do sistema de endomembranas (envoltório nuclear, retículo endoplasmático, mitocôndrias, peroxissomas, complexo de golgi) (DE ROBERTIS; HIB, 2010).

A bicamada lipídica forma a estrutura básica de todas as membranas celulares, sendo facilmente observada por microscopia eletrônica de transmissão, e sua estrutura é atribuível exclusivamente a propriedades especiais das moléculas lipídicas, as quais se reúnem espontaneamente em bicamadas, mesmo sob condições artificiais simples (ALBERTS et al., 2010).

O termo "membrana biológica" foi citado pelo botânico alemão Pfeffer, em 1887, ao realizar estudos sobre as propriedades osmóticas nas células de plantas. Em seus estudos admitiu a existência de uma camada de protoplasma, com espessura fina e invisível, na qual poderia ter propriedades osmóticas (MEZA et al., 2010).

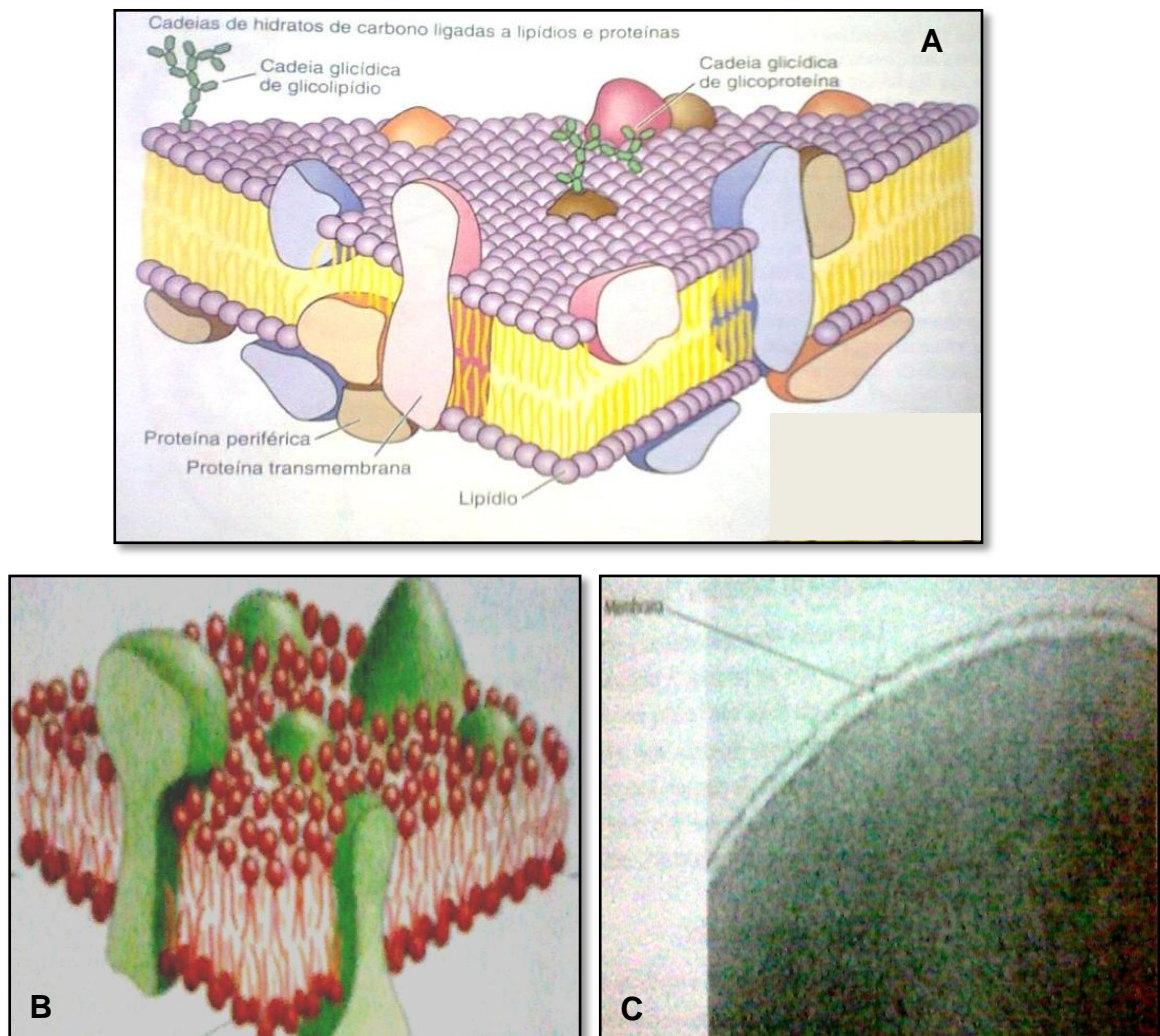
O modelo do Mosaico Fluido (figura 09) é o que melhor explica o comportamento das membranas celulares, o qual foi instituído, em 1972, pelos biólogos Seymour Jonathan Singer (professor de biologia da Universidade da Califórnia) e Garth Nicolson (associado de pesquisa de Armand Hammer Cancer Center, do Instituto Salk para Estudos Biológicos nos EUA) (SINGER; NICOLSON, 1972).

¹⁰Os lipídeos constituem mais de 50% da massa da maioria das membranas das células animais. Os lipídeos da MP são principalmente fosfolipídeos (lipídeos complexos fosfatados), colesterol e glicolipídeos (lipídeos associados à glicídeos) (ALBERTS et al., 2010).

¹¹As proteínas constituem nos animais, cerca de 50% da massa da maioria das membranas plasmáticas, sendo o restante constituído por lipídeos e pequenas quantidades de carboidratos (ALBERT et al., 2011).

¹²Os carboidratos possuem entre 2% e 10% de carboidratos estando ligados covalentemente a lipídeos e a proteína na membrana sob a forma de glicolipídeos e glicoproteínas. Os carboidratos dos glicolipídeos e glicoproteínas se localizam na face externa e formam uma cobertura: glicocálice, a qual protege a superfície da célula de agressões mecânicas e químicas (DE ROBERTIS; HIB, 2010).

Figura 09. Membrana Plasmática (Mosaico Fluido) - Representação de membrana plasmática (A e B) e Micrografia (C) de membrana plasmática.



A – Ilustração ultra-estrutural da Membrana Plasmática. B – Desenho da Membrana Plasmática (visão tridimensional) e C - Micrografia eletrônica de um glóbulo vermelho humano (Membrana em destaque). Fonte: Junqueira e Carneiro (2008, p.25, coloração fantasia, aumento não real); Alberts et al. (2011, p. 365, coloração fantasia, tamanho não real); Cooper e Hausman (2007, p. 476, imagem em preto e branco, aumento não informado), respectivamente.

A Membrana Plasmática - Modelo “Mosaico Fluido” é constituída por uma dupla camada de fosfolípídeos, com extremidades hidrofóbicas (“caudas”) voltadas para o lado interno da bicamada, o qual é liso; enquanto as cabeças hidrofílicas estão posicionadas nas faces extra e intracelulares em contato com a água – o principal solvente do citosol. Também, apresentam dois tipos de proteínas específicas (intrínsecas ou integradas, total ou parcialmente embebidas na bicamada lipídica) e proteínas extrínsecas ou periféricas, que estão ligadas às faces

da MP voltadas ao meio extracelular dos lipídeos e das proteínas (extremidades hidrofílicas) estão os carboidratos, constituindo os glicolipídeos e as glicoproteínas (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

Algumas proteínas se estendem à zona hidrófoba da dupla camada até uma das faces da membrana, por onde emergem. Outras atravessam totalmente a dupla camada (transmembranas). Muitas dessas atravessam a membrana mais de uma vez (proteínas de passagem múltiplas) (DE ROBERTIS; HIB, 2010) ou podem conter canais ou "poros" e estariam em contato com a bicamada lipídica com propriedades hidrofóbicas (HEIMBURG, 2007, SINGER; NICOLSON, 1972).

Nas proteínas, a passagem de moléculas polares maiores e dos íons requerem canais formados - proteínas transmembranares, sendo o transporte para o interior das células do tipo: passivo ou ativo (ALBERT et al., 2010). O transporte passivo ocorre pela proteína transportadora. O soluto, estando em maior concentração fora da célula do que dentro dela, movera-se espontaneamente para dentro da célula. O transporte passivo através da dupla camada lipídica é denominado difusão simples e quando realizado pelos canais iônicos e permeases, denomina-se difusão facilitada (DE ROBERTIS; HIB, 2010).

Os lipídeos da membrana realizam movimento de flexão das cadeias de ácidos graxos, rotação, translocação e raramente *flip-flop* (*mudança*). Por sua vez, as proteínas de membrana podem girar em torno de seu próprio eixo (rotação) e se deslocar no plano da membrana (difusão lateral), mas não ocorre *flip-flop* (ATTIAS; CUNHA E SILVA, 2010). Essa propriedade constitui uma importante característica do modelo de Mosaico Fluido, proporcionando fluidez e flexibilidade à célula (DE ROBERTIS; HIB, 2010).

Em linhas gerais, a MP desempenha:

- Constitui barreiras permeáveis seletivas que controlam a passagem de íons e de moléculas pequenas (solutos). A permeabilidade seletiva impede o intercâmbio indiscriminado dos componentes das organelas entre si e dos componentes extracelulares com os da célula;
- Fornece o suporte físico para a atividade ordenada das enzimas que nelas se encontram;

- Participa do processo de endocitose e de exocitose;
- Possui moléculas pelas quais as células se reconhecem e se aderem entre si e com componentes da matriz extracelular;
- Possui receptores que interagem com moléculas provenientes do exterior, como hormônios, neurotransmissores, fatores de crescimento e outros indutores químicos. A partir destes receptores são desencadeados sinais transmitidos pelo interior da célula.

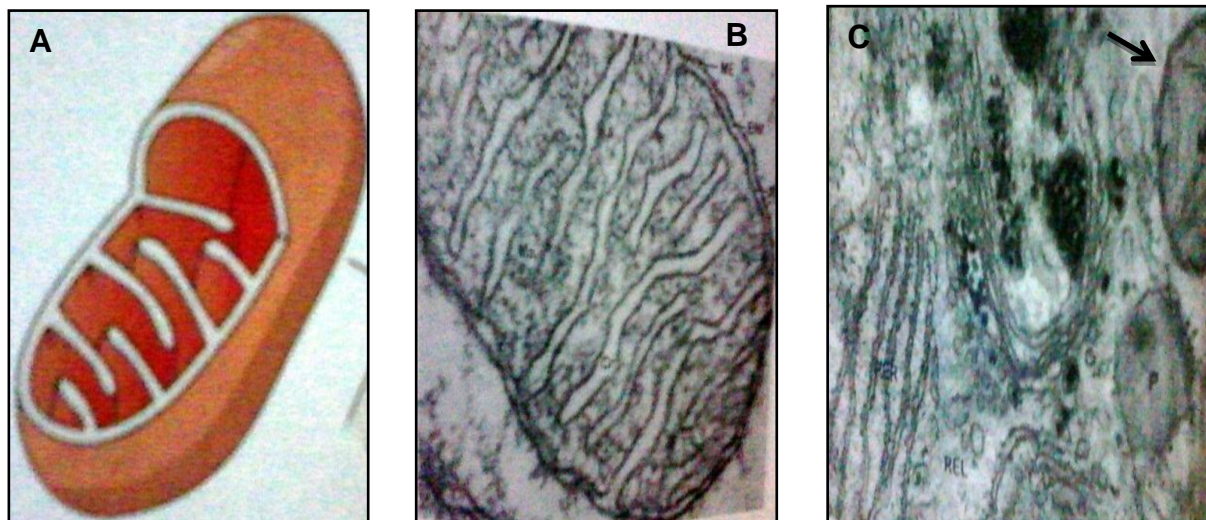
2.3.2.2 O Citoplasma

O citoplasma representa o espaço entre as organelas, cujo depósito é preenchido pela matriz citoplasmática ou citosol, o qual representa aproximadamente 50% do volume do citoplasma (DE ROBERTS; HIB, 2006) e contém água, íons, aminoácidos e proteínas (JUNQUEIRA; CARNEIRO; 2008). Também, apresenta o citoesqueleto (microtúbulos e microfilamentos), as organelas, os depósitos ou inclusões (hidratos de carbono, proteínas, lipídeos ou pigmentos) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

No que concerne às estruturas e organelas citoplasmáticas e suas funções: *Mitocôndrias* - respiração celular; *Retículo Endoplasmático Liso* - síntese de hormônios e de lipídios, desintoxicação celular, armazenamento de cálcio e glicogenólise; *Retículo Endoplasmático Rugoso*- síntese e exportação de proteínas; *Complexo Golgiense* - processamento de lipídeos e proteínas, separação e endereçamento de moléculas; *Ribossomos* – síntese de proteínas; Lisossomos - digestão intracelular, eliminação de organelas (autofagia); *Peroxisomos*–oxidação de substratos orgânicos; (DE ROBERTIS; HIB, 2006; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008; ALBERTS et al., 2010, 2011).

Para tanto, na figura 10, segue exemplo de um tipo de organela citoplasmática presente nas células eucarióticas.

Figura 10. Ex. de uma organela citoplasmática - Representação de uma mitocôndria (A) e Micrografia (B e C) de uma mitocôndria.



A- Representação tridimensional de uma mitocôndria. B- Eletromicrografia da mitocôndria. C- Eletromicrografia da célula hepática animal (mitocôndria à direita - seta). Fonte: Junqueira e Carneiro (2008, p. 31, coloração fantasia, tamanho não real). De Robertis e Hib (2006, p. 147, imagem em preto e branco, aumento de 207.000X e p.110, imagem em preto e branco, aumento de 56.000X), respectivamente.

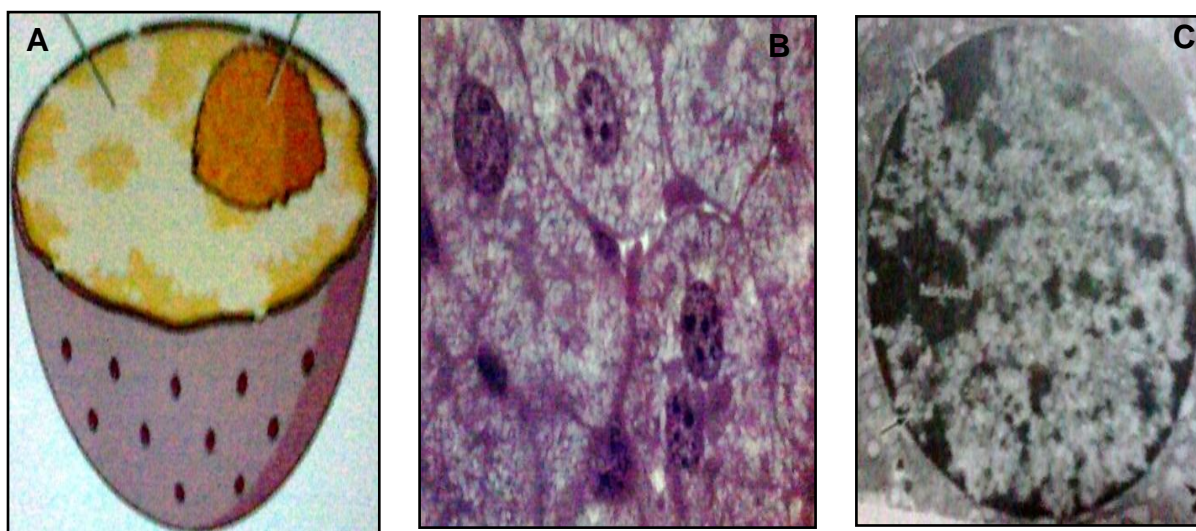
2.4.2.3 O Núcleo

O núcleo celular se apresenta sob a forma de estrutura arredondada ou alongada (5 a 10 μm) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008). Um centro de controle celular, onde ocorre a replicação do DNA, a transcrição e o processamento do RNA (COOPER; HAUSMAN, 2007). Os seus componentes são: envoltório nuclear, cromatina, nucléolo, matriz nuclear e nucleoplasma (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

No que concerne ao *Envoltório Nuclear* - separa o conteúdo intracelular do citoplasma; a *Cromatina* possui duplos filamentos helicoidais de DNA associados a proteínas histonas e não histonas e pode se apresentar como heterocromatina (densa) e eucromatina (granulosa e clara); o *Nucléolo* (produção de ribossomos); a *Matriz Nuclear* (apoia os cromossomos interfásicos, localizando-os no núcleo celular); o *Nucleoplasma* (soluto com água, íons, aminoácidos metabólicos, enzimas para a síntese de RNA e DNA, receptores de hormônios, moléculas de RNA) (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008).

Para tanto, na figura 11, segue exemplo do núcleo celular presente nas células eucarióticas.

Figura 11. Núcleo Celular - Representação de um núcleo celular eucarionte (A) e Micrografia (B e C) de um núcleo celular eucarionte.



A- Representação tridimensional do núcleo celular. B- Núcleos de células do fígado. C- Micrografia eletrônica de um núcleo. Fonte: Junqueira e Carneiro (2008, p. 52 - coloração fantasia, tamanho não real e p. 51 - coloração com pararosanilina e azul-de-toluidina, tamanho médio) e Cooper e Hausman (2007, p. 322 - imagem em preto e branco, tamanho não informado), respectivamente.

Uma vez realizadas as discussões sobre a historicidade da célula, a sua relação com a microscopia e sua estrutura morfofisiológica, é esperado que a partir do texto construído, tenhamos contribuído para uma melhor compreensão do conceito em questão, desconstruindo algumas ideias, como por exemplo, a que Hooke teria sido o descobridor da célula, como apresentado nos livros didáticos analisados e em outros que não foram objeto de nossos estudos.

O recorte a seguir, que trata do uso de imagens no Ensino de Biologia e foi escolhido, tanto a partir de delineamento da etapa 1 do MRE, como da construção do texto sobre a estrutura morfofisiológica da célula. Neste momento, percebemos a relevância do recurso imagético e seu potencial para a construção de conceitos abstratos, bem como os obstáculos que podem advir de tratamentos inadequados.

2.4 O Uso de Imagens no Ensino de Biologia

As imagens sempre se fizeram presentes no cotidiano das pessoas e se tornam cada vez mais significativas para a compreensão do universo que nos cerca. A sua presença data de tempos antigos, quando os homens as utilizavam em paredes de cavernas, por exemplo, para representar seus hábitos (SANTAELLA; NÖTH, 2008). Isso expressa o seu potencial informativo, tornando-a um elemento importante para os estudos científicos, principalmente se aliadas a texto verbal (MATOS et al., 2010).

O uso de imagens tem constituído uma linha de interesse de várias pesquisas no Campo das Ciências (GOUVÊA; MARTINS 2001; MAYER, 2001; PICCININI; MARTINS, 2004; MAYER, 2005; SANTAELLA; NÖTH, 2008; MAYER, 2009; MAYER; MORENO, 2009; SOUZA; GOUVÊA, 2009; COUTINHO et al., 2010; SOUZA, 2011) e são frequentemente usadas nas aulas, principalmente, na aprendizagem de conteúdos considerados de difícil assimilação, ou seja, aqueles com grande teor de abstração, o que requer do indivíduo significativa mobilidade cognitiva para entendê-los.

Para tanto, as imagens surgem para minimizar a abstração de determinados conceitos, tornando-os mais perceptíveis ao estudante, possibilitando ainda a comunicação de conceitos e ideias permitindo a identificação dos principais pontos de análise e discussão da relação entre eles e as entidades neles representadas (GOUVÊA; MARTINS 2001), além de estabelecer valor cognitivo para a apropriação da linguagem da ciência escolar pelo aluno e pelo professor (PICCININI; MARTINS, 2004).

Neste sentido, pesquisas investigaram o uso de imagens, em livros didáticos, destacando como um recurso cujo potencial colabora com a prática do professor na abordagem dos conteúdos de Ciências e Biologia e no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes (quadro 11).

Quadro 11. Uso de Imagens no Ensino de Ciências e Biologia.

Autor/Ano/País	Proposta	Objetivo	Considerações acerca do recurso imagético
Freitas (2009) Brasil	Práticas de construção e execução de aulas pelo professor de biologia com o uso de imagens.	Compreender o papel do professor em relação às práticas escolares de transmissão do saber imagético das ciências biológicas em sala de aula de biologia.	Identificou que o conteúdo imagético representou elemento significativo nos cursos de formação inicial e continuada de professores.
Souza e Gouvêa (2009) Brasil	Análise preliminar de um conjunto de imagens relacionadas à saúde presentes em uma coleção didática de ciências.	Iniciar uma reflexão sobre quais concepções de saúde estão sendo veiculadas através das imagens nos livros didáticos de ciências.	Consideraram a Educação em Saúde sobre o prisma imagético, um estímulo às observações em respeito à vida, à coletividade, às expectativas de uma vida com maior qualidade.
Matos et al. (2010) Brasil	Análise da relação texto-imagem do livro didático de Biologia para o tema embriologia	Compreender como se dá o uso de imagens nos livros didáticos de Biologia. Apontar caminhos para se incorporar imagens e texto verbal nestes livros de forma produtiva.	Realizaram uma pesquisa em LD de Biologia sobre a relação texto-imagem sobre o tema embriologia, enfatizando que o uso de imagens é fundamental, pois a embriologia é uma ciência visual que exige dos alunos um grande esforço para o entendimento de uma gama de conceitos e significados complexos e muitas vezes abstratos, como é o caso dos processos do desenvolvimento embrionário. Em geral, as imagens conjuntamente com o texto, contribuíram para a compreensão do conteúdo.
Coutinho et al. (2010) Brasil	Análise de Coleções Didática de Biologia do Ensino Médio aprovadas no PNLD.	Analisar imagens de algumas coleções didáticas de Biologia do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM) do Ministério da Educação.	O valor didático das imagens presentes nos LD possibilita o estabelecimento de estratégias de leitura do livro, distinguindo de aspectos meramente ilustrativos, cujas informações presentes nas imagens são essenciais.
Assis, Pimenta e Schall (2011) Brasil	Análise Coleções Didática de Ciências e Biologia aprovadas no PNLD e matérias impressos sobre saúde.	Analisar as imagens relacionadas à dengue presente em livros didáticos e materiais impressos com base em um referencial teórico-metodológico sócio-antropológico.	Considerando que a dengue representa uma importante doença no contexto nacional e internacional e que os profissionais de saúde e professores de ciências e biologia conta com o auxílio de recursos informativos, através de imagens em Livros Didáticos e materiais educativos impressos.
Navarro e Ursi (2011) Brasil	Análise de imagens por formadores de futuros professores de Ciências	Analisar as concepções sobre o uso de imagens por professores do curso Licenciatura em Ciências da Natureza da Escola de Artes, Ciências e	Destaca as concepções dos docentes formadores de futuros professores de ciências, quanto ao uso das imagens em suas aulas, instigando-os a refletirem sobre o recurso na biologia e na prática docente.

...continuação do quadro 11.

		Humanidades - Universidade de São Paulo.	
Souza (2011) Brasil	Análise de uma coleção didática de Ciências	Apresentar breve reflexão teórica sobre as imagens fotográficas, a partir da análise de duas fotografias encontradas numa coleção didática. Entender o modo como às imagens são capazes de produzir discursos referentes a distintas concepções de saúde.	As imagens fotográficas sobre saúde no Livro Didático de Ciências, destacando as conotações subjetivas que decorrerem dessas ilustrações em relação a esse conceito, demonstrando que as imagens também são capazes de transmitir mensagens, conceitos, ideias e valores, desempenhando importante papel na formação dos jovens, além de representar eficientes elementos de significação.
Pagel et al. (2012) Brasil	Projeto de pesquisa com o uso de imagens como recurso metodológico no ensino de Biologia.	Analisar as potencialidades de uso da linguagem imagética como meio para a construção do conhecimento espacial em Biologia.	Desenvolveram um projeto cujas imagens atuaram como recurso metodológico no Ensino de Biologia, contribuindo com discussões fomentadas por outros grupos de pesquisa no país, sobre o uso de imagens para as práticas de ensino, tornando o conteúdo de Biologia significativo para a formação de cidadãos.
Luzardo e Quevedo (2012) Espanha	Análise do uso de ilustrações da célula como estratégia de ensino na Educação Básica.	Analisar o uso de ilustrações sobre a célula pelos professores como uma estratégia de ensino na Educação Básica.	Perceberam que os professores utilizaram de ilustrações com relevância em suas aulas e sendo significativas para o ensino da célula. Contudo, é necessário destacar nas aulas aspectos (cor e nitidez) das ilustrações a fim de favorecer melhor o processo de aprendizagem de um conceito.
Ruiz e Navarro y Torres (2014) Espanha	Análise de ilustrações sobre o processo de meiose.	Análise do processo de meiose imagem/texto sugerido pelo programa de estudo Biologia CCH, e sites consultados com mais frequência pelos alunos desses cursos para suas tarefas.	Existe necessidade de incorporar o trabalho docente uso de imagens como uma fonte de aprendizado, associado com o seu papel construção do conhecimento biológico.

Fonte: O Autor a partir das pesquisas.

Em linhas gerais, essas pesquisas para o Ensino de Ciências Biológicas apontaram que o recurso imagético tornou o processo de ensino mais significativo e proporcionou melhor entendimento sobre o conteúdo; estimulou a reflexão sobre o conteúdo e a prática; atuou na formação discursiva do indivíduo como eficientes elementos de significação, e conjuntamente com o texto, contribuiu para a compreensão dos conteúdos abordados. Também destacaram a presença imagética nos livros mediando o ensino de conceitos, por diminuir a abstração e por atrair ludicamente o estudante.

No que concerne à relação da imagem com os livros de Ciências e Biologia, vemos que o aprimoramento nas técnicas de produção de *layout* e na diagramação de imagens, gráficos e tabelas, fez com que os Livros Didáticos (LD) se tornassem mais atrativos para o leitor (SOUZA, 2011). Essas mudanças oportunizam uma visualização pictórica mais “acessível” ao estudante, pois, nos materiais impressos a presença da expressão imagética, compõe e realiza sentido da mesma forma que as estruturas linguísticas o fazem (KRESS; VAN LEEUWEN, 1996).

Nos livros de Ciências e Biologia existem várias imagens visando minimizar a abstração, cuja presença imagética conota uma relação entre concreto e abstrato, buscando através das ilustrações aproximarem o conceito do real. Pensando nessa relação, Abraham Moles estabeleceu uma tabela escalar para classificar as imagens, de forma que quanto maior o seu distanciamento do real, a imagem perde aspectos do objeto em si, ao mesmo tempo em que incorpora elementos imaginários e simbólicos (SILVA, 2006).

As imagens podem representar um objeto, uma situação, um fenômeno e algumas podem se apresentar mais próximas das formas perceptivas, ou seja, do que vemos efetivamente, e podem ainda, ser construídas através de uma estética que implica certo distanciamento iconográfico em relação ao objeto, que se deseja representar (SILVA, 2006). Sendo assim, podem carregar consigo elementos que geram dificuldades na compreensão de conceitos, se não forem introduzidas de modo satisfatório.

Muitas destas ilustrações, mesmo que não intencionalmente, estão carregadas de elementos subjetivos e complexos (imaginários e simbólicos) criando obstáculos na aprendizagem e fortalecendo ideias através das quais o conceito se

torna de difícil compreensão. Ou seja, a imagem pode implicar em distorções que geram obstáculos a compreensão do estudante.

Algumas imagens estão impregnadas de elementos pessoais, contemplando questões do autor, e não as necessidades do estudante. Assim, não existe imagem que comunique uma única mensagem aqueles que a observam, pois, elas apresentam um caráter polissêmico, podendo gerar no leitor várias interpretações e muitos significados (BARTHES, 1990), o que constitui, sem dúvida, uma dificuldade no estabelecimento do seu valor didático.

Nesse sentido, mesmo que a imagem tenha grande potencial didático¹³, ainda se percebem propostas insólitas e elementos pictóricos atípicos, que não contribuem para a aprendizagem do estudante e; eventualmente, geram outras dificuldades conceituais para além das existentes, principalmente nos livros de Ciências e Biologia (COUTINHO et al., 2010).

Desta forma, o uso de imagens no Ensino de Ciências Biológicas, deve superar a função de “facilitadora” dos conteúdos, propiciando subsídios que permitam melhorar a organização e a estruturação das ideias conceituais (SILVA, 2006).

Desta forma, visando contribuir para a leitura de imagens no âmbito do Ensino de Ciências; aliada a preocupação de como as formas imagéticas têm sido apresentadas e como a ilustração poderia corroborar positivamente com a aprendizagem do educando, Mayer (2005) propõe a “Cognitive Theory of Multimedia Learning” (CTML) ou Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM). Essa proposta busca avaliar o nível de potencial de imagens contidas nos manuais, livros, textos científicos ou design computacional, fornecendo elementos a partir dos quais o professor pode refletir sobre a ilustração apresentada.

Não é do escopo da tese nos aprofundarmos sobre a teoria propriamente dita, mas utilizar elementos de análise da proposta de Mayer para desenvolver um olhar crítico sobre as imagens relacionadas com o conceito de célula.

O cerne da TCAM estabelece que a aprendizagem ocorre quando os materiais visuais e verbais são apresentados simultaneamente, ou seja, "as pessoas aprendem mais profundamente a partir de palavras e imagens, do que só a partir de

¹³ - Imagens que apresentem uma estruturação, por exemplo, coerente, sinalizada e em mesmo ou próximo “quadrante” do texto escrito.

palavras" (MAYER, 2005, p 38), pois combinando palavras (faladas ou escritas) e imagens (gráficas, ilustrações, fotos, animações ou vídeos), maximiza-se a eficácia da aprendizagem.

A utilização de palavras e imagens para melhorar a aprendizagem, ocorre quando o estudante se envolve em cinco processos cognitivos, conhecidos como princípios instrucionais (MAYER, 2001, p.08; MAYER; MORENO, 2007, p.01). São eles:

- Seleção de palavras relevantes para o processamento em memória de trabalho verbal;
- Seleção de imagens relevantes para o processamento em memória de trabalho visual;
- Organização de palavras selecionadas em um modelo verbal;
- Organizando imagens selecionadas em um modelo pictórico;
- Integração das representações verbais e pictóricas, uns com os outros e com o conhecimento prévio;

Neste contexto, a mente humana é limitada em processar diversas informações simultaneamente e o excesso de informação gera um esforço demasiado para a cognição, o que origina uma sobrecarga mental e dificulta a compreensão do conteúdo a ser apreendido. Essa sobrecarga cognitiva é discutida por Sorden (2012, p.07) e Ilicheva (2011, p.03). Há três tipos de sobrecarga:

- Intrínseca: imposta pela complexidade do conteúdo do recurso educacional.
- Natural ou relevante (pertinente): imposta pelas atividades de ensino que beneficiam o objetivo da aprendizagem.
- Extrínseca ou irrelevante (estranha): não interfere na construção e automatização dos esquemas, o que implica um desperdício de recursos mentais que poderiam ser canalizados para auxiliar a carga natural. Essa condição é causada pelo uso inadequado de métodos, recursos e estratégias e a sobrecarga desses elementos visuais e/ou auditivos inviabiliza uma melhor aprendizagem.

Assim, para que a aprendizagem ocorra, é necessário um equilíbrio entre as cargas que potencializam a eficiência do ensino. Sendo assim, os ambientes de aprendizagem devem favorecer a diminuição da carga cognitiva extrínseca ou

estranha e aumentar a carga cognitiva pertinente. Também, a elaboração de materiais, utilizados para promover a aprendizagem, deve ter como objetivo reduzir a sobrecarga cognitiva do aluno e potencializar a sua aprendizagem.

Visando minimizar esta problemática, Mayer estabeleceu 12 princípios baseados nos três tipos de carga cognitiva, com o objetivo que auxiliar o estudante a alcançar melhor desempenho na compreensão do conteúdo (MAYER, 2009). Esses princípios estão descritos no quadro 12.

Quadro 12. Princípios Multimídias.

Tipo de Carga	Princípios
Redução de Processamento Estranho	<ul style="list-style-type: none"> • Princípio da Coerência: A aprendizagem ocorre melhor quando materiais estranhos (palavras, imagens e sons) são excluídos. As mensagens devem ser claras e coerentes e, por isso, devem excluir informações estranhas e/ou irrelevantes. • Princípio Sinalização: A aprendizagem ocorre melhor quando são adicionados sinais que destacam a organização do material. • Princípio de Contiguidade Espacial: A aprendizagem ocorre melhor quando palavras e imagens são apresentadas perto um do outro na página. A informação verbal e gráfica deverá estar próxima e não separada (mesma página). • Princípio de Redundância: A aprendizagem ocorre melhor com animação e narração do que animação, narração e texto escrito. • Princípio Contiguidade temporal: A aprendizagem ocorre melhor quando palavras correspondentes e imagens são apresentadas simultaneamente em vez de sucessivamente. A informação verbal e gráfica deverá ocorrer o mais sincronicamente possível (imagem e som simultaneamente).
Gerenciamento de Processamento Essencial	<ul style="list-style-type: none"> • Princípio da Segmentação: A aprendizagem ocorre melhor quando uma aula é apresentada nos segmentos ao estudante e não como uma unidade contínua. • Princípio de Pré-treinamento: A aprendizagem ocorre melhor quando o estudante recebe pré-treinamento dos nomes e das características dos principais conceitos. • Princípio Modalidade: A aprendizagem ocorre melhor a partir de animação e narração do que animações e texto escrito;
Promoção de Processamento Generativo	<ul style="list-style-type: none"> • Princípio Personalização: A aprendizagem ocorre melhor quando as palavras são em estilo de conversação (coloquial), em vez de estilo formal. • Princípio de Voz: A aprendizagem ocorre melhor quando as palavras são faladas por uma simpática voz humana ao invés de voz computacional. • Princípio da Imagem: A aprendizagem ocorre melhor quando a imagem do orador é adicionada à tela. • Princípio Multimídia: A aprendizagem ocorre melhor com palavras e imagens do que só por palavras. A informação verbal e gráfica combinada produz melhores resultados que cada uma individualmente, devendo a informação gráfica ser relevante à informação verbal.

Fonte: Sorden (2012, p.08); Illicheva (2011, p.02); Mayer (2009, p.03); Mayer e Moreno (2007, p.02), tradução nossa.

Esses princípios buscam diminuir os obstáculos cognitivos que envolvem a relação entre imagens e texto, e devem ser considerados para elaboração de materiais didáticos e pelos professores na estruturação de seus processos de ensino. Dessa forma, para promover a aprendizagem é necessário que o material apresentado ao estudante não seja estranho a sua estrutura cognitiva, diminuindo as barreiras que possam surgir, quanto ao uso das imagens no ensino e na aprendizagem de conceitos.

Por fim, os usos das imagens favorecem a motivação interna, o raciocínio, a argumentação e a interação entre alunos e professores, servindo também, para ampliar a rede de significados construtivos em todas as idades (BARBOSA et al., 2012). Sobre essa ótica, podemos dizer que o potencial imagético:

- Representa crescente ferramenta na abordagem de conceitos para o Ensino de Ciências Biológicas;
- É essencial para o aumento da percepção real em relação abstrato/concreto;
- Possibilita uma aproximação, com maior propriedade de elementos muitas vezes diminutos e cujas condições de visualização humana não permitiriam tal observação em excelência.

Acreditamos que um estudo sobre o potencial da imagem, enquanto recurso didático de conceitos abstratos no Ensino de Biologia pode vir a corroborar para o entendimento do conceito de célula, inserido no contexto do livro e também contribuir, com as perspectivas do ensino em sala de aula, seja como um recurso facilitador para o ensino do conceito em questão, na compreensão das estruturas e dos processos celulares ou mesmo permitindo observar o conceito com maior proximidade do que seria o real, possibilitando menor abstração por parte daquele que o observa.

Na seção subsequente nos debruçamos sobre perspectivas que possibilitem o entrelaçamento do conceito científico, no nosso caso, o conceito de célula e temáticas contemporâneas no Ensino de Biologia, uma vez que dessa forma poderemos viabilizar a superação do estudo da célula, numa perspectiva meramente morfofisiológica, conforme discutido anteriormente.

2.5 A Célula como Precursora de Temas da Contemporaneidade

Temas Contemporâneos; Polêmicos ou Sociais; Sociais Contemporâneos, Controversos ou Problematizadores (REIS, 2004; BONZANINI, 2005; MALHEIROS; LUZ, 2005; BRASIL, 2006; SILVA, 2007; FORGIARINI; AULER, 2009) são sinônimos para designar temáticas emergentes com teor sócio-científico, que precisam de melhor difusão em sala de aula, permitindo que sejam atribuídas opiniões e questionamentos sobre os reais benefícios ao âmbito social.

Neste contexto, os Temas Contemporâneos ancorados a estudos específicos da biologia podem instituir várias discussões em sala de aula, uma vez que oportunizam aos envolvidos debaterem, estimulando uma dinâmica ativa entre todos os participantes e ainda, instiga o desenvolvimento do senso crítico do estudante (REIS, 1999; REIS; GALVÃO, 2005; FREITAS et al., 2006). Contudo, a abordagem desses conteúdos em sala de aula não tem se constituído prática comum nas aulas de Ciências e Biologia e isso ocorre, em parte, devido à estruturação dos materiais didáticos, que não consideram esse tipo de abordagem, conforme observado na Análise da Estrutura do Conteúdo, realizada em livros didáticos do Ensino Médio e Superior, e nas sinalizações dos sujeitos durante a realização da Análise do Significado Educacional.

A abordagem de Temas Contemporâneos também representa uma proposta desafiadora para os docentes, porque as temáticas nem sempre se integram aos conteúdos planejados, contudo surgem de modo inusitado na sala de aula e o professor precisa mobilizar ações para o desenvolvimento de atitudes, de autonomia intelectual e do pensamento crítico (REIS, 2001; REIS; GALVÃO, 2005; SILVA, 2007).

Outro ponto desafiador é a ausência dos conhecimentos necessários sobre aspectos: biológicos, éticos, morais, econômicos, sociais e políticos, que envolvem muitos dos conteúdos. O docente assim, evita discussões com os estudantes, pois não possui propriedade para lidar com os questionamentos e as dúvidas que podem emergir (OLIVEIRA; REZLER, 2009).

Visando reverter este quadro e fomentar a prática pedagógica, em 2008, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) viabilizou documentários, através do programa TV Escola (salto para o futuro) (BRASIL, 2008).

A série “Temas Contemporâneos em Educação” teve como objetivo promover o diálogo entre a pesquisa acadêmica e a prática cotidiana nas escolas, a respeito de questões consideradas de urgência social. A proposta foi retomar as discussões em torno destes temas; divulgar a produção de conhecimentos relacionados a táticas inovadoras, promover a formação continuada dos professores e incentivar principalmente a divulgação científica na escola e no universo dos estudantes (BRASIL, 2008).

Neste sentido, a divulgação científica pode ser um viés apropriado para trabalhar temáticas contemporâneas. Os textos de revista, jornais, sites ou mesmo os textos presentes nos livros podem servir de base para reflexão sobre as pesquisas científicas no país. Questões como o câncer; células-tronco; doação de sangue; transplante, reprodução assistida e clonagem, entre outros, podem estimular o senso crítico do estudante com informações contextualizadas e atuais, ao mesmo tempo, em que viabilizam uma ponte com o conceito de célula. Contudo, o que se percebe é que poucas pesquisas têm se preocupado em olhar de forma mais contundente para o uso desses textos no âmbito da sala de aula e os possíveis desdobramentos para as construções conceituais (REIS, 1999; 2001).

As coleções de Livros Didáticos mais recentes aprovadas pelo MEC começam a trazer a inserção das Temáticas Contemporâneas, de forma menos fragmentada. Bezerra, Neves e Melo (2014) realizaram uma varredura nos LD de Biologia (1º ao 3º Ano do Ensino Médio) e observaram a presença de Temas Contemporâneos com ênfase nas inovações científicas e tecnológicas, especificamente nos campos da Farmacologia, Biologia Molecular e Biotecnologia, além de assuntos relacionados à Genética Contemporânea.

No que concerne, especificamente, ao conceito de célula e a área de Citologia ou Biologia Celular, a pesquisa, em questão, identificou a perspectiva celular por meio das células-troncos no tratamento e na cura de doenças, e na desmistificação de fatos veiculados pelos meios de comunicação, especificamente sobre a sua potencialidade. Também, havia considerações sobre doenças lisossômicas.

Neste sentido, consideramos significativa a necessidade da abordagem de Temas Contemporâneos para o Ensino das Ciências Biológicas no âmbito educativo, considerando que:

- Existe pouca produção e divulgação no Ensino de Ciências Biológicas;
- Necessidade de estímulo à prática docente e a pesquisa científica;
- Possibilidade de aproximação do estudante com as questões sócio-científicas na Biologia e no país;
- Atuação com potencial recurso para o senso crítico do estudante e em seu posicionamento sobre as perspectivas da Ciência e Tecnologia para a Sociedade.

Assim, a partir dos aspectos levantados e considerando o contexto de nossa pesquisa, entendemos que a compreensão do conceito de célula deve ir além de uma perspectiva morfofisiológica, utilizando de uma abordagem de temáticas contemporâneas para fomentar, junto com a evolução do conceito de célula, a visão morfofisiológica e o uso de imagens, elementos para a construção do nosso processo instrucional.

Para finalização desse momento, cabem algumas considerações parciais sobre a Etapa 1 do MRE.

2.6 Considerações Parciais da Etapa 1

- O desenvolvimento desta etapa possibilitou ao professor/pesquisador uma imersão bastante significativa no conteúdo que está sendo trabalhado e que passa a ser escrutinado a partir dos livros didáticos do Ensino Médio e Superior (Estrutura do Conteúdo), dos Documentos e Referências oficiais da Área da Biologia e também, a partir das percepções dos diversos sujeitos entrevistados (Análise do Significado Educacional) no processo de ensino aprendizagem;
- A partir desta imersão surgiu uma diversidade de elementos para serem contemplados na abordagem do conceito, sendo necessário um recorte, o qual contemplou elementos mais recorrentes, embora em alguns casos tenha havido uma opção do pesquisador;
- O aprofundamento dos elementos escolhidos se dá no formato de revisão da literatura, estruturada no âmbito da tese, no formato dos subcapítulos;

- Consistiu numa etapa bastante trabalhosa, e que exige bastante do professor que se dispõe a trabalhar com o MRE visto que os elementos explicitados apontam em várias direções: historicidade, morfofisiologia, contemporaneidade e uso de imagens, e exigem um aprofundamento por parte do professor caso haja intenção de contemplá-los no processo instrucional.

Desta forma, finalizamos o Capítulo II, que versou sobre a Etapa 1 (Análise da Estrutura de Conteúdo) do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE).

Para tanto, apresentaremos a seguir, o Capítulo III acerca do processo de delineamento para a Etapa 2 do MRE, bem como apresentar um novo bloco de revisão da literatura, construído a partir dos aspectos explicitados por esta etapa e partir dela, a formação do Subcapítulo II da tese. As informações diagnosticadas nessa etapa, a posterior, servirão para a formação do cenário didático da pesquisa, no vislumbramento da Sequência de Ensino Aprendizagem para o conceito de célula.

CAPITULO III - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 2 DO MRE: INVESTIGAÇÕES EMPÍRICAS E IMPLICAÇÕES PARA A PESQUISA

Este capítulo está dividido em quatro momentos. O primeiro, no qual iremos apresentar os procedimentos para a realização das Investigações Empíricas, que compreendem a etapa 2 do Modelo de Reconstrução Educacional, o segundo na qual iremos apresentar os resultados da análise realizada, o terceiro, no qual discutiremos as implicações dessa análise para a pesquisa em questão, e por fim, o último no qual apresentaremos uma revisão da literatura sobre os elementos mais significativos que emergiram durante a realização da etapa 2.

3.1 Procedimentos para a realização das Investigações Empíricas (IE)

A Etapa 2 do MRE aponta para as **Investigações Empíricas (IE)** e é constituída por estudos empíricos sobre as várias características do ambiente de aprendizagem; pesquisa sobre a perspectiva dos alunos e/ou professores, envolvendo ainda concepções pré-instrucionais e variáveis afetivas como interesses, autoconceitos e atitudes. Também envolvem as pesquisas que evidenciam problemas no ensinar e no aprender sobre um determinado conceito (DUIT, 2006; DUIT, 2007; SAARELAINEN; HIRVONEN, 2009).

Nesta etapa, há também a análise da resposta a uma argutiva da Análise Didática (AD), a questão D, que discorre sobre “Qual é a estrutura desse conteúdo quando se considera a perspectiva pedagógica?” (KLAFKI, 1958, p.01-04, tradução nossa).

As informações advindas da pesquisa empírica e das perspectivas dos sujeitos envolvidos no processo (Questão D da Análise Didática) foram determinantes para a compreensão de muito dos elementos subliminares, que não são percebidos durante o processo de ensino-aprendizagem, mas estão presentes no contexto da sala de aula. Muitos desses elementos acabam por dificultar a abordagem do conteúdo. O seu diagnóstico prévio pode favorecer, ao professor, construir situações de aprendizagem que procurem minimizar possíveis barreiras no processo de ensino.

3.1.1 Investigações Empíricas (IE)

Para a realização desta etapa, resgatamos as 21 pesquisas que utilizaram o MRE como referencial teórico metodológico (apresentadas na seção 1.2 do Capítulo I) e percebemos que 10 estudos (LAHERTO, 2012; LA FATA, 2010; ROGGE, 2009; SAARELAINEN; HIRVONEN, 2009; LUPO, 2008; RIEMEIER; GROPENGIESSER, 2008; STAVROU; DUIT; KOMOREK, 2008; SCHEFFEL, 2006; KOMOREK; DUIT, 2004; DUIT; KOMOREK; WILBERS, 1997), detalham os procedimentos empregados para a realização da pesquisa científica.

De forma geral, os autores optaram por varreduras em periódicos específicos relacionados ao conteúdo que é o foco do estudo, como também por varreduras em periódicos da área de ensino, uma vez que se entende que dificuldades de aprendizagem, abordagens diferenciadas e outros elementos de caráter mais pedagógico estarão evidenciados em estudos dessa área do conhecimento. Também há menção a eventos científicos uma vez que eles concentram boa parte das discussões mais recentes nas diversas áreas do conhecimento.

Nossa opção para a realização das pesquisas empíricas foi considerar publicações oriundas de eventos da área de ensino de ciências e de biologia, trabalhos acadêmicos, periódicos da área e pesquisa *online*, conforme detalhado a seguir:

- **Bloco 1 - Eventos em Ensino de Ciências e de Biologia:** Na área de Ciências e Biologia (pesquisa e ensino) existem diversos grupo e associações no país que promovem encontros anuais em caráter regional e nacional, cujas publicações em anais são bastante significativas e podem contribuir para elucidar questões diversas relacionadas ao nosso objeto de estudo. Utilizamos os CDs do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC); Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO) e Encontro Regional de Ensino de Biologia (ERE BIO).

- **Bloco 2 - Trabalhos Acadêmicos:** Coletamos informações Banco de Teses Capes e nos sites dos Programas de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e áreas afins, bem como nas respectivas bibliotecas virtuais.

- **Bloco 3 - Periódicos da Área:** Utilizamos o Portal de Periódicos Capes para acessar revistas científicas nacionais e internacionais. Nossa pesquisa focou as revistas *Ciência & Educação*; *Investigações em Ensino de Ciências*; *Science Education* e *Science and Education*.

- **Bloco 4 - Pesquisa *Online*:** Os sites de pesquisas são meios pelos quais podemos encontrar diversos trabalhos relacionados à nossa pesquisa, que não se encaixam nas descrições anteriores.

Outro aspecto que observamos a partir dos trabalhos que utilizaram o MRE como aporte teórico metodológico, e optaram pela realização da investigação empírica no formato de revisão da literatura, foi um recorte prévio no foco da revisão. Embora ela possa ser feita de forma ampla e muitos aspectos possam ser considerados, conforme pontuamos no início do capítulo. Os trabalhos, em questão, tiveram um foco na construção conceitual, e por isso o recorte foi direcionado para os obstáculos relacionados aos processos de construção.

Trata-se de um viés muito próximo ao do nosso estudo e por isso optamos por realizar o mesmo recorte prévio com o intuito de orientar, e restringir a amplitude do processo de revisão.

Neste sentido, a partir da pré-análise do material e da leitura flutuante, fomos separando os trabalhos que pudessem nos auxiliar a perceber, de forma mais sistemática, os obstáculos identificados para a construção do conceito de célula. Aqui, consideramos esses obstáculos como uma categoria (**Dificuldades Percebidas**) nessas publicações científicas e seus distintos aspectos apontados.

3.1.2 Análise do Significado Educacional (ASE) - questão D

Complementando as questões da Análise Didática, nesta etapa, aplicamos a arguitiva D, “Qual é a estrutura desse conteúdo quando se considera a perspectiva pedagógica?” (KLAFKI, 1958, p.01-04, tradução nossa), com os mesmos sujeitos que responderam as arguitivas A, B e C (Docentes, Estudantes e Docente/Pesquisador), mediante a aplicação do mesmo instrumento. Aqui, cabe

pontuarmos essa pergunta como proposição de categoria (**Dificuldades Percebidas**) e a respostas a ela, destacarmos seus distintos aspectos.

3.2 Resultados das Investigações Empíricas

Neste momento, evidenciamos os resultados da Investigação Empírica, a partir da captação de pesquisas discorrendo sobre as dificuldades para a aprendizagem do conceito de célula, a partir do tratamento e análise dos dados captados (obstáculos), emergidos nas informações nas produções científicas e nas entrevistas realizadas.

3.2.1 Resultados das Investigações Empíricas: Revisão da Literatura

Para realizarmos o diagnóstico sobre os possíveis obstáculos apontados nas pesquisas para a abordagem do conceito de célula, realizamos um levantamento de 44 produções bibliográficas distribuídas nos quadros (13, 14, 15 e 16), captadas a partir dos eventos em Ensino de Ciências e Biologia; nos trabalhos acadêmicos, nos periódicos da área e na pesquisa *online*, respectivamente.

Buscamos nestas pesquisas, obter o máximo de informações que colaborassem para detectar quais os obstáculos que estudantes e/ou professores citavam como dificuldades no ensino e na aprendizagem do conceito de célula em sala de aula. Assim, nos quadros 13, 14, 15 e 16, a seguir, temos uma sistematização dessas considerações.

Quadro 13. Sistematização dos trabalhos coletados em eventos que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.

Pesquisa	Autor	Título	Método	Grupo Pesquisado	Dificuldades Percebidas
ENPEC	Pereira Barcellos e França (2003)	Proposta de Estratégias Didáticas para construção do Conhecimento em divisão celular – biologia.	Pré e Pós- teste	EM	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos - Compreensão de processos.
ENPEC	Pegoraro et al. (2003)	A Formação de Conceitos em Biologia Celular.	Questionário	EF	- Compreensão do conceito (unidade formadora, funcional e imprescindível dos seres vivos). - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos
ENPEC	Tomaz Jr e Klein (2003)	Concepções sobre Biologia Celular de alunos de Ensino Médio da Cidade de Londrina, PR.	Questionário	EM	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos - Relação célula (Micro-Macroscópico) - Dimensional - Identificação tipos celulares e organismos
ENPEC	Barros e Carneiro (2005)	Os Conhecimentos que os Alunos utilizam para ler as Imagens de Mitose e de Meiose e as Dificuldades Apresentadas.	Questionário	EM	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos - Compreensão dos processos - Compreensão do Conceito (Fragmentação)
ENPEC	Lopes et al. (2005)	Obstáculos a Apropriação dos Conceitos de Ciclo Celular por Alunos do Ensino Médio.	Material Didático Pré-teste	EM	- Contextualização - Compreensão do Conceito (Fragmentação) - Compreensão do Conceito (desenvolvimento da célula)
EREBIO	Sá et al. (2006)	Explorando a formação de conceitos em licenciandos de biologia: a via glicolítica.	Pré-teste Modelo Conceitual Pós-teste	ES (Biologia)	- Estabelecimento de relações entre os processos - Compreensão do Conceito (Fragmentação, Lacunas conceituais do conteúdo - Expressaram respostas prontas).
EREBIO	Maciel e Nascimento (2007)	“Por que as células se dividem?”: ideias dos estudantes do Primeiro ano do ensino médio como subsídio para o trabalho Docente.	Sequências de Atividades	EM	- Compreensão dos Processos

EREBIO	Lopes et al. (2006)	Regulação do Nível De Glicose Em Humanos: Uma Sequência Didática Numa Abordagem Construtivista Com Licenciandos De Biologia	Sequência Didática	ES (Biologia)	- Relação célula (Micro-Macroscópico) - Dimensional - Estabelecimento de relações entre conceitos - Estabelecimento de relações entre processos
ENPEC	Braga; Ferreira e Gastal (2009)	O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa	Questionários Sequências	EM	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos - Compreensão dos Processos
EREBIO	Manzke; Vargas e Manzke (2012)	Concepção de Célula por Alunos Egressos do Ensino Fundamental: Exercício 03 - Indivíduos Unicelulares	Questionário	EM	- Identificação tipos celulares e organismos
EREBIO	Silva et al. 2012	Modelos didáticos no Ensino de Biologia Celular: uma experiência com a "célula-gel"	Atividade Lúdica-Modelo Didático "Célula Gel"	EF	- Compreensão do Conceito - Compreensão dos Processos

Fonte: Elaborado pelo Autor

Selecionamos nos eventos da área de Ciências Biológicas 11 pesquisas cujo foco era voltado para a construção do conceito de célula e que nos forneciam dados relevantes para a sistematização pretendida (quadro 13).

As pesquisas, na sua grande maioria, foram realizadas com estudantes da Educação Básica, especificamente do Ensino Médio, explicitando as suas considerações sobre o conteúdo abordado através de questionários ou pré e pós-teste. Também, percebemos o interesse em associar o conteúdo a métodos lúdicos e interativos por meio de Modelos Didáticos para mediar a aprendizagem do conceito. Por fim, sequências didáticas foram métodos de ensino para estudar o conteúdo e coletar as concepções dos estudantes.

Nestas pesquisas, os principais obstáculos percebidos com relação aos processos de ensino-aprendizagem do conceito de célula foram com relação à:

- **Compreensão do conceito:** o que se percebe é uma apresentação simplista, fragmentada ou muito superficial e por muitas vezes desassociada da ideia de que a célula é a unidade formadora de todos os seres dotados de vida.
- **Compreensão dos conceitos principais e subconceitos:** é notada uma acentuada dificuldade em compreender conceitos e processos básicos que englobam o funcionamento celular e erros de representação em relação à membrana plasmática, o citoplasma e o núcleo; não ocorrendo à associação à sua função ou localização na célula.
- **Relação célula (Micro-Macroscópico) - Dimensional:** ocorre dificuldade em estabelecer relações entre o universo microscópico e o macroscópico, apresentando dificuldade em relacionar as estruturas pelo tamanho.
- **Identificação dos tipos celulares e dos organismos:** neste caso as dificuldades são na classificação dos organismos em unicelulares e pluricelulares de acordo com os grupos de seres vivos.
- **Compreensão de processos:** neste quesito havia falhas conceituais e de significados, e compreensão na organização e a sua localização dentro da célula.
- **Estabelecimento das relações entre os processos e conceitos:** para além das lacunas conceituais, o conhecimento é isolado e fragmentado, também se observou uma padronização das respostas.

Quadro 14. Sistematização dos trabalhos acadêmicos coletados que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.

Pesquisa	Autor	Título	Proposta	Grupo Pesquisado	Dificuldades Percebidas
DISSERTAÇÃO	Bastos (1991)	O conceito de célula viva entre os estudantes de segundo grau	Entrevistas	EF e EM	- Compreensão do conceito (ideia simplista e ideia antropocêntrica) - Relação entre os processos
TESE	Palmero (2000)	Modelos mentales de célula: una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU.	Modelos Mentais	ES	- Compreensão do conceito (ideia simplista e ideia antropocêntrica)
DISSERTAÇÃO	Folgaça (2006)	Papel da inferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula	Jogos	EM	- Compreensão do Conceito - Compreensão dos Processos
DISSERTAÇÃO	Lopes (2007)	Ciclo celular: estudando a formação de conceitos no Ensino médio	Questionário Sequência Didática	EM	- Compreensão do conceito (Abstração) - Relação célula (Micro-Macroscópico) - Dimensionalidade
DISSERTAÇÃO	Paula (2007)	Ensino e aprendizagem dos Processos de divisão celular no Ensino fundamental	Questionário Sequência Didática	EF	- Compreensão do Conceito
DISSERTAÇÃO	Silveira (2013)	Dificuldades de aprendizagem e concepções alternativas em Biologia: a visão de professores em formação sobre o conteúdo de citologia.	Questionários Entrevista Ficha de avaliação de livros didáticos	ES (Biologia)	- Relação célula (Micro-Macroscópico) / Dimensionalidade - Estabelecimento de relações entre conceitos

Fonte: Elaborado pelo Autor

Nos trabalhos acadêmicos foram encontradas 06 pesquisas em Nível de Mestrado e Doutorado (quadro 14). As pesquisas enfocaram o Ensino Básico e Superior, e apresentam os jogos como mediadores da aprendizagem, modelos mentais e levantamento das concepções através de questionários e entrevistas. Em algumas dessas pesquisas, semelhantemente aos eventos; percebemos interesse para além do conceito de célula, pela Divisão e Ciclo celular (quadro 14).

As principais problemáticas relacionadas ao ensino-aprendizagem do conceito de célula estavam relacionadas à:

- **Compreensão do conceito:** enfocando uma concepção sobre célula de forma fragmentada.
- **Compreensões de processos:** que muitas vezes não são lembradas devido à nomeação de difícil memorização, e por isso, as relações não eram estabelecidas e nem compreendidas.
- **Relação célula (Micro-Macroscópico) – Dimensionalidade:** o ensino de conteúdos microscópicos se constitui uma barreira por vezes intransponível. A dificuldade se amplifica por se tratar de um conceito abstrato.

Quadro 15. Sistematização dos trabalhos coletados em periódicos que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.

Pesquisa	Autor	Título	Proposta	Grupo Pesquisado	Dificuldades Percebidas
Enseñanza de Las Ciencias	Zaforas (1991)	Estudio llevado a cabo sobre Representaciones de la respiracion Celular en los alumnos de Bachillerato y COU.	Questionário	ES (Biologia)	- Compreensão dos Processos - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos (localização das organelas)
Ensinanza de lãs ciências	Caballer e Giménez (1992)	Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos.	Questionário	Estudantes e Professores	- Identificar tipos celulares e organismos -Compreensão dos Processos
Ensinanza de lãs ciências	Caballer e Giménez (1993)	Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula.	Questionário	EF	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos -Compreensão dos Processos
Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi	Tekka; Özkan e Sungur (2001)	Biology concepts perceived as difficult by Turkish high school students.	Entrevistas	EM	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos (localização das organelas) - Compreensão dos Processos
Investigações em Ensino de Ciências	Palmero e Moreira (2002)	Modelos Mentales Vs Esquemas de Célula.	Modelos Mentais Johnson-Laird	ES	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos (localização das organelas) - Compreensão dos Processos
Educação e Ciência	Palmero (2003)	La Célula Vista Por El Alumnado.	Modelos Mentais de Johnson-Laird	ES (Biologia)	- Identificar tipos celulares e organismos
Eureka	Mengascini (2006)	Propuesta didáctica y dificultades para el Aprendizaje de la organización celular.	Atividades	ES (Biologia)	- Identificar tipos celulares e organismos - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos - Relação Micro-Macroscópico
International Journal of Science Education	Riemeier; Gropengiesser (2008)	On the roots of difficulties in learning about cell division - Process-based analysis of students conceptual development in teaching experiments.	Modelo de Reconstrução Educacional	EM	- Compreensão do Conceito (Divisão celular) - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos (localização das organelas) - Compreensão dos Processos
Revista Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular	Orlando et al. (2009)	Planejamento, montagem e aplicação de Modelos didáticos para abordagem de Biologia celular e molecular no ensino Médio por graduandos de	Modelos didáticos Sequência atividades	EM	- Compreensão do Conceito - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos

...continuação do quadro 15.

		ciências Biológicas.			
International Journal of Physical Sciences	Yorek, Sahin e Ugulu (2010)	Students' representations of the cell concept from 6 to 11 grades: Persistence of the "fried-egg model.	Teste com três questões abertas.	EF e EM	- Compreensão do conceito (limitado) - Identificar tipos celulares e organismos - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos (localização das organelas) - direciona importância maior para o núcleo, mitocôndria e ribossomos.
Scientific Research and Essay	Dikmenli (2010)	Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis.	Desenhos e Entrevistas	ES	- Os estudantes confundem as fases de o processo de divisão celular e os eventos que ocorrem nestes estágios.
Journal of Virginia Science Education	Martin (2011)	Exposing Student Misconceptions about Cellular Structure: A Curriculum Topic Study	Questionário	EM	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos (localização das organelas)
Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	Legey et al. (2012)	Avaliação de saberes sobre célula apresentados por alunos ingressantes em cursos superiores da área biomédica.	Questionário	ES (Biomedicina)	- Compreensão do Conceito (Complexidade).
Eureka	González et al. (2012)	Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal.	Unidade Didática	EF	- Identificar tipos celulares e organismos - Relação entre processos (interno e externo)
Education	Chattopadhyay (2012)	Understanding of Mitosis and Meiosis in Higher Secondary Students of Northeast India and the Implications for Genetics Education.	Questionário	EM	- Compreensão do Conceito - Compreensão dos Processos

Fonte: Elaborado pelo Autor

Nos Periódicos Nacionais e Internacionais foram encontradas 15 pesquisas sobre o conceito de célula (quadro 15). Na maioria dos estudos os participantes eram estudantes do Nível Básico, Superior em Biologia e Biomedicina. Das pesquisas elencadas, apenas uma pesquisa procurou as concepções sobre o conceito de célula, também dos professores. Os questionários e as entrevistas foram os principais meios de coleta (quadro 15).

Nessas pesquisas, as principais problemáticas relacionadas ao ensino-aprendizagem do conceito de célula foram relacionadas à:

- **Compreensão do conceito:** apresentação do conceito de forma limitada, dificuldade para definir termos mais complexos da Biologia Celular. Dificuldades para organizar sistemas moleculares e da vida. Em muitos casos, não se compreende a relação dos átomos, a menor unidade de matéria, como blocos de construção das macromoléculas e todas as células.
- **Relação célula (Micro-Macroscópico) – Dimensionalidade:** falta de diferenciação dos níveis de organização dimensional, confusão entre as estruturas subcelulares ou organelas com órgãos.
- **Compreensão dos conceitos principais e subconceitos:** memorização dos nomes e localização das organelas, de forma aleatória, sem referência à sua estrutura ou função.
- **Identificação dos tipos celulares e organismos:** dificuldades relacionadas com a caracterização do grau de importância de algumas organelas, mencionadas apenas numa estrutura global. Reconhecimento da estrutura geral da célula.
- **Relação entre processos:** não reconhecem o ambiente interno e externo, tendo dificuldade nos aspectos celulares que estão relacionadas com o meio de dentro para fora da célula.
- **Compreensão de processos:** dificuldades de compreensão no que diz respeito aos processos causais, pontuando processos mais gerais, sem descrição mais ampla.

Quadro 16. Sistematização dos trabalhos coletados online que pontuam as dificuldades percebidas na construção do conceito de célula.

Pesquisa	Autor	Título	Proposta	Grupo Pesquisado	Dificuldades Percebidas
REVISTA EM ABERTO	Bastos (1992)	O conceito de célula viva entre os alunos de Segundo grau.	Entrevistas	EF e EM	- Compreensão do conceito (ideia simplista e ideia antropocêntrica) - Relação entre os processos
10 AMOSTRA UNIMEP	Teixeira, Lima e Favetta (2006)	O conceito de célula investigado numa sala de aula de Ensino Médio: um Estudo de Caso.	Questionário	EM	- Identificar tipos celulares e organismos
MONOGRAFIA	Dias (2006)	As representações que um grupo de estudantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas tem sobre a importância dos componentes químicos celulares.	Questionário	ES	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos
EDUCERE-PUCPR	Heerd e Brandt (2008)	Webquest como instrumento de mediação pedagógica: A reformulação do conceito de célula.	Webquest	EM	- Identificar tipos celulares e organismos
XI ENPOS UFPelotas	Silveira et al. (2009)	Concepção De Célula Por Alunos Egressos Do Ensino Fundamental.	Três questões com desenhos	EF	- Identificar tipos celulares e organismos
UFPB-PR _XII ENCONTRO DE EXTENSÃO	Silva e Silva (2010)	A concepção de célula apresentada por estudantes do ensino médio de uma escola pública estadual localizada na grande João Pessoa.	Questionário	EF	- Compreensão do Conceito - Compreensão dos conceitos principais e subconceitos - Contextualização
EDUCAÇÃO PR	Amaral (2010)	Estratégias Para O Ensino De Ciências: Modelos Tridimensionais – Uma Nova Abordagem No Ensino Do Conceito Célula.	Pré-teste Modelos	EF	- Identificar tipos celulares e organismos
ENCICLOPÉDIA BIOSFERA	Bastos e Farias (2011)	Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula Animal e vegetal, um estudo de caso.	Maquete	EF	- Identificar tipos celulares e organismos
PIBID UNEMAT	Pereira et al. (2011)	A célula: conhecimento dos alunos do ensino médio, Antes/após o projeto	Maquete gigante Questionário	EM	- Compreensão do conceito (Abstração)

...continuação do quadro 16.

		“por dentro da célula”.	semiestruturado		- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos
MONOGRAFIA	Melo e Alves (2011)	Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem De biologia celular em iniciantes do Curso de graduação em ciências biológicas.	Entrevista semiestruturadas	ES	- Compreensão do conceito (Complexidade) - Compreensão dos Processos
ESPECIALIZAÇÃO	Oliveira (2011)	Levantamento das concepções prévias de alunos do ensino médio sobre conceitos básicos de Citologia: o lúdico como uma opção de ensino para a área.	Questionário	EM	- Compreensão do Conceito (Fragmentação) - Relação célula (Micro-Macroscópico) / Dimensionalidade - Identificar tipos celulares e organismos
EDUCAÇÃO - PR	Linhares e Taschetto (2012)	A Citologia no Ensino Fundamental.	Jogos Modelo Didático Teatro	EF	- Compreensão dos conceitos principais e subconceitos

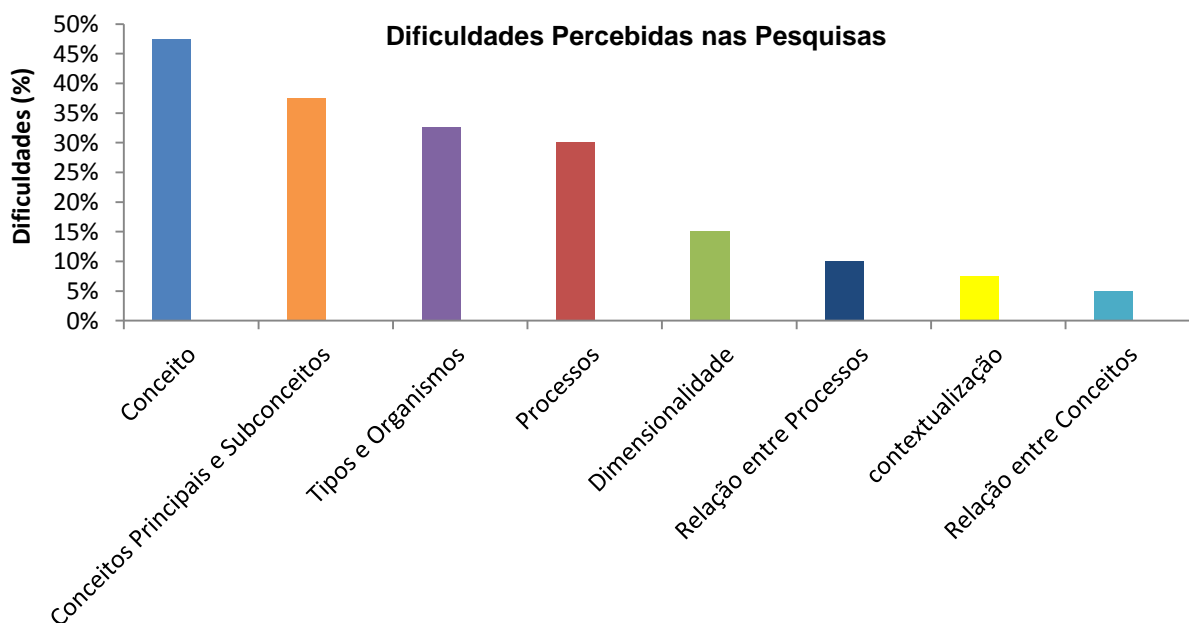
Fonte: Elaborado pelo Autor

Na pesquisa *Online* foram encontrados 13 trabalhos relacionados à célula. Os participantes eram estudantes do Nível Básico (quadro 16). As concepções foram coletadas principalmente por questionários, pré e pós-teste e entrevistas. Nestas pesquisas, as principais problemáticas relacionadas ao ensino-aprendizagem do conceito de célula foram:

- **Compreensão do conceito:** percebeu-se apenas uma noção básica do conceito em questão.
- **Compreensão dos conceitos principais e subconceitos:** dificuldades em conceituar as organelas, limitação para citar componentes celulares ou moléculas presentes.
- **Identificação tipos celulares e organismos:** dificuldades para distinguir os tipos e morfologias celulares e para identificação de tipos de célula.
- **Relação entre processos:** inexistentes ou deficientes por desconhecimento dos processos celulares, com apresentação por vezes imprecisa, além de não associar diretamente a célula com os processos biológicos.

Por fim, sistematizados na figura 12, discorreremos sobre as principais dificuldades apontadas nas pesquisas com relação ao conceito de célula.

Figura 12. Síntese das dificuldades associadas aos processos de ensino-aprendizagem do conceito de célula.



Fonte: Elaborado pelo Autor a partir das pesquisas

Assim, na figura acima, a compreensão sobre a célula (simplista, fragmentada e antropocêntrica), dentre ademais dificuldades se destacou como a principal barreira na abordagem do conceito entre as pesquisas apontadas anteriormente.

Para tanto, ainda sobre a etapa 2, passamos as discussões sobre a Análise do Significado Educacional em resposta a arguitiva D de Klafki, a partir dos sujeitos pesquisados e assim, finalizar esse momento.

3.2.2 Resultados da Análise do Significado Educacional - questão D

Nesta seção consideramos as dificuldades percebidas com relação aos processos de ensino aprendizagem do conceito de célula na visão dos Docentes, Estudantes e Professor/Pesquisador, respondendo a arguitiva D, “Qual é a estrutura desse conteúdo quando se considera a perspectiva pedagógica?”, da Análise Didática de Klafik.

Os docentes apontaram como **Dificuldades Percebidas** para a abordagem do conceito de célula:

- Compreensão dos Processos;
- Relação entre os Processos;
- Compreensão das Estruturas;
- Relação entre as Estruturas e funções,
- Relação célula (Micro-Macroscópico) – Dimensionalidade.

Os estudantes apontaram como **Dificuldades Percebidas** para a abordagem do conceito de célula:

- Compreensão dos Processos e organismos;
- Compreensão do Conceito e funcionalidade;
- Contextualização;
- Compreensão das Estruturas;
- Abstração;
- Compreensão dos tipos celular, estruturas e funções,
- Compreensão do Conceito, estruturas e funções.

Como Professor/Pesquisador, percebo que as **Dificuldades Percebidas** na abordagem do conceito de célula discorrem sobre a abstração e por isso, surgem muitos obstáculos na sua observação e compreensão em nível microscópico, o que interfere diretamente na compreensão dos estudantes sobre as relações entre conceitos, subconceitos e processos, bem como na compreensão da estrutura morfofisiológica e entendimento que tudo está interligado e ocorre em tempo real.

No quadro 17, apresentamos uma síntese das colocações dos sujeitos pesquisados.

Para tanto, conforme anteriormente comentado, considerando a quantidade de informações apresentadas nessas pesquisas e a partir das respostas dos entrevistados e, visando responder a argutiva D da Análise didática, novamente, necessitamos de um recorte, a fim de permitir melhor compreensão no texto sobre os obstáculos apontados.

Após essas considerações, seguiremos as implicações das Investigações Empíricas para a pesquisa.

Quadro 17. Síntese da argutiva D na perspectiva dos docentes, estudantes e do professor/pesquisador.

ASE	Síntese da Análise Didática Pergunta D
Visão Docente, Estudantes e Professor/Pesquisador	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades em nível microscópico (abstração): o conceito em nível microscópico acaba por inviabilizar a observação das estruturas microscópicas, bem como, os processos realizados na célula, isso requer do indivíduo bastante versatilidade cognitiva, para compreensão da morfofisiologia celular. • Dificuldades na compreensão do conceito e subconceitos: por não serem perceptíveis a olho nu, impossibilita a aprendizagem. • Dificuldade em relacionar as estruturas e os processos de forma integrada: não se percebe que a morfologia e a fisiologia celular são atreladas e os processos oriundos da célula ocorrem simultaneamente. Tende-se a separar ou mesmo “achar”, que os processos ocorrem em momentos distintos. • Dificuldades na aprendizagem do conceito de ordem estrutural, dimensional, processual: a falta da percepção morfofisiológica integrada impossibilita compreensão sobre o todo celular. • Dificuldades na compreensão dos tipos e organismos celulares: problemática na diferenciação da morfofisiologia entre os diversos tipos de organismos. • Contextualização: não percepção da aplicação da célula no cotidiano dos sujeitos.

Fonte: O Autor a partir das pesquisas e respostas.

As dificuldades relacionadas aos processos de ensino-aprendizagem do conceito de célula, a partir do desenvolvimento das Investigações Empírica, e também da Análise do Significado Educacional - questão D; estão sistematizados no quadro 18.

Quadro 18. Síntese das dificuldades relacionadas aos processos de ensino aprendizagem do conceito de célula que emergiram na Etapa 2 do MRE.

Etapa 2 - Investigação Empírica	Dificuldades Diagnosticadas
	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades em nível microscópico; • Dificuldades na compreensão do conceito e subconceitos; • Dificuldade em relacionar as estruturas e os processos de forma integrada; • Dificuldades na aprendizagem do conceito de ordem estrutural, dimensional, processual; • Dificuldades na compreensão dos tipos e organismos celulares.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Esse quadro possibilita uma visão de um conjunto de elementos que requerem atenção nos processos instrucionais relacionados ao conceito de célula. Abarca um conjunto complexo, que compreende os conteúdos específicos em si e muito da forma como esses devem ser trabalhados.

A Investigação Empírica elucida muito sobre o formato e a sequenciação dos conteúdos, bem como sobre perspectivas de ensino e de aprendizagens que podem ser adotadas para a abordagem desse conteúdo e dos materiais didáticos que podem ser utilizados para tal. Foi a partir dessas sinalizações que estruturamos o capítulo a seguir que, no formato de revisão da literatura, busca discutir algumas dessas questões.

Assim, a partir dos elementos (dificuldades) apontados nas pesquisas e a partir das respostas dos sujeitos pesquisados, elaboramos os subcapítulos relacionados à Etapa 2.

Para tanto, consideramos que já foram discutidos os obstáculos no ensino e na aprendizagem do conceito de célula, acreditamos estruturar propostas que direcionem ao indivíduo como trabalhar o conteúdo e minimizar essas barreiras. Dessa forma, propomos discussão sobre a integração do conceito e o uso de tecnologia em animações/simulações como direcionamentos para a abordagem da célula em sala de aula.

3.3 Direcionamentos para a Abordagem do Conceito de Célula

Nesta seção, (realizada também no formato de revisão da literatura), como comentado anteriormente, não temos a intenção de discutir os obstáculos que dificultam a prática docente e comprometem os processos de ensino e aprendizagem do conceito de célula, vez que já foram apontados na seção anterior. Contudo, temos a intenção de apontar ações que corroborem o desenvolvimento de estratégias que viabilizem a abordagem do conceito de célula no Ensino de Ciências Biológicas, como exemplo, a visão integrativa da célula e uso de tecnologias de animações/simulações computacionais.

3.3.1 *Visão da Célula: Buscando uma Compreensão Integrada do Conceito*

A necessidade de construção do conceito de célula de forma mais inter-relacionada pode representar o calcanhar de Aquiles da Biologia, vez que seus componentes são inseparáveis e existe uma relação interdependente, interativa e inter-retroativa entre as partes e o todo, o todo e as partes (MORIN, 2001).

A discussão entre todo e partes está presente no antigo e no novo paradigma. No primeiro, em qualquer sistema complexo a dinâmica do todo poderia ser compreendida a partir das propriedades das partes. No segundo, as partes só podem ser entendidas a partir da dinâmica do todo. Assim, a ideia central dessa concepção sistêmica está em seu padrão básico de organização, e em todos os níveis de comunicações sociais humanas, que se interligam sob a forma de rede (CAPRA, 1996).

A dificuldade na construção dos conceitos científicos surge a partir do processo da evolução desses conceitos, uma vez que os estudos tradicionais estão centrados em aspectos puramente cognitivos, desconsiderando outros fatores envolvidos no processo de ensino, que são primordiais para a formação do processo educativo e que podem resultar em mudança conceitual, como: a motivação, os interesses, a afetividade, o autoconceito e os fatores contextuais (ALZATE, 2001). Fatores estes apontados também, por Duit (2006, 2007), que os considera extremamente significativos para a aprendizagem conceitual.

Neste sentido, uma característica preocupante do ensino brasileiro em geral, especificamente o Ensino de Biologia, está na fragmentação do conhecimento, através de estudos que não relacionam as diversas relações que um determinado tema pode abranger (KRASILCHIK, 2005). Ou seja, visam um olhar unilateral e fragmentado do conhecimento, sem oportunizar aos estudantes visão crítica e holística do assunto em estudo; o que acaba direcionando o indivíduo a construir conceitos de forma simples e desconectada; fazendo com que, ao se deparar com situações que exijam uma análise mais complexa, eles não estejam aptos para pontuar elementos que seriam significativos para a compreensão do assunto abordado.

Este problema em dividir o mundo em partes influenciou a organização dos currículos escolares, em que o conhecimento é por vezes trabalhado em “fragmentos”, sem levar em conta a conexão com o todo, e se considerarmos as Ciências Biológicas, não se pode escapar da relação dialética entre as partes significativas, imprescindíveis para definir o todo funcional que elas compõem (LEWONTIN, 2002).

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+EM) apontam que a sua abordagem deve oportunizar uma percepção constante na interação entre ambiente e célula (BRASIL, 2002). Ou seja, seria importante que a abordagem do conceito de célula em sala de aula vislumbrasse além dos elementos formativos, numa relação mais integrada, demonstrando as peculiaridades e especificidades entre conceitos principais (Membrana Plasmática, Citoplasma e Núcleo), subconceitos (Organelas) e processos.

Todavia, esta relação não tem sido estabelecida e a célula, enquanto conceito central tem sido vista a partir de perspectivas fragmentadas (KRASILCHIK, 1996; FERREIRA; CARPIN; BEHRENS, 2010). Por vezes, o conceito de célula, em si, tem sido deslocado a um plano de menor importância em relação aos demais elementos e processos celulares.

Visando diminuir estes condicionantes e procurando realizar uma integração entre a célula (conceitos; subconceitos e processos). Manzke (2000) sugere ações que remetam a uma visão mais completa e menos simplista do conceito, possibilitando ao estudante um olhar menos estático e unitário do mesmo, bem

como a percepção das relações que são estabelecidas entre toda a estrutura e a fisiologia da célula.

Neste sentido, sugerimos uma possibilidade de estruturação/organização do conceito de célula (quadro 19), ao Nível Superior e ao Ensino Médio, nas quais podemos perceber as relações entre conceitos, subconceitos e processos, demonstrando à íntima e a imprescindível conexão entre o todo e as partes, necessária para a compreensão do conceito.

Obviamente não temos objetivo de definir o que deve ou não ser contemplado nos livros sobre o estudo do conceito de célula, mas refletir como esse conteúdo pode ser abordado e discutido. Sendo assim, as possibilidades para a abordagem do conceito de célula e que foram estruturadas, ilustram como poderiam ser estabelecidas as relações entre conceitos, subconceitos e processos, o que demonstra a unidade celular.

Quadro 19. Sugestão para abordagem do conceito de célula, estruturada a partir do Ensino Médio e Superior, explicitando as possibilidades de articulação entre os conceitos, subconceitos e processos.

		CP	SC	RC	F			CP	SC	RC	F
E N S I N O S U P E R I O R	M	Moléculas	Fosfolipídeos	A	Composição química e estrutural	E N S I N O M É D I O	M	Moléculas	Fosfolipídios	A H	Composição química e estrutural
			Esteróis	A H					Colesterol	A H	
			Glicolipídeos	A B C N					Glicolipídios	A B	
			Glicoproteínas	A B C					Glicoproteínas	A B	
			Proteínas	A B C D F I					Proteínas	A C D I	
	Processos	Transporte passivo	D I	Transporte de íons e solutos	Transporte passivo		D	Transporte de substâncias			
		Transporte ativo	D I		Transporte ativo		D				
	C & N	Estruturas	Citosol	F	Preenche o espaço entre as membranas		C & N	Estruturas	Endocitose	E	Ingestões de partículas líquidas e sólidas
			Ribossomos	F G I	Síntese de proteínas				Exocitose	E	Eliminação de substâncias
			RER	A F G I O L	Síntese de proteínas				Citoesqueleto	I	Rede protéica Movimentos (migração de células e contração das células musculares)
REL			A F H L	Síntese lipídeos	RER	F, G, I, O, Q			Síntese de proteínas		
Aparelho de Golgi			A F N L S	Modificação, distribuição e empacotamento de proteínas e lipídeos	REL	F, H, I, O, Q			Síntese de lipídios, contração muscular, liberação de glicose, desintoxicação.		
Lisossomos			E F S	Degradação intracelular	Complexo de Golgi	D, F, I, J			Transporte de proteínas e finalização de síntese de proteínas, síntese de polissacarídeos, forma grânulos de secreção ou lisossomos.		
Endossomos			E F	Distribuição de materiais endocitados	Lisossomos	E, F, J, K			Digestão intracelular		
Peroxisomos			F H S	Oxidação moléculas tóxicas	Peroxisomos	F			Decomposição e oxidação de moléculas orgânicas		
Mitocôndrias			A F	Síntese de ATP	Mitocôndrias	F, I, M			Digestão intracelular		
Citoesqueleto			I	Movimentos (migração de células e contração das células musculares)	Vacúolos	F, K			Respiração celular com produção de ATP		
Processos	Exocitose	E	Expulsão de resíduo	Ribossomos	F, G, I, M	Síntese de proteínas					
	Endocitose	E	Captação de líquidos ou moléculas	Carioteca	G, O, I	Envoltório do núcleo					
							Cromatina	I, M, P	Filamento cromossômico		

...continuação do quadro 19

									Nucléolo	I, M, P	Região mais corada, não limitada por membrana
									Nucleoplasma	P, Q	Ambiente interno do núcleo
									Retículo nucleoplasmático	Q	Transporte de íons de cálcio

Fonte: Elaborado pelo Autor, a partir de Albert et al. (2011) e Santiago et al. (2010).

Legenda

- A-** Composição química e/ou estrutural
- B-** Reconhecimento entre células
- C-** Receptores específicos
- D-** Permeabilidade seletiva
- E-** Digestão de partículas
- F-** Localização das Organelas
- G-** Adesão de ribossomos
- H-** Síntese de lipídeos
- I-** Presença, transporte, síntese (proteínas ou ribossomos)
- J-** Secreção

- K-** Formação de vacúolos digestivos
- L-** Recebimento de proteínas e/ou lipídeos do RE
- M-** Relação com material genético DNA/RNA
- N-** Início da exocitose
- O-** Espessamento do RE
- P-** Componentes do nucleoplasma
- Q-** Transporte de íons pelo RE
- R-** Relação com o núcleo
- S-** Produção ou presença de enzimas

- CP-** Conceito Principal
- SC-** Subconceitos
- RC-** Relação Conceitual
- F-** Funcionalidade
- M-** Membrana
- C & N -** Citoplasma e Núcleo

Neste sentido, entendemos que o docente ao abordar o conceito de célula ao discutir sobre conceitos principais, subconceitos e processos poderia pontuar elementos em comuns, que participariam da estrutura celular. Por exemplo, ao trabalhar com a Membrana Plasmática, o docente ao se referir à estrutura da membrana poderia discorrer sobre as moléculas presentes na morfologia da estrutura (Fosfolipídeos Esteróis, Glicolipídeos, Proteínas, Glicoproteínas), as quais fazem parte de sua constituição morfológica e pode relacionar essa perspectiva a outras organelas como (Mitocôndrias, Retículos, Complexo de Golgi), que apresentariam moléculas comuns em sua constituição.

Assim, à medida que o docente começa a demonstrar ao aluno essas consonâncias é possível que eles possam compreender a visão totalitária do conceito possibilitando visão menos fragmentada e permitindo que se perceba que existe um enlace, evidenciando uma integração desses constituintes.

Para tanto, vemos que esse tipo de proposta poderia colaborar para a construção do conceito de célula de forma mais integrada, possibilitando entendimento de que os conceitos principais, subconceitos e processos estão relacionados entre si, e que dependem uns dos outros para a funcionalidade celular. Contudo, é fato que a abstração inerente ao conceito dificulta esse tipo de abordagem pelos docentes em sala de aula, os quais necessitam de meios ou métodos diferenciados a fim de promover as articulações necessárias.

Propostas versando sobre o uso de imagens e de temas contemporâneos (comentados anteriormente) são outras possibilidades, uma vez que aproximam do real, elementos diminutos e difíceis de serem observados à vista desarmada, além de ampliar as discussões ao buscar interlocuções com Ciência e Tecnologia. Dessa forma, ao mesmo tempo em que minimizam a abstração, permite a inserção do conceito em outros contextos, superando abordagens de caráter meramente morfofisiológico.

Também são estratégias a serem consideradas como a utilização de *softwares* e sites *online*, visto que podem imprimir uma visão menos fragmentada da célula. O dinamismo e a interatividade envolvidos na ferramenta tecnológica podem direcionar o sujeito a “manipular” de forma mais ativa o conceito.

3.3.2 A Célula no Século XXI: O Papel das Novas Tecnologias no Ensino de Biologia

É inegável a colaboração de Hooke e de outros pesquisadores para a evolução do conceito de célula e para as Ciências Biológicas. As informações apresentadas sobre a célula a partir do fragmento de cortiça, e concomitantemente, ao desenvolvimento do microscópio possibilitaram à percepção de elementos diminutos da célula e imperceptíveis a vista desarmada e colaborou também, com as formulações conceituais até o cerne geral do conceito: unidade morfofisiológica de todos os seres vivos.

Entretanto, consideramos que a pouca potencialidade do microscópio, das técnicas e as necessidades das ciências da época fizeram com que a visão dos sujeitos sobre o conceito detivesse um viés apenas morfofisiológico. Essa perspectiva pode ser percebível à medida que se observa as representações imagéticas contemporâneas da célula, em muitos livros da área. Essa estreita associação causa inúmeras dificuldades na compreensão do conceito e visões deformadas do mesmo, durante seu processo de aprendizagem.

Cientes desses problemas e considerando o desenvolvimento tecnológico e as técnicas mais acuradas na Histologia, como por exemplo, as microfotografias e a coloração possibilitaram observar maiores detalhes da célula ou o uso de técnicas bioquímicas. Muitos educadores começaram a utilizar esses recursos como estratégias para a percepção das questões de processualidade e de interatividade, inerentes à célula.

Através destes e outros recursos há possibilidade do conceito ser visualizado por ações de movimento em tempo real. Nesse sentido específico, destacamos a utilização dos contextos virtuais, através do uso de animações/simulações, possibilitando diminuir as lacunas conceituais e conseqüentemente, permitir que os estudantes percebam toda a célula como uma estrutura em movimento, um sistema aberto e autorregulável.

As animações consistem num recurso didático que possibilita ao sujeito “a demonstração de processos, a visualização temporal de um dado evento, a exposição de fenômenos raros, complexos ou perigosos e também para melhorar a capacidade de abstração do aluno” (FISCARELLI; FISCARELLI, 2011, p. 189). Por outro lado, as simulações representam um “modelo computacional pelo qual se pode

reproduzir um processo, um ciclo, um movimento ou qualquer evento” (FISCARELLI; FISCARELLI, 2011, p. 190).

Essas propostas que abraçam o uso de tecnologias de informação e comunicação são significativas para fomentar processos de ensino-aprendizagem de conceitos diferenciados, como destacam Barbosa et al. (2012, p.01) “as novas tecnologias interferem e potencializam, de forma relevante, os processos produtivos, as relações de trabalho e a comunicação dos indivíduos”. Essas propostas multimídias combinam representações imagéticas, escritas, sons e gráficas potencializando a aprendizagem do conteúdo (MAYER, 2001).

Assim, o uso de animações/simulações surge como um recurso facilitador do ensino de conceitos, pois muitos dos métodos utilizados pelo professor se apresentam num viés estático e, por vezes, não estimulam a aprendizagem dos estudantes, considerando que eles estão imersos em tecnologias no seu dia a dia. Para Barbosa et al. (2012), o uso de animações/simulações relaciona tecnologia e aprendizagem, motivando a assimilação de conteúdos em sala de aula e estimulando os estudantes a refletirem sobre o assunto abordado.

Neste sentido, no caso conceito de célula, o uso de *softwares* parte de abordagens nas quais o conceito pode ser apresentado aos estudantes em situações virtuais “animadas” diminuindo a abstração e favorecendo a superação de uma percepção meramente morfofisiológica.

O uso de *softwares* auxilia o estudante na compreensão de conceitos de forma a permitir melhor entendimento do real e da funcionalidade de uma determinada estrutura (BRONDANI; MOZZAQUATRO; ANTONIAZZI, 2013 apud SANTOS; COSTA, 2006). Ou seja, permitem observar em tempo real processos e reações de um fenômeno em minutos e possibilita o estudante rever a proposta quando desejar (HECKLER; SAIVA; OLIVEIRA FILHO, 2007).

Dentre as várias possibilidades disponíveis, destacamos o Portal do Professor e a Rede Interativa Virtual de Educação (RIVED), nos quais encontramos diversas propostas para a abordagem do conceito em questão de forma interativa. A seguir, apresentamos uma lista de algumas simulações/animações encontradas nesses sites relacionadas com o conceito de célula e que podem ser trabalhadas com o professor de acordo com a perspectiva alçada em sala de aula.

Portal do Professor

- *Célula Animal/Organelas Citoplasmáticas;*
- *Células-Tronco;*
- *Exercício Célula Vegetal;*
- *Diferença entre procariotos e eucariotos;*
- *Complexo de Golgi;*
- *Cílios e Flagelos;*
- *Mitocôndria;*
- *Diferenciação celular;*
- *Observação de células sanguíneas;*
- *Divisão Celular: Mitose e Meiose;*
- *Meiose: (função, animação 2D e 3D);*
- *Estrutura Bacteriana;*
- *Apoptose e Necrose;*
- *Clonagem;*
- *Glucagon 2;*
- *Cortisol 1 (ação no fígado);*
- *Cortisol 2 (ação no músculo);*
- *Insulina*

RIVED

- *Transporte Passivo através da Membrana Plasmática;*
- *“Pum no elevador” (Processo de difusão);*
- *Nadando contra a corrente (Transporte ativo);*
- *Aprendendo por Osmose.*

A partir deste tipo de proposta é possível que as aulas de Biologia apresentem um caráter mais lúdico e interativo, uma vez que professores e estudantes podem “manipular” virtualmente o conceito.

Arte de dar vida a imagens tem no movimento a sua essência, a animação nada mais é que a descrição de imagens em movimento. E o movimento, é a atração visual mais intensa da atenção, o que torna o uso da animação bastante útil para expressar diversas mensagens de forma diferente e até mesmo descontraída (BRONDANI; MOZZAQUATRO; ANTONIAZZI, 2013, p. 02).

Corroborando com estas perspectivas no uso de tecnologias para auxiliar o processo de ensino-aprendizagem de conceitos, algumas pesquisas apontam a utilização desses recursos como significativos para fomentar as aulas, investigando o uso de animações/simulações como significativo recurso para a prática do docente na abordagem dos conteúdos e no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes (quadro 21).

Quadro 20. Algumas pesquisas sobre animações/simulações para aprendizagem.

Autor/Ano/País	Proposta	Objetivo	Considerações acerca do recurso tecnológico
Gomes e Mendes (1999) Portugal	Animação na aprendizagem de conceitos de programação.	Expor ferramentas para o ensino de algoritmos.	O aluno pode verificar a forma gráfica e animada do algoritmo, os seus passos individuais e o fluxo de execução.
Santos (2005) Brasil	Uso de <i>software</i> no estudo de fenômenos físicos.	Usar animações interativas no processo de ensino-aprendizagem da Mecânica Newtoniana.	A animação foi elemento significativo para explorar os princípios da conservação da energia.
Tavares (2005) Brasil	Uso de programa educativo para a construção de animação interativa no Ensino de Física	Conectar mapas conceituais com animações Interativas de maneira conjugada.	As animações interativas potencializam a eficácia da utilização dos mapas conceituais como estruturador do conhecimento, ao se inserir como um componente lúdico do processo de aprendizagem e se agregar como uma ferramenta adequada para o aprofundamento conceitual.
Cepni, Tas e Kose (2006) Turquia	Uso de atividades computacionais para o ensino de biologia	Avaliar a aprendizagem dos estudantes a partir de uma Instrução assistida por computador sobre fotossíntese.	A proposta se mostrou bastante eficiente para a abordagem da fotossíntese, em que os alunos desenvolveram níveis de aprendizagem bastante significativos.
Gonçales, Veit e Silveira (2006) Brasil	Produção de animação para o ensino de física	Propiciar a aprendizagem sobre física térmica a partir de simulações interativas.	Serviu como auxílio nas aulas de física estimulando o estudante a uma participação mais ativa.
Santos, Alves e Moret (2006) Brasil	Animações no Ensino de Física	Utilizar <i>software</i> como ferramenta para o ensino de conceitos na física.	O uso do <i>software</i> diminuiu a distância entre tecnologia, escola e aluno, promovendo interatividade de forma significativa.
Heckler, Saiva e Oliveira Filho (2007) Brasil	Simulações, imagens e animações para o ensino de física.	Desenvolver e aplicar um CD-ROM de óptica para o Ensino Médio.	Proporcionou um ambiente de estímulo, motivação e envolvimento no processo de ensino/aprendizagem, permitindo que os estudantes participem ativamente da aquisição de informações e construção do conhecimento.
Yesilyurt e Kara (2007) Turquia	Uso <i>software</i> para o ensino de conceitos na Biologia.	Investigar o uso de <i>software</i> para auxiliar no ensino da divisão celular com estudantes de biologia	Os programas de <i>softwares</i> permitiram mudanças nas concepções sobre divisão celular dos estudantes
Yesilyurt e Kara (2007a) Turquia	Uso de <i>software</i> para o ensino de conceitos na Biologia.	Investigar o uso de <i>software</i> para auxiliar no ensino de conceitos da genética com estudantes de biologia	Os programas de <i>softwares</i> possibilitaram mudanças nas concepções sobre genética dos estudantes.
Tavares (2008)	Animações e Mapas conceituais para a	Unir a metodologia de mapas conceituais com animações Interativas	As animações e os mapas conceituais permitiam significativa aprendizagem sobre o conteúdo.

...continuação do quadro 20.

Brasil	aprendizagem em Ciências	para o ensino da termodinâmica.	
Sacramento e Munhoz (2009) Brasil	Animações e Jogos no Ensino da Geografia.	Utilizar animações e jogos na aprendizagem; de conceitos na Geografia.	Possibilitou a construção do conhecimento, dos conteúdos, estimulando os alunos na compreensão dos conceitos.
Lima (2009) Brasil	Ensino de conceitos biológicos a partir de animações sobre (sistema nervoso; biologia evolutiva; vertebrados; proteínas e enzimas e biologia celular).	Avaliar a aprendizagem dos estudantes com uso de animações	As animações permitiram mudanças significativas nas concepções dos alunos aos conceitos biológicos.
Fiscarelli, Oliveira e Bizelli (2009) Brasil	Animações para o Ensino de Química.	Produzir animações tridimensionais para o Ensino de Química.	A produção de multimídias precisa de métodos pedagógicos e atenção no processo comunicação, percepção e interação com o estudante.
Mendes (2010) Brasil	Animações no ensino de biologia celular.	Desenvolver, abordar e testar animações para o ensino de biologia celular no Ensino Médio.	É promissor o uso de animações para o desenvolvimento e realização de trabalhos investigativos com os estudantes.
Barbosa et al. (2012) Brasil	<i>Design</i> de Animação para abordagem de conteúdos nas ciências.	Apresentar uma metodologia para auxiliar os professores na aplicação do <i>Design</i> de Animação em sala de aula.	Uso da proposta e estratégias do <i>Design</i> de Animação tornou o conhecimento estimulante, acessível e compreensível aos estudantes.
Brondani, Mozzaquatro e Antoniazzi (2013) Brasil	Simulação e Animação para o ensino de algoritmos.	Desenvolver um Ambiente de Simulação e Animação para o ensino de algoritmos.	O uso de ambientes de aprendizagem com recursos audiovisuais permitiu o estudante compreensão do conteúdo e colaborou no apoio ao docente na abordagem do conteúdo.
Toleto, Sobjak e Araújo (2014) Brasil	Objetos de aprendizagem no ensino de algoritmos.	Construir um Objeto de Aprendizagem a partir do uso de animações.	A proposta permitiu que os estudantes melhor assimilassem os conceitos estudados.
Oleques, Oliveira e Oliveira (2014) Brasil	Uso de <i>softwares</i> no Ensino da Matemática.	Introduzir um recurso de animação na matemática de forma digital e tecnológica.	As animações trouxeram entusiasmo e clareza para os educadores e educandos, podendo-se assim, dizer que a implantação deste método, traz resultados positivos, que alia a teoria e a prática de uma maneira lúdica.

Fonte: Elaborado pelo Autor, a partir das pesquisas.

As pesquisas apontam valorização no uso de animações/simulações para a aprendizagem em Ciências fortalecendo, ainda mais, a necessidade de pontuarmos considerações sobre as animações/simulações para o ensino de conceitos. Essas estratégias virtuais dinâmicas e interativas são propostas promissoras para a abordagem do conteúdo, uma vez que incentivam a construção de conexões entre tecnologias e conteúdos, cujo *design* animado estimula as expectativas dos estudantes numa aprendizagem mais lúdica (BARBOSA et al., 2012).

Por fim, percebendo o potencial desse tipo de atividade poderemos utilizar algumas dessas propostas para nortear a nossa Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA) e possibilitar ao estudante interagir e perceber o conceito em sua morfofisiologia em situação de “movimento”.

Para finalização desse momento, cabem algumas considerações parciais sobre a Etapa 2 do MRE.

3.4 Considerações Parciais sobre a Etapa 2

- O conjunto de elementos que foram selecionados para a nossa pesquisa, requer atenção nos processos instrucionais relacionados ao conceito de célula, pois abarcam um conjunto complexo, que não compreende apenas os conteúdos específicos em si, mas muito da forma como esses conteúdos devem ser trabalhados;
- A Investigação Empírica elucidada muito sobre o formato e a sequenciação dos conteúdos, bem como sobre perspectivas de ensino e de aprendizagens que podem ser adotadas para a abordagem desse conteúdo e dos materiais didáticos que podem ser utilizados para tal.

Aqui finalizamos o Capítulo III que versou sobre a Etapa 2 (Investigações Empíricas) do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) e a revisão da literatura associada. Revisão essa, construída a partir de aspectos que emergiram da Etapa 2 (dificuldades) e de recortes pessoais do pesquisador (integração do conceito e tecnologia em animações/simulações).

Passamos a seguir, para o capítulo IV, no qual iremos discorrer sobre a Etapa 3 do Modelo de Reconstrução Educacional, que versa sobre a construção do processo de instrução.

CAPITULO IV - DESENVOLVIMENTO DA ETAPA 3 DO MRE: CONSTRUÇÃO DA INSTRUÇÃO

Esta última etapa do MRE foi delineada a partir das informações adquiridas nas duas etapas anteriores (1 e 2) do MRE e compreende o desenvolvimento de um processo instrucional.

Para tanto, este capítulo está dividido em três momentos. O primeiro, no qual iremos apresentar os resultados da última questão da Análise do Significado Educacional e uma síntese das três etapas do MRE. O segundo no qual iremos apresentar o aporte metodológico escolhido para nortear a construção das sequências de ensino aprendizagem (SEA), bem como os delineamentos para o desenho das sequências e por fim, o último, no qual apresentaremos a SEA estruturada e o seu contexto de aplicação.

4.1 Construção da Instrução (CI)

Neste momento, evidenciamos os resultados da Análise do Significado Educacional a partir das respostas sobre a arguitiva E (Análise Didática de Klafki) ao grupo participante da pesquisa, por meio do tratamento e da análise dos dados a partir das entrevistas.

4.1.1 Análise e resultado do Significado Educacional (ASE)- questão E

Seguindo a mesma dinâmica utilizada nas etapas 1 e 2 para a Análise do Significado Educacional. Nesta etapa, lançamos a arguitiva E para os docentes, estudantes e docente/pesquisador, a qual discorre sobre: “Quais são os casos particulares, os fenômenos ou as situações, que podem ajudar a fazer desse conteúdo específico interessante, questionável, acessível e entendível para os estudantes?”.

Aqui, consideramos essa pergunta como proposição de categoria **(Propostas)**, e as respostas a ela, os seus distintos aspectos apontados. A seguir, temos a síntese das respostas dos sujeitos:

Os docentes consideraram como **Propostas** para que a abordagem do conceito de célula se torne mais interessante aos estudantes, devem ser inseridas no contexto das aulas, discussões sobre:

- Temas da contemporaneidade, estimulando-os a reflexão de uso e aplicação ao ambiente à vida humana,
- Atividades práticas por experimentação e microscopia,
- Manipulação de imagens, animações e vídeos.

Os estudantes consideraram como **Propostas** para a abordagem do conceito de célula em sala de aula, de forma que seria interessante que o conceito fosse apresentado por meio de:

- Atividades práticas com o microscópio e experimentos,
- Modelos didáticos e imagens.

Como Professor/Pesquisador entendo que o conceito de célula pode ser melhor compreendido mediante o uso de **Propostas** como: vídeos, animações, imagens estáticas, *softwares* de eventos celulares em movimento e atividades com temas da contemporaneidade.

Para tanto, considerando a diversidade de informações apresentadas para a resposta E da Análise didática, realizamos um recorte, a fim de permitir que essas respostas fiquem mais compreensíveis no texto desta pesquisa.

A seguir, no quadro 21, temos uma síntese descrevendo as propostas dos entrevistados, quanto a tornar o conceito mais interessante, questionável, acessível e entendível.

Quadro 21. Síntese das propostas dos entrevistados para o ensino e a aprendizagem do conceito de célula para a Etapa 3 do MRE.

Construção da Instrução	Propostas
Visão Docente, Estudantes e Professor/Pesquisador	<ul style="list-style-type: none"> - Temas Contemporâneos - Relação CTS - Dinâmicas - Jogos - Recursos Audiovisuais - Imagens - Software - Modelos Didáticos - Microscopio - Laboratório

Fonte: O Autor.

Após essas considerações, seguiremos as implicações da Construção da Instrução para a pesquisa.

4.1.2 Síntese das três etapas do MRE

Inicialmente desejamos esclarecer que, embora esta seção se refira à síntese dos elementos coletados nas três etapas, não temos intenção de apresentar todos os elementos que emergiram em cada uma delas. Nosso propósito aqui é sistematizar, dentre os elementos percebidos, aqueles recorrentes ou que foram escolhidos pelo pesquisador.

Outro esclarecimento é que a etapa 3 do MRE tem uma estruturação diferenciada das demais etapas, visto que se constitui a partir do processo de construção da instrução, cujos procedimentos ainda serão apresentados nas seções subsequentes.

No quadro 22, temos uma síntese dos elementos recolhidos a partir das etapas do MRE para a composição do processo instrucional.

Quadro 22. Síntese dos elementos escolhidos a partir das Etapas do MRE (1, 2 e 3) para a composição do processo de instrução sobre o conceito de célula.

<p>Etapa 1 – Análise da Estrutura do Conteúdo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Historicidade, • Estrutura e Processos (morfofisiologia) • Papel das imagens; • Temas Contemporâneos.
<p>Etapa 2 - Investigação Empírica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dificuldades em nível microscópico e na compreensão do conceito e subconceitos; • Dificuldade em relacionar as estruturas e os processos de forma integrada; • Dificuldades na aprendizagem do conceito de ordem estrutural, dimensional, processual; • Dificuldades na compreensão dos tipos e organismos celulares. • Uso das tecnologias • Abordagem integrada
<p>Etapa 3 - Construção da Instrução</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratório e aulas práticas • Utilização de <i>softwares</i> • Trabalho com imagens • Uso do Microscópio

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir dessas informações começamos a estruturar o cenário didático do processo instrucional. Contudo, conforme já mencionado anteriormente, essas informações embora relevantes, são insuficientes para a construção da instrução. Esse posicionamento é pessoal e deriva da observação das descrições insuficientes da etapa 3, que constam nas pesquisas internacionais. Essa condição havia sido discutida na seção 1.3 do Capítulo I, e foi justamente devido à ausência de descrição de procedimentos para a construção da instrução, tanto nas pesquisas como no próprio modelo, que optamos por buscar um arcabouço metodológico para tal.

Tendo em vista que o Modelo de Reconstrução Educacional é um viés da pesquisa baseada em desenho, escolhemos para dar suporte metodológico a construção da nossa instrução um referencial que também compartilha das premissas deste tipo de pesquisa.

Assim, vamos utilizar as pesquisas de Martine Mehéut (2005) que tratam do desenho de Sequências de Ensino Aprendizagem, a partir de uma abordagem Construtivista Integrada, como detalharemos a seguir.

4.2 Procedimentos para a Construção da Instrução

Neste momento, discorreremos sobre configuração metodológica da pesquisa aportada por elementos das etapas do MRE para o cenário didático, alçada também, por outras metodologias para a elaboração das Sequências de Ensino Aprendizagem da pesquisa.

4.2.1 Aporte Metodológico para a Construção das Sequências de Ensino Aprendizagem

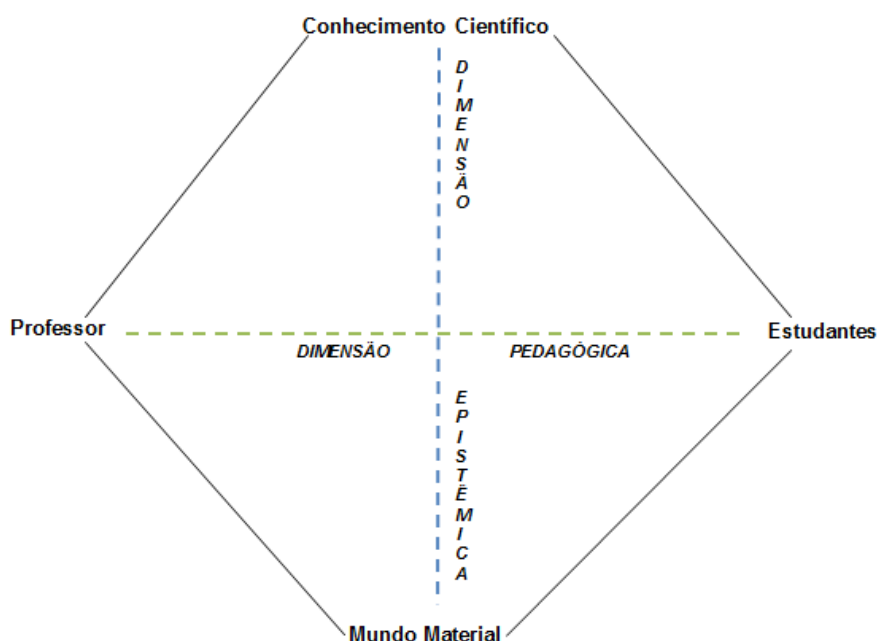
As Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA) - “Teaching Learning Sequences (TLS)” representam um viés da pesquisa baseada em desenho, que apesar de virem sendo estruturadas há mais de duas décadas, continuam a despertar interesse crescente por parte da comunidade de Educação em Ciências, uma vez que constituem atividades com enfoque instrucional inspirados na

investigação educativa, cujo objetivo é de ajudar os alunos a compreender o conhecimento científico (MEHEUT; PSILLOS, 2004).

Segundo Dolz et al. (2004) e Dolz e Schneuwly (2004), as SEA representam um conjunto de atividades planejadas, de maneira sistematizada em torno de determinado gênero textual (oral ou escrito), através das quais se procura auxiliar os estudantes a explicitarem suas concepções sobre certos fenômenos ou conceitos, bem como favorecer sua evolução e ampliação, aproximando-os dos conceitos científicos.

Meheut (2005) propõe um modelo muito simples, com o intuito de representar várias das abordagens que vêm sendo propostas para o desenho de SEA. O modelo tem quatro componentes básicos a serem considerados – professor, alunos, mundo material e conhecimento científico. Uma maneira de observar melhor essa proposta é através do Losango Didático, no qual temos dois polos de interesse, que indicam duas linhas de análise complementares e igualmente importantes: a Dimensão Epistêmica (DE) e a Dimensão Pedagógica (DP), conforme a figura 12.

Figura 13. Modelo de uma SEA/TLS.



Fonte: Mehéut (2005, p.196).

Através da representação acima, existe possibilidade de organizar as duas dimensões aos desenhar uma SEA (MEHEUT, 2005), sendo:

- **Eixo Vertical** engloba a **Dimensão Epistêmica (DE)**: o conhecimento está relacionado com o mundo material e se consideram os processos de elaboração, métodos e validação do conhecimento e a sua significância quanto ao mundo real, bem como se os objetivos propostos na elaboração da SEA foram atingidos e quais os efeitos de sua aplicação em relação ao ensino tradicional (centrado na memorização e repetição). Esse eixo prioriza o caminho do conflito cognitivo e dá grande importância aos aprendizes, suas concepções e formas de argumentação e de confrontar respostas a partir do mundo material, a partir de seus conhecimentos prévios.

- **Eixo Horizontal** engloba a **Dimensão Pedagógica (DP)**: temos as escolhas sobre os respectivos papéis a serem desempenhados pelo professor e pela turma, considerando os aspectos relativos ao papel da interação entre professor e aluno, alunos e alunos e a autonomia do educando no processo de aprendizagem. Assim, existe uma atenção voltada para o conhecimento a ser desenvolvido, sua gênese histórica, suas relações com o mundo real, com grande importância aos sujeitos envolvidos no processo (professores e aprendizes).

Considerando as duas situações de planejamento discutidas, o que se observa é que, em muitos casos, privilegia-se uma dimensão em detrimento da outra.

Assim, o que Meheut (2005) propõe é uma terceira abordagem denominada de “construtivista integrada”, que considera conjuntamente as dimensões epistêmicas e pedagógicas, colocando ênfase em aspectos tais como: o conteúdo a ser ensinado e sua gênese histórica, as características cognitivas dos alunos, a dimensão didática relativa à instituição de ensino, motivação para a aprendizagem e a significância do conhecimento a ser ensinado.

Neste sentido, uma das principais características das SEA é a inclusão de forma gradual do estudante no processo de construção do conhecimento, objetivando aproximar e relacionar a sua perspectiva ao conhecimento científico.

Tradicionalmente no processo de desenho didático são consideradas, para além do conteúdo específico, as grandes teorias (endereço epistemológico), propostas intermediárias (prática particular) e as ferramentas de desenho (elementos do desenho), mediando o processo do desenho a partir das grandes

teorias, de forma a coordenar e contextualizar conhecimentos teóricos sobre a dimensão epistemológica e cognitiva do sujeito, com finalidade de projetar as SEA (LEACH; AMETLLER; SCOTT, 2010; LIN et al., 2011).

Entretanto, nesta pesquisa o desenho da Sequência de Ensino Aprendizagem, configurou-se com uma etapa do processo de aplicação do Modelo de Reconstrução Educacional, e assim, optamos por uma metodologia de desenho mais simplificada. Para viabilizar o desenho das sequências, consideramos apenas as diretrizes da abordagem construtivista integrada de Mehéut (2005). Também nos baseamos em Soares (2010), que definiu elementos de desenho a partir das dimensões epistêmica e pedagógica da proposta de Mehéut.

No quadro 23, temos os elementos que nortearam o desenho de sua Sequência de Ensino Aprendizagem.

Quadro 23. Elementos de desenho da SEA, elencados por Soares (2010) a partir da proposta de Mehéut.

Dimensão Epistêmica	
Elemento 1	Deve ser estruturado objetivando valoração das concepções prévias dos alunos e suas formas de elaboração conceitual.
Elemento 2	Deve promover a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material, ou seja, aproximar o contexto da pesquisa da prática de sala de aula.
Elemento 3	Deve fomentar a gênese histórica do conhecimento abordado.
Elemento 4	Deve permitir a identificação de possíveis lacunas de aprendizagem dos alunos com relação ao conteúdo.
Elemento 5	Deve propor atividades que permitam observar as trajetórias de aprendizagem dos alunos durante a sequência trabalhada.
Dimensão Pedagógica	
Elemento 6	Deve criar oportunidades de exposição e discussão de ideias pelos alunos.
Elemento 7	Deve prover a elaboração de estratégias que promovam a superação das lacunas de aprendizagem.
Elemento 8	Deve permitir a interação professor-aluno/ aluno-aluno.

Fonte: Soares (2010, p. 52).

É pertinente ressaltar que os elementos de desenho apontados por Soares (2010), não foram estabelecidos por Mehéut (2005), que prefere utilizar ferramentas de desenho para a proposição de suas sequências. Contudo, a partir das dimensões epistêmica e pedagógica, e sua descrição, há a possibilidade de pensar em elementos que se encaixam nas mesmas e que poderiam ser utilizados como diretrizes para o processo de estruturação das sequências. Ou seja, as dimensões evocam distintos elementos para a composição do desenho das SEA, que podem ser escolhidos, ou mesmo, estabelecidos pelo pesquisador com o intuito de propor sua sequência.

Para além dos elementos de desenho, Soares (2010) ainda propôs que a estruturação das SEA fosse realizada a partir de quatro grandes blocos, pensados a partir dos polos que compõem a dimensão epistêmica (quadro 24).

Quadro 24. Blocos propostos por Soares (2010) para orientar a estruturação de SEA.

Blocos	
Vertente histórica	Atividades que enfocam o estudo da gênese histórica do conhecimento a ser ensinado.
Base conceitual	Atividades direcionadas para uma abordagem formal do conteúdo específico.
Base experimental	Atividades que podem complementar, ou não, os conteúdos conceituais já trabalhados, validando os conhecimentos adquiridos através de procedimentos experimentais e do levantamento de hipóteses.
Vertente Ciência-Tecnologia-Sociedade	Atividades de cunho conceitual e/ou experimental, mas que explicitamente abordam aspectos relacionados a temáticas relevantes para a formação do cidadão.

Fonte: Soares (2010, p. 52).

De acordo com Soares (2010), ao contemplar os elementos de desenho e articulá-los com os quatro grandes blocos, havia grande probabilidade que a sequência desenhada estivesse na perspectiva da Abordagem Construtivista Integrada proposta por Mehéut (2005).

Assim, seguindo as diretrizes da pesquisa realizada por Soares (2010), a proposta de Mehéut (2005) e pensando nas informações coletadas nas Etapas 1, 2 e 3 do Modelo de Reconstrução Educacional MRE, partimos para o desenho do nosso próprio processo de instrução para trabalhar o conceito de célula.

4.2.2 Desenhando a Sequência de Ensino Aprendizagem

Como mencionado na seção anterior demos início ao desenho do nosso processo instrucional baseado na proposta de Soares (2010), na abordagem Construtivista Integrada de Mehéut (2005) e nos elementos escolhidos a partir da realização das etapas 1, 2, e 3 do Modelo de Reconstrução Educacional. Acreditamos que desta forma dispomos de sólido apoio metodológico para desenhar uma SEA, que não apenas contemple as especificidades do conceito em questão, mas que atenda a um conjunto de características próprias da pesquisa baseada no desenho.

Inicialmente fizemos uma releitura da proposta de Soares (2010) e optamos por evocar elementos distintos das dimensões epistêmica e pedagógica

considerando o nosso objeto de pesquisa e a formação do cenário didático para a sequência. Também realizamos algumas alterações nos blocos estruturadores vislumbrando a perspectiva de nossa pesquisa.

Dimensão Epistêmica

- **Aspecto 1** - Valorar das concepções prévias dos alunos e suas formas de elaboração conceitual;
- **Aspecto 2** - Promover a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material;
- **Aspecto 3** - Fomentar a gênese histórica do conhecimento abordado;
- **Aspecto 4** - Promover o incentivo a reflexão social e posicionamento crítico entre ciência e tecnologia.

Dimensão Pedagógica

- **Aspecto 5** - Criar oportunidades de exposição e discussão de ideias pelos alunos;
- **Aspecto 6** - Oportunizar momentos de mediação do professor e momentos de interlocuções entre ele e os alunos;
- **Aspecto 7** - Criar oportunidades de construção e reconstrução conceitual através de linguagens e instrumentos diversos;

Com relação aos **Blocos Estruturadores** mantivemos a vertente histórica, conceitual e experimental, já delineadas por Soares (2010) e propusemos mais três (**últimos blocos**), considerando o conceito em estudo e o cenário didático de nossa pesquisa para a SEA, tal como explicitado a seguir:

- **Vertente histórica:** atividades que enfoquem o estudo da gênese histórica do conhecimento a ser ensinado;
- **Base conceitual:** atividades que promovam uma abordagem formal do conteúdo específico;
- **Base experimental:** atividades que podem complementar, ou não, os conteúdos conceituais trabalhados, validando os conhecimentos adquiridos através de procedimentos experimentais e do levantamento de hipóteses;

- **Vertente Imagética**: atividades que envolvem o uso de imagens estáticas ou animações, visando desenvolver um ambiente mais dinâmico e interativo para a abordagem do conceito;
- **Vertente Pedagógica**: atividades que propiciem o desenvolvimento de habilidades pedagógicas necessárias à futura prática docente;
- **Vertente Contemporânea**: atividades que abordem temas da contemporaneidade propiciando oportunidades de contextualização do conceito em questão.

Na próxima seção, apresentamos o delineamento da Sequência de Ensino Aprendizagem estruturada, a partir da articulação entre todos esses elementos e também dos escolhidos a partir das etapas 1, 2, e 3 do MRE.

4.3 Resultado da Construção da Instrução e Contexto de Aplicação

Nesta seção, apresentamos a estruturação da SEA advinda de alguns elementos captados nas etapas do MRE e por meio da perspectiva de Mehéut e de Soares, corroborando para a estruturação de nossa sequência para o conceito de célula.

4.3.1 Sequência de Ensino Aprendizagem Estruturada

A SEA foi desenhada visando à construção do conceito de célula na perspectiva do MRE e contemplou seis Momentos, que serão apresentados um a um, para que se possa perceber seus objetivos e os elementos de desenho (aspectos e eixos estruturadores) que foram mobilizados para sua proposição. No final desta seção, temos um quadro, que contempla a visão geral do desenho proposto para a SEA.

O I Momento da SEA contemplou: **RESGATE DAS CONCEPÇÕES PRÉVIAS DOS ESTUDANTES.**

- **Blocos Estruturadores:** Vertente Histórica (historicidade do conceito de célula - pesquisadores e microscopia); Base Conceitual (morfofisiologia celular) e

Vertente Imagética (ilustrações relacionadas ao conceito de célula eucarionte animal).

Aspectos (Dimensão Epistêmica e Pedagógica): DE - 1 (Valorar as concepções prévias dos alunos e suas formas de elaboração conceitual) e DP - 5 (Criar oportunidades de exposição e discussão de ideias pelos alunos).

- **Objetivos:** Analisar as concepções prévias dos estudantes de ciências biológicas sobre diversos aspectos acerca do conceito de célula.
- **Tempo:** 3h/aulas
- **Instrumento de coleta de dados:** questionário semiestruturado, gravação vídeos/áudio, mapa conceitual.
- **Produção do estudante:** preenchimento do questionário e produção dos mapas.

O II Momento da SEA contemplou: **HISTÓRICO DA CITOLOGIA/BIOLOGIA CELULAR**

- **Blocos Estruturadores:** Vertente Histórica (historicidade do conceito de célula - pesquisadores e microscopia).
- **Aspectos (Dimensão Epistêmica e Pedagógica):** DE -3(Fomentar a gênese histórica do conhecimento abordado), DP - 6(Oportunizar momentos de mediação do professor e momentos de interlocuções entre ele e os alunos) e DP - 7 (Criar oportunidades de construção e reconstrução conceitual através de linguagens e instrumentos diversos).

Objetivos: Identificar as contribuições de vários pesquisadores para o desenvolvimento do conceito de célula e observar a importância do microscópio para visualização de estruturas celulares.

- **Tempo:** 3h/aulas
- **Instrumento de coleta de dados:** gravação vídeo/áudio, registro fotográfico.
- **Produção:** elaboração de linha temporal individual e coletiva e participação na produção do material didático (lentes de aumento).

O III Momento da SEA contemplou: **O DESENHO E IDENTIFICAÇÃO DE GRUPOS DE CÉLULAS**

- **Blocos Estruturadores:** Base Conceitual (morfofisiologia celular), Base Experimental (experimentos e uso de microscópio) e Vertente Imagética (ilustrações relacionadas ao conceito de célula eucarionte animal de forma estática).

- **Aspectos (Dimensão Epistêmica e Pedagógica):** DE -2 (Promover a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material), DP - 6 (Oportunizar momentos de mediação do professor e momentos de interlocuções entre ele e os alunos) e DP - 7 (Criar oportunidades de construção e reconstrução conceitual através de linguagens e instrumentos diversos).

- **Tempo:** 3h/aulas

- **Objetivos:** Utilizar as atividades experimentais para identificação dos tipos celulares.

- **Instrumento de coleta de dados:** gravação vídeo/áudio, registro fotográfico.

- **Produção:** Desenvolvimento de atividades experimentais e produção “desenhos” relacionados a amostras observadas.

O IV Momento da SEA contemplou: **RECONHECENDO OS GRUPOS DE CÉLULAS, CONSTITUINTES E MORFOFISIOLOGIA CELULAR.**

- **Blocos Estruturadores:** Base Conceitual (morfofisiologia celular) e Vertente Imagética (ilustrações relacionadas ao conceito de célula eucarionte animal em “movimento”).

- **Aspectos (Dimensão Epistêmica e Pedagógica):** DE -2 (Promover a aproximação entre o conhecimento científico e o mundo material), DP - 6 (Oportunizar momentos de mediação do professor e momentos de interlocuções entre ele e os alunos) e DP - 7 (Criar oportunidades de construção e reconstrução conceitual através de linguagens e instrumentos diversos).

- **Tempo:** 3h/aulas

- **Objetivos:** Analisar o uso de imagens em “movimento” em *sites* educativos como recurso para o ensino e a aprendizagem do conceito de célula, mediante as propostas das animações discorrendo sobre as ideias apresentadas.

- **Instrumento de coleta de dados:** gravação vídeo/áudio, registro fotográfico.

- **Produção:** Produção Textual.

O V Momento das SEA contemplou: **ANALISANDO O VALOR DIDÁTICO DAS IMAGENS RELACIONADAS AO CONCEITO DE CÉLULA.**

- **Blocos Estruturadores:** Vertente Imagética (ilustrações relacionadas ao conceito de célula eucarionte animal de forma estática) e Vertente Pedagógica (atividades que propiciem o desenvolvimento de habilidades pedagógicas necessárias à futura prática docente)

- **Aspectos (Dimensão Epistêmica e Pedagógica):** DE- 4 (Promover o incentivo a reflexão social e posicionamento crítico entre ciência e tecnologia), DP - 6 (Oportunizar momentos de mediação do professor e momentos de interlocuções entre ele e os alunos) e DP - 7 (Criar oportunidades de construção e reconstrução conceitual através de linguagens e instrumentos diversos).

- **Tempo:** 6h/aulas

- **Objetivos:** Identificar o potencial didático das imagens, enquanto recurso para compreensão do conceito de célula, verificar o papel imagético como elemento significativo na aprendizagem conceitual da célula e caracterizar possíveis obstáculos advindos das imagens para a compreensão do conceito de célula.

Neste momento V, a vertente pedagógica foi considerada como eixo estruturador, por este motivo, também existem objetivos a serem considerados com este viés: desenvolvimento da habilidade de realizar uma análise imagética em livros didáticos de biologia do Ensino Médio, de forma a perceber o valor didático das mesmas.

- **Instrumento de coleta de dados:** gravação vídeo/áudio, registro fotográfico.
- **Produção:** Relato da análise imagética realizada em livros de biologia (Produção Textual).

O VI Momento das SEA contemplou: **A CÉLULA NA ATUALIDADE.**

- **Blocos Estruturadores:** Base Conceitual (morfofisiologia celular) e Vertente Contemporânea (temas sociais) e Vertente Pedagógica (atividades que propiciem o desenvolvimento de habilidades pedagógicas necessárias à futura prática docente).

- **Aspectos (Dimensão Epistêmica e Pedagógica):** DE - 4 (Promover o incentivo a reflexão social e posicionamento crítico entre ciência e tecnologia), DP - 5 (Criar oportunidades de exposição e discussão de ideias pelos alunos) e DP -

6(Oportunizar momentos de mediação do professor e momentos de interlocuções entre ele e os alunos).

- **Tempo:** 6h/aulas
- **Objetivos:** Compreender a célula como precursora de temas contemporâneos, identificar os benefícios e perspectivas para a vida humana.

Neste momento VI, a vertente pedagógica foi considerada como eixo estruturador e, por isso, também existem objetivos a serem contemplados neste viés: estruturação e apresentação de seminário usando o *Power Point* (ppt) sobre temáticas contemporâneas.

- **Instrumento de coleta de dados:** gravação vídeo/áudio, registro fotográfico.
- **Produção:** apresentação dos temas.

A seguir, apresentamos um quadro síntese que descrevem todos os momentos que foram trabalhados com os estudantes na SEA do conceito de célula (quadro 25).

Posteriormente, temos o campo no qual foi desenvolvida a pesquisa, a dinâmica para intervenção da pesquisa e os resultados da SEA, balizados pelas perspectivas anteriormente apontadas.

Quadro 25. Síntese dos momentos da Sequência de Ensino Aprendizagem para o conceito de célula.

Momentos	Eixos Estruturadores	Aspectos	Objetivos	Conjunto de atividades desenvolvidas	Tempo
I - Levantamento das concepções prévias	Histórica e Imagética	1 e 5	Analisar as concepções prévias dos estudantes de ciências biológicas sobre os questionamentos acerca do conceito de célula.	Aplicação de questionário	3h/aulas
II - Histórico da Citologia/Biologia Celular	Histórica	3, 6 e 7	Identificar as contribuições de vários pesquisadores para o desenvolvimento do conceito de célula e observar a importância do microscópio para visualização de estruturas celulares.	Leitura de texto e (re) construção de linha temporal	3h/aulas
III - Histórico da Citologia/Biologia Celular	Conceitual, Experimental e Imagética	2, 6 e 7	Utilizar as atividades experimentais como ferramenta para identificação dos tipos celulares.	Observação no Microscópio e desenho das estruturas observadas.	3h/aulas
IV - Reconhecendo grupos de células, constituintes e morfofisiologia celular	Conceitual e Imagética	2, 6 e 7	Analisar o uso de imagens em “movimento” em sites educativos como recurso para o ensino e a aprendizagem do conceito de célula, mediante as propostas das animações discorrendo sobre as ideias apresentadas.	Utilização de sites educativos e softwares.	3h/aulas
V - O valor didático das imagens	Imagética e Pedagógica	4, 6 e 7	Identificar o potencial didático das imagens, enquanto recurso para compreensão do conceito de célula, verificar o papel imagético como elemento significativo na aprendizagem conceitual da célula, caracterizar possíveis obstáculos proporcionando pelas imagens para a compreensão do conceito de célula e desenvolvimento da habilidade de realizar uma análise imagética em livros didáticos de biologia do Ensino Médio, de forma a perceber o valor didático das mesmas.	Apresentação dos princípios da TCAM. Análise Imagética realizada pelos alunos nos LD.	6h/aulas
VI - Temas contemporâneos	Conceitual, Contemporânea e Pedagógica	4, 5 e 6	Compreender a célula como precursora de temas contemporâneos, identificar os benefícios e as perspectivas para a vida humana, estruturar e apresentar seminário usando o Power Point sobre temáticas contemporâneas.	Seleção dos temas para estruturação de pesquisa. Apresentação de seminário.	6h/aulas

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4.3.2 O Centro Acadêmico de Vitória

O contexto de aplicação da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA) sobre o conceito de célula pautado no Modelo de Reconstrução Educacional (MRE) foi a Instituição de Ensino Superior (IES), Universidade Federal de Pernambuco - (UFPE), no Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão (CAV) (Apêndice B), localizado na Rua Alto do Reservatório, S/N - Bela Vista, CEP: 55608-680. Vitória de Santo Antão - PE. Mediante ofício entregue a Diretoria do CAV, formalizamos o desenvolvimento da SEA, nas suas dependências, com a participação de estudantes e docentes do curso de Ciências Biológicas.

O CAV foi inaugurado em 21 de agosto de 2006 e mantém um caráter multidisciplinar, sendo estruturado em quatro núcleos de conhecimentos: Enfermagem, Nutrição, Ciências Biológicas e Educação Física (Licenciatura e Bacharelado), estando vinculado ao sistema de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFPE.

A IES possui 01 auditório, 30 salas de aulas, 24 laboratórios, 03 Pós-Graduações e 01 Núcleo de Pesquisa e Extensão. Toda essa infraestrutura ofereceu condições para o desenvolvimento da pesquisa e que, conjuntamente, com as ferramentas didático-pedagógicas proporcionaram situação favorável para as atividades práticas e teóricas realizadas na pesquisa.

O Curso de Ciências Biológicas possui os seguintes laboratórios:

- Pesquisa – Lab. Biodiversidade e Genética e Lab. de Biotecnologia e Fármacos.
- Ensino – Lab. de Microscopia 1, 2 e 3; Lab. Multifuncional 1 e 2; Lab. de Parasitologia, Lab. de Microbiologia e Imunologia; Lab. de Anatomia 2 e 3 e Lab. de Didática (Metodologias e Estágios no Ensino de Biologia) e Lab. de Pesquisa em Ensino de Biologia.

Os Laboratórios de Didática e de Pesquisa em Ensino de Biologia são específicos da área de Ciências Biológicas e do grupo de Metodologia e Estágio do Ensino de Biologia. Esses espaços são destinados ao desenvolvimento de aulas e de pesquisas vinculadas ao Ensino de Ciências e Biologia, bem como à implementação de ações de formação e atualização docente (PPC - CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 2012).

Neste ambiente, estudantes e professores encontram condições para planejamento e execução de situações de ensino-aprendizagem, criação e teste de recursos de apoio didático e realização de discussões, sala de reunião/orientação e ambiente didático para execução de aulas, realização de experimentos e atividades alternativas (PPC - CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, 2012).

4.3.3 Dinâmica de Aplicação da SEA

Os Momentos da SEA (I a VI) foram aplicados semanalmente com duração de 3 horas/aulas, no âmbito da disciplina de Estágio de Ensino da Biologia 3, do 7º período do curso, nos laboratórios (Biologia ou Informática), de acordo com o conjunto de atividades que deveriam ser desenvolvidas pelos estudantes.

Sobre a disciplina, é importante considerar que existe um encontro curricular obrigatório mensal e por isso, o professor teve bastante flexibilidade para desenvolver a SEA com os estudantes, sem que isso implicasse no comprometimento de carga horária da mesma.

A dinâmica de aplicação da SEA contabilizou 24 horas de atividades presenciais com os estudantes.

Para finalização desse momento, cabem algumas considerações parciais sobre a Etapa 3 do MRE.

4.5 Considerações Parciais para a Etapa 3

- Na nossa percepção, os elementos (bases, vertentes e os critérios) estruturados a partir da abordagem Construtivista Integrada de Mehéut (2005) confluem no processo de desenho da Sequência de Ensino Aprendizagem, propiciando uma diversidade de atividades que contemplaram de forma equilibrada as dimensões epistêmica e pedagógica do conteúdo em questão, como desejávamos inicialmente, constituindo um diferencial do processo instrucional proposto;
- Acreditamos numa convergência positiva entre a abordagem Construtivista Integrada e o Modelo de Reconstrução Educacional, já que ambos os aportes

compartilham premissas e se inserem no contexto da Pesquisa Baseada em Desenho;

- Apesar dessa convergência existem dificuldades em contemplar o conjunto complexo de variáveis que foram mobilizadas como importantes para serem contempladas no desenho do processo instrucional;
- A necessidade de recortes permite ajustar a SEA da pesquisa e visa a contemplar todos os elementos escolhidos, em todas as etapas, mesmo que num quantitativo diferenciado, o que depende da construção o cenário didático e dos objetivos propostos.

No Capítulo V, apresentaremos os resultados da aplicação da Sequência de Ensino Aprendizagem estruturada sobre o conceito de célula, a partir da perspectiva do MRE e os enlaces da Abordagem Construtivista Integrada de Mehéut.

CAPÍTULO V - RESULTADO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO APRENDIZAGEM SOBRE O CONCEITO DE CÉLULA

Nesta seção, apresentaremos os resultados da aplicação das SEA sobre o conceito de célula. Aqui é importante ressaltar que não tivemos intenção de validar a sequência construída. Mehéut (2005) propõe dois tipos de validação: a externa, que visa comparar o desempenho dos alunos que vivenciaram a sequência com o desempenho de uma turma de controle; e a interna, na qual o objetivo é acompanhar os caminhos de aprendizagem dos alunos ao longo do desenvolvimento da sequência.

Nas pesquisas que buscam esse tipo de validação, a sequência é o foco principal, ao contrário do que ocorre aqui. No nosso caso o foco é a utilização do Modelo de Reconstrução Educacional e a sequência é apenas uma etapa desse modelo.

Assim, os resultados que iremos apresentar discorrem sobre as vivências propostas, a viabilidade do desenho proposto e a SEA propriamente dita, enquanto um processo instrucional, estruturado considerando o MRE. Como a SEA foi estruturada em seis momentos, manteremos esse mesmo formato para apresentação dos resultados.

5.1 - I Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem: Resgate dos Conhecimentos Prévios

Este momento teve como objetivo levantar as concepções prévias dos estudantes do curso de Ciências Biológica do sétimo período, que estavam cursando a disciplina de Estágio do Ensino da Biologia 3, no CAV/UFRPE. Apesar da etapa 2 do MR (Investigações Empíricas) evidenciar obstáculos e lacunas conceituais, que dificultam a aprendizagem do conceito em questão, optamos pela realização dessa etapa com o intuito de compreendermos melhor as dificuldades do nosso grupo de trabalho.

Para este primeiro momento, utilizamos um questionário subjetivo composto por 10 (dez) questões (Apêndice C). A atividade foi realizada no dia 18.03.2015, no Laboratório de Didática, em 3h/aulas.

A primeira pergunta versou sobre a importância do estudo da célula. As transcrições das respostas dos estudantes estão sistematizadas no quadro 26.

Quadro 26. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 1 (Importância do estudo da célula).

E	Respostas
E1	"Porque a célula é a unidade mais básica do corpo de um organismo. A partir dela surge a formação de tecidos, órgãos, sistemas e organismo propriamente dito. Não podemos partir para o estudo dessas sem antes estudar a célula".
E2	"Para que se entenda toda formação e funcionamento dos organismos".
E3	"Reconhecer uma célula, organização (núcleo) e suas organelas. Diferenciar a célula eucarionte da procarionte. Importante para a manutenção dos seres vivos".
E4	"Pra se ter noção de sua fundamental importância em nossas vidas".
E5	"Porque a vida começa a partir da união de duas células, que juntas formam um novo ser".
E6	"Porque com o estudo da célula abre caminho para outra área da biologia".
E7	"Porque é extremamente essencial para o estudo de todo sistema e funcionalidade a vida".
E8	"Porque com a célula podemos aprender todos os mecanismos do nosso corpo e todos os seres vivos".
E9	"Para a biologia é a base para ao entendimento de outros assuntos e também, porque é a unidade básica da vida".
E10	"Por ser um conhecimento básico, que levará o aluno que a dominar e a entender todo o funcionamento do organismo como um todo".
E11	"Para ter conhecimento sobre a importância da célula para os diversos organismos".
E12	"Para entender como você ser humano e outros seres vivos são constituídos".
E13	"Porque é a unidade básica que compõem os corpos dos seres vivos".
E14	"Para compreender o funcionamento da mesma e entender de que forma ela age em conjunto com outras estruturas presentes em um organismo".

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

A partir do quadro acima, observamos que os estudantes relacionaram o estudo celular com o entendimento sobre os organismos vivos (E2, E5, E7, E8, E9, E10, E11, E12 e E13), ao estabelecerem a célula com a unidade formadora da vida. O estudante E3 suscita a possível relação de interligação entre a célula propriamente dita e sua organização morfofisiológica. Enquanto E6 e E9 apontaram a importância do conceito se referindo as outras áreas do conhecimento. O estudante E4 se refere à célula como importante para vida, mas não explicita como e os estudantes E1 e E14 relacionam a sua importância para a compreensão dos organismos como um todo.

Diante do exposto percebemos que entendimento da célula é apenas como unidade básica essencial a formação da vida. As colocações dos estudantes se apresentaram muito aquém do esperado, são construções simples e pontuais, principalmente se considerarmos o nível de instrução desses sujeitos e a

participação em muitas disciplinas, que abordaram o conceito de célula de forma direta e indireta.

A segunda pergunta versou sobre o conceito de célula, solicitando que os estudantes o conceituassem. No quadro 27, temos a sistematização das transcrições das respostas dadas pelos estudantes.

Quadro 27. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 2 (Conceito de Célula).

E	Respostas
E1	“Unidade estruturais e funcionais dos organismos vivos. Cada célula tem uma função específica. Elas exercem funções vitais para os organismos”.
E2	“Unidade básica dos organismos, responsável pela formação e função de todos os tecidos e órgãos”.
E3	“É a menor parte dos seres vivos, unidade estrutural com forma e função definida”.
E4	“Unidades funcionais compostas por organelas e que vão compor tanto o tecido animal, quanto o vegetal”.
E5	“Célula é a unidade básica constituinte de todos os seres, do mais simples como uma bactéria até o mais complexo como os seres humanos”.
E6	“Menos unidade morfofuncional de um ser vivo, os quais poderão formar tecidos e órgãos”.
E7	“Unidade morfofuncional básica do ser vivo”.
E8	“Menor unidade funcional dos organismos vivos”.
E9	“Unidade morfofuncional dos seres vivos”.
E10	“É a menor unidade estrutural, funcional e genética dos seres vivos”.
E11	“Unidade funcional do corpo humano”.
E12	“Unidade morfofuncional dos seres vivos”.
E13	“Unidade funcional básica que compõem o corpo dos seres vivos, estes podem ser uni ou pluricelulares”.
E14	“Unidade Morfofuncional dos seres vivos”.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

Neste caso, a maioria das respostas evidenciou o conceito como unidade básica da vida. A conceituação da célula pelos estudantes não caminha para além dessa ideia. Apenas (E1, E2, E6 e E13) pontuaram sucintamente participação em órgãos e tecidos e na genética dos seres vivos.

A ideia da célula como unidade fundamental é a conceituação primária dos referenciais da área, como aponta De Robertis e Hib (2006) unidade estrutural e funcional fundamental dos seres vivos.

Este tipo de discurso também esteve presente nas transcrições das falas de alguns estudantes do Ensino Superior em Biologia, que participaram da pesquisa de Palmero (2000), a exemplo:

"A célula é uma unidade vital porque é o menor ser vivo" (p.106, tradução nossa). "A menor unidade de seres vivos, estruturada e organizada" (p.143, tradução nossa). "A menor unidade de vida" (p. 155, tradução nossa). "Uma célula é a unidade menor que compreende um corpo" (p. 185, tradução nossa) ou ainda "Unidade fisiológica, estrutural e vital dos seres vivos" (p. 561, tradução nossa).

A terceira questão solicitou que os estudantes enumerassem palavras que representassem a célula. No quadro 28, temos uma sistematização das colocações dos estudantes.

Quadro 28. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 3 (Palavras que represente à célula).

E	Resposta		
	A	B	C
E1	Organismos Procarionte e Eucariontes	Estrutura Pequena	Células do corpo dos seres vivos
E2	Vida	Órgão	Funcionamento do organismo
E3	Núcleo	Membrana Plasmática	Seres vivos
E4	Tecido	Corpo	Todos os seres vivos
E5	Algo microscópico	Algo delicado	Pensamos em vida
E6	Bola	Círculo	Um monte de cores
E7	Núcleo	Vida	Mitocôndria
E8	Metabolismo	Vida	Reprodução
E9	Procarionte	Eucarionte	Organelas
E10	Estruturas Microscópicas	Organelas	Núcleo
E11	Núcleo (material genético)	Respiração Celular (mitocôndrias)	Membrana Plasmática
E12	Pequena	Complexas	Vida
E13	Vida	Código Genético	Transporte de Nutrientes
E14	DNA	Mitocôndrias	Membrana Plasmática

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante). As cores utilizadas foram apenas para destacar os termos repetidos nas respostas dos estudantes.

A partir do quadro acima, podemos perceber que cada estudante indica um termo muito relacionado à sua própria experiência e interesse. As ideias partem de uma concepção de formação da vida, tendo o termo "**Vida**" sido citado por seis deles (E2, E5, E7, E8, E12 e E13). Possivelmente, pela definição padrão da célula que a menciona como a "Unidade morfofisiológica de todos os seres vivos".

Outro grupo de estudantes considerou palavras que remetem a própria estrutura e organização celular. Nesse sentido, o Núcleo, a Mitocôndria e a Membrana Plasmática surgiram de forma significativa nas colocações dos estudantes (E3, E7, E10, E11, E14).

Vale aqui ressaltar as considerações do estudante E6, quando estabelece os termos: ***bola - círculo - um monte de cores***, como a ideia que vem a sua mente quando pensa na célula. Essas associações representam uma visão muito primária da célula, mas que de certa forma, ilustra as representações comuns nos livros didáticos.

A quarta pergunta versava sobre a relação micro e macro através do seguinte questionamento: todas as células são microscópicas? Justifique e exemplifique. As transcrições das respostas dos estudantes a questão 4 estão sistematizadas no (quadro 29).

Quadro 29. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 4 (Célula e a relação Micro/Macro).

E	Respostas
E1	"Não, pois existem organismos que são unicelulares e podem ser vistos a olho nu. Exemplo: algas".
E2	"Não, pois existem células macroscópicas, como exemplo os óvulos".
E3	"Sim. Elas não podem ser vistas ao olho nu é necessário auxílio de microscópio ou lupa para serem visualizadas. Ex. Células epiteliais, musculares e neurais, entre outras".
E4	"Nem todas as células são microscópicas, a diferença está no tamanho, às células dos tecidos corporais são consideravelmente pequenas não podendo ser vistas a olho nu. Já as células macroscópicas são bem maiores e vistas a olho nu, sem auxílio de lentes binoculares, como por exemplo, a gema de ovo".
E5	"Não, pois algumas algas são células macroscópicas".
E6	"Não. O óvulo é uma célula visível aproximadamente do tamanho de um ponto final".
E7	"Não, pois não dá pra vê todas as estruturas a olho nu".
E8	"Não, pois o óvulo é considerado uma célula macroscópica".
E9	"Não. Há células que podem ser vistas sem o auxílio do microscópio. Porém, as estruturas só podem ser reconhecidas com o auxílio destes".
E10	"Não. O óvulo (ovócito) humano é um exemplo de célula que pode ser vista a olho nu".
E11	"Sim, elas possuem tamanhos microscópicos sendo preciso o uso de microscópios para ser visualizadas".
E12	"Sim, pois são estruturas que não são observadas a olho nu. Óvulo e espermatozoide".
E13	"Sim. Todas precisam ser vistas por microscópios, porque são muito pequenas".
E14	"Não. O ovócito II é visível a olho nu".

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

A partir das falas transcritas, observamos que alguns estudantes acreditavam que as células eram apenas microscópicas (E3, E11, E12 e E13), uma vez que eles consideravam a necessidade de sua observação por meio de instrumentos (microscópio e lupa). Percebemos que esse grupo de alunos relacionou o visualizar ou não, a olho nu, como premissa para considerar o micro/macro, o que é uma ideia bastante simplista do conceito.


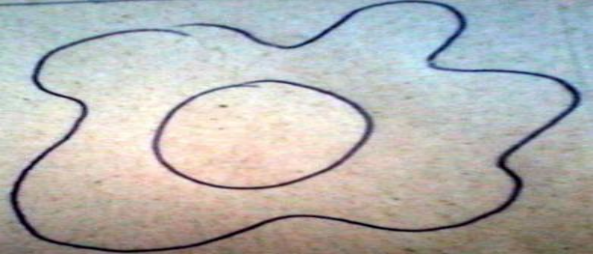
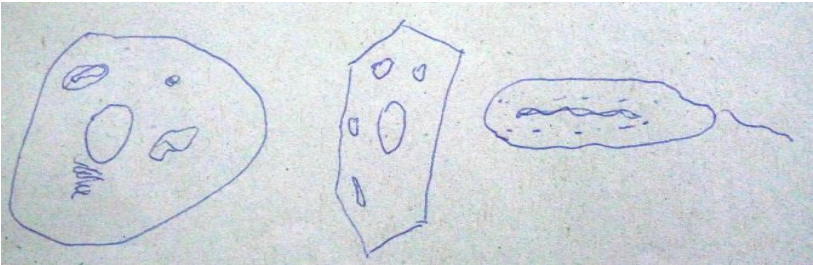
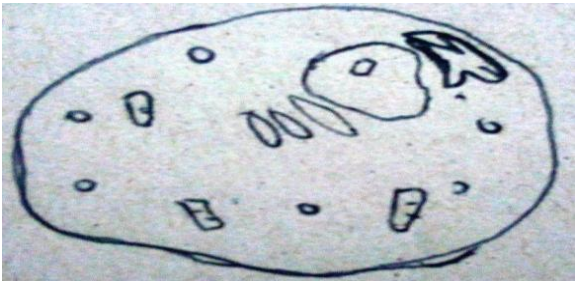
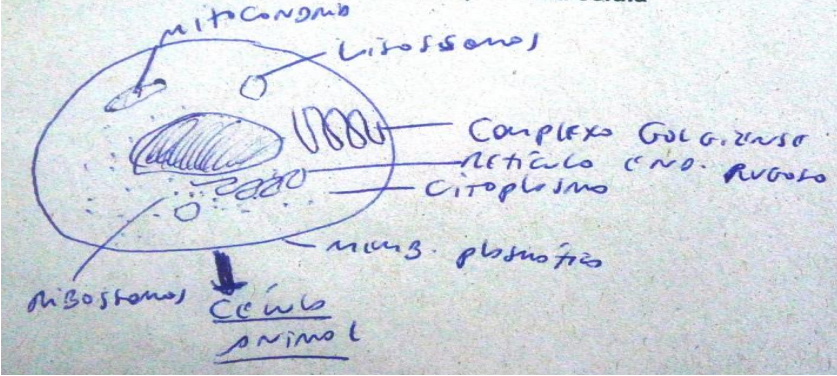
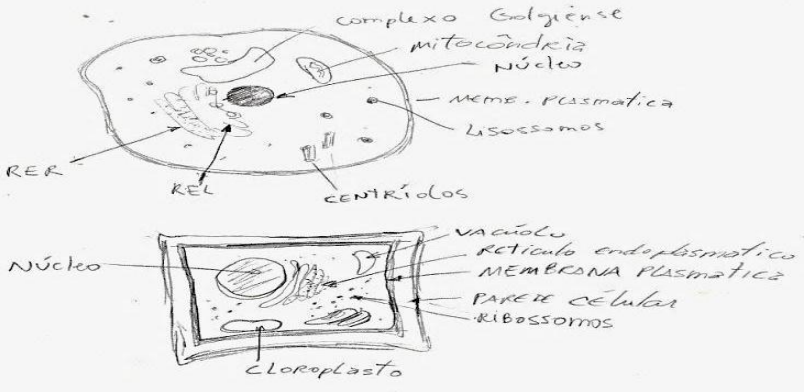
Corroborando estas percepções, a pesquisa de Silveira (2013), mostrou que muitos estudantes, também do Ensino Superior em Biologia, afirmavam que as células são microscópicas uma vez que só podem ser vistas a partir do microscópio.

Noutro momento, o estudante (E4) apontou que nem todas as células são microscópicas e como exemplo, citou a gema do ovo. Também os estudantes (E3, E6, E7, E8, E9, E10 e E14), exemplificaram o óvulo/ovócito/ovócito II como célula macroscópica. E os estudantes (E1 e E5) consideraram a existência de algas macroscópicas. Na pesquisa de Silveira (2013), alguns alunos também, apontaram a gema do ovo como sendo a única célula que poderia ser vista a olho nu.

A quinta questão solicitava um “desenho” que representasse uma célula. Como houve uma produção “desenhos” muitos similares, selecionamos aqueles que ilustravam a diversidade de percepções para apresentar.

No quadro 30, temos sistematizados alguns desenhos que ilustram as percepções dos estudantes.

Quadro 30. Exemplos de alguns “desenhos” da Estrutura Celular em relação à resposta cinco.

E	Resposta	E	Resposta
E2		E3	
E8		E9	
E10		E11	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

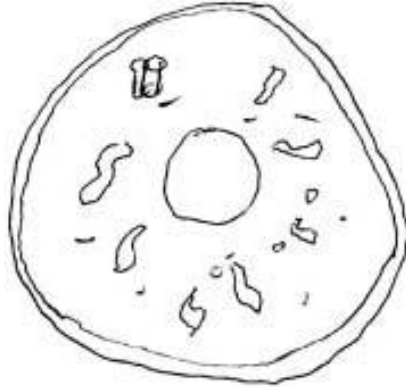
Inicialmente, observamos que a maioria dos estudantes apresentou um esboço relacionado à morfofisiologia celular, com presença de algumas estruturas (organelas). Isso demonstra que ao se referir à célula, os estudantes pensam nos seus elementos constitutivos, ou seja, destacam a morfologia celular, o que reforça a nossa tese do deslocamento conceitual, apontado na estrutura do conteúdo nos livros pesquisados, em que os conceitos principais e subconceitos estão acima da célula propriamente dita.

Ressaltamos também, que os livros podem direcionar esse tipo de representação, uma vez que sua projeção imagética enfoca a estrutura celular nesse sentido. O ideal seria a apresentação de exemplos de células como: neurônios, hemácias, óvulos, espermatozoides, leucócitos e posteriormente, adentrar na morfofisiologia de uma célula.

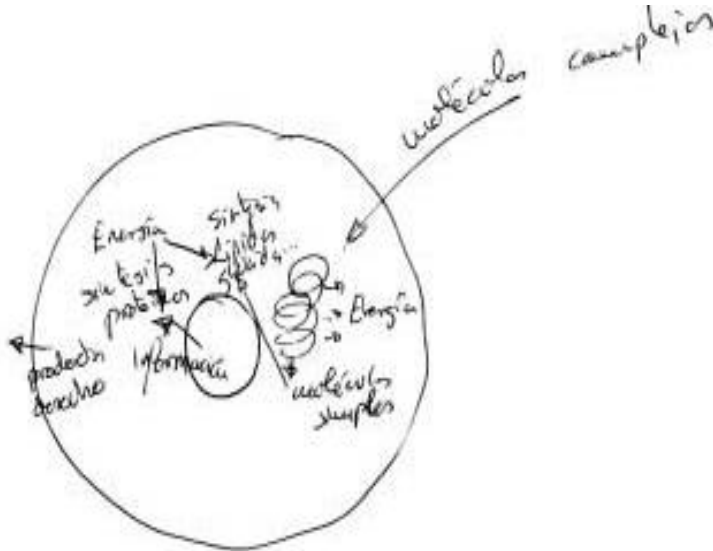
Neste viés, apenas os estudantes (E8, E11) apontaram os grupos de células: animal, vegetal e bacteriana e animal e vegetal, respectivamente. Numa perspectiva muito distinta do estudante (E3), cuja ideia sobre uma célula é expressa por um modelo de um ovo frito. Percepções como esta última, são corroboradas pelos resultados dos estudos Silveira (2013), Palmero (2003) e Caballer e Giménez (1993) que apontam este tipo de concepção independente do nível de instrução do estudante. Gama (2012) afirma que também, muitos professores têm esse tipo de percepção e que é reforçado pelo uso equivocado de imagens sobre a célula em Livros Didáticos (LD).

Considerando que os estudantes, em geral, apresentaram o seu modelo mental relacionado à morfofisiologia celular, utilizamos uma classificação de Palmero (2003, p. 236 e 237, tradução nossa), que identificou em sua pesquisa quatro tipos de modelos mentais da estrutura celular, demonstrando o nível de desenvolvimento cognitivo que o indivíduo possuía em relação à construção conceitual da célula.

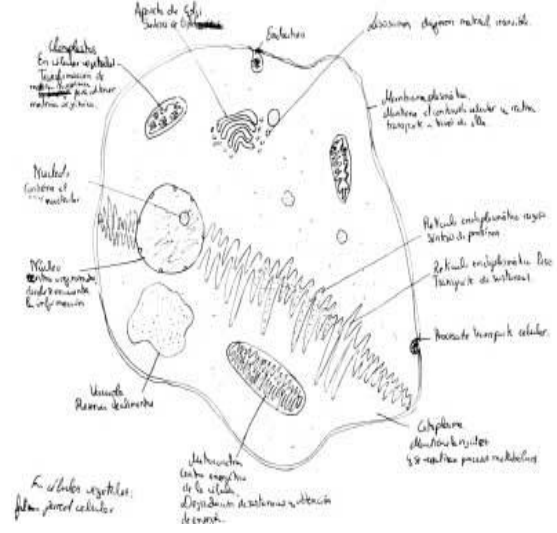
- **Modelo mental A:** imagen única e estática, sem inferências e deduções, estabelecidas entre estrutura e função. Construção da estrutura celular, mas não do seu funcionamento.



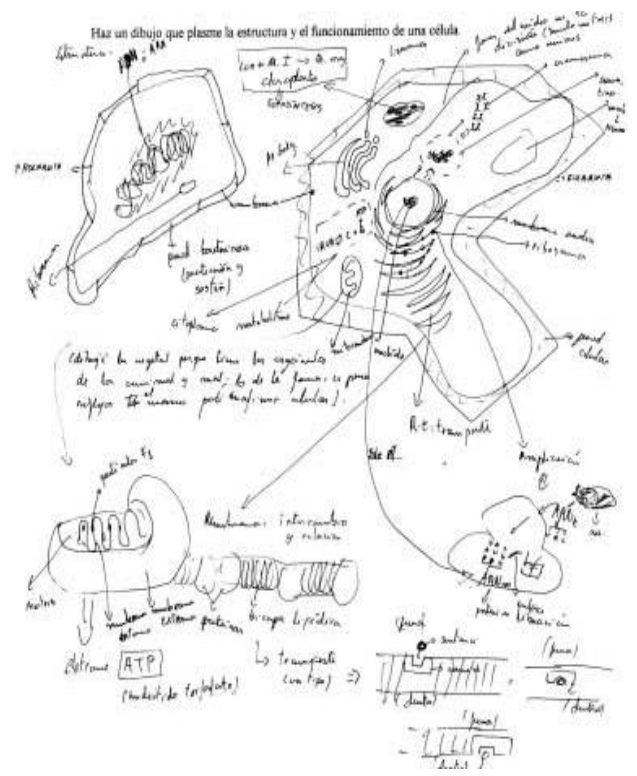
- **Modelo mental C:** Estabelecimento de inferências e deduções entre estruturas e processos. Construção integrada da estrutura celular.



- **Modelo mental B:** imagem estática com poucas inferências e deduções entre estrutura e funcionamento. Construção da estrutura celular e da função de forma independentes.



- **Modelo mental D:** Estabelecimento de inferências e deduções entre estruturas e processos, com imagens dinâmicas e complexas. Construção integrada da estrutura celular.



Neste sentido, com relação às representações feitas pelos estudantes houve um quantitativo de nove alunos (E2, E3, E4, E6, E7, E8, E9, E13 e E14), que elaboraram um modelo simplista da estrutura celular. Como exemplo, do modelo mental no quadro 31 destacamos (E2, E3, E8 e E9). Para tanto, o modelo mental desses estudantes se enquadram, no primeiro tipo modelo mental (A) e representa uma construção da estrutura celular de forma única e estática, sem destaque ao seu funcionamento ou inferências e deduções, entre estrutura e função (PALMERO, 2003).

Assim, podemos considerar um modelo muito primário, no qual se esboça uma estrutura oval ou circular, com presença de algum tipo de estrutura internamente.

Com relação às representações feitas pelos estudantes houve um quantitativo de cinco alunos (E1, E5, E10, E11 e E12). Como exemplo, do modelo mental no quadro 31 destacamos (E10 e E11). Neles observamos uma construção da estrutura celular e da sua função, ambas independentes, com imagem estática, poucas inferências e deduções entre a estrutura e o funcionamento da célula, que segundo Palmero (2003), corresponde ao modelo mental (B). Nesse caso, é possível perceber que os estudantes se preocuparam em destacar as estruturas que compoem uma célula, ou seja, realizaram inferências sobre a sua organização celular.

Ressaltamos que não houve construções dos estudantes sobre a estrutura celular do tipo C e D.

Na sexta questão procuramos explorar a compreensão dos estudantes sobre a relação entre o universo microscópico e macroscópico de elementos perceptíveis à visão humana e/ou ao microscópio óptico (MO) e/ou eletrônico (ME).

Uma justificativa para esta questão está na colocação de Pozo e Crespo (2009), quando mencionam que muitos dos problemas associados à construção de muitos conceitos estão no “tamanho” entre as estruturas, e que por vezes, podem estar relacionado ao uso de imagens em contextos inadequados, sem legendas e sem ligação com os conteúdos conceituais.

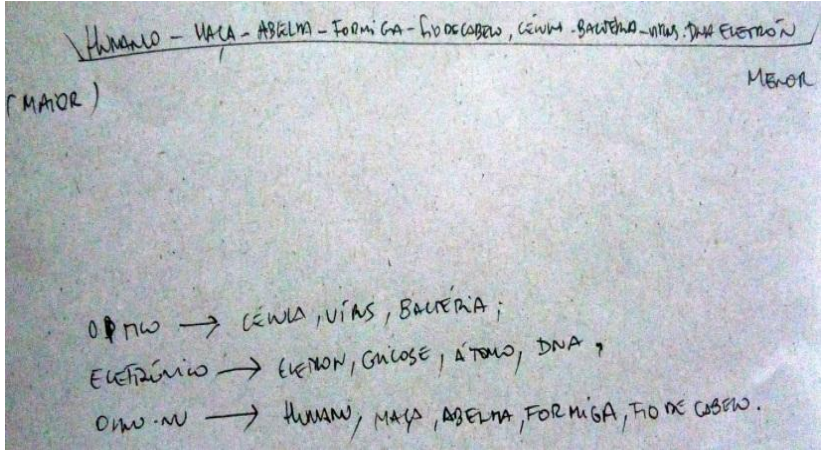
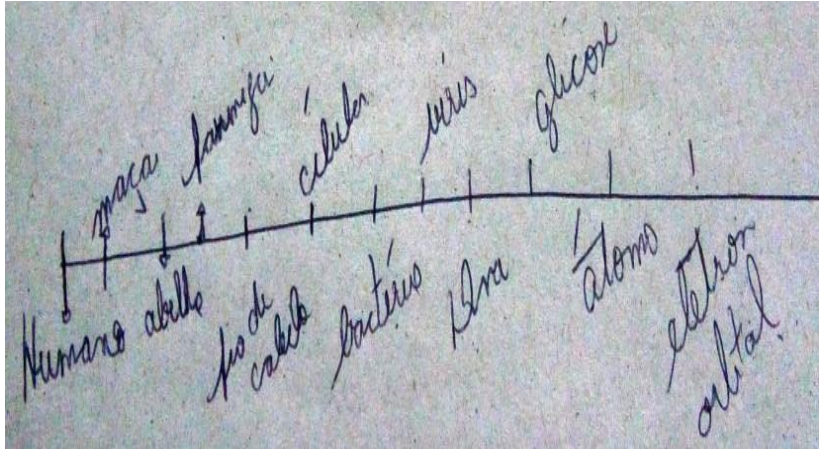
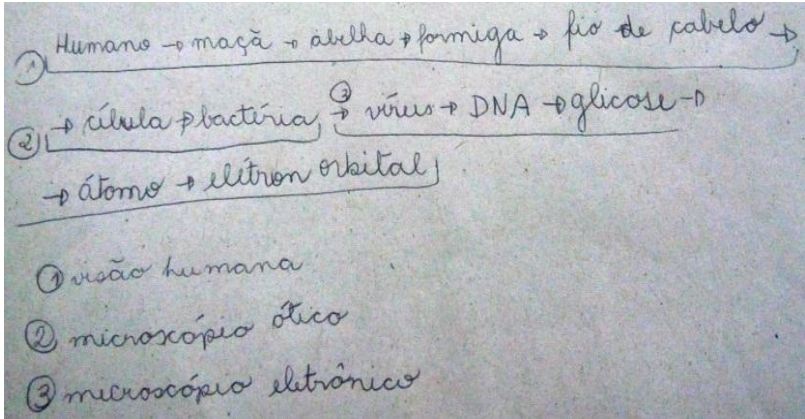
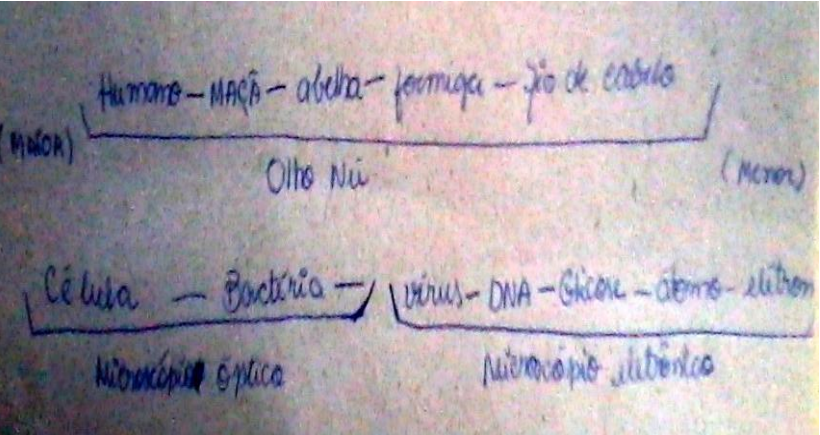
Para Silveira (2013), o uso de escalas deve ser empregado para melhor compreensão e representação das estruturas biológicas, principalmente as

moleculares e microscópicas. Ressalta, ainda, a necessidade dos professores mencionarem junto aos seus alunos a real dimensão das estruturas abordadas, destacando o aumento óptico da imagem, assim como sua proporção em tamanho real.

Assim, na sexta questão solicitamos que os estudantes traçassem uma linha de “tamanho” entre os seguintes elementos: humano, maçã, abelha, formiga, fio de cabelo, célula, bactéria, vírus, DNA, glicose, átomo e elétron orbital. Pedimos também, para eles destacarem qual a relação entre esses elementos quando observados através da visão humana, do microscópio ótico e do microscópio eletrônico.

No quadro 31, ilustramos algumas das respostas dadas pelos estudantes a questão 6.

Quadro 31. Sistematização de algumas respostas dos estudantes a questão seis (Linha de “tamanho”).

E	Resposta	E	Resposta
E7	 <p> <u>Humano - VACA - ABELHA - FORMIGA - FIO DE CABELO, CÉLULA - BACTÉRIA - VÍRUS - DNA - ELÉTRON</u> (MAIOR) MENOR </p> <p> O.P.M.U → CÉLULA, VÍRUS, BACTÉRIA; ELÉTRÔNICO → ELÉTRON, GULOSE, ÁTOMO, DNA; O.M.U → HUMANO, VACA, ABELHA, FORMIGA, FIO DE CABELO. </p>	E12	 <p> maça, formiga, célula, vírus, glicose humano, abelha, fio de cabelo, bactéria, DNA, átomo, elétron orbital </p>
E13	 <p> ① Humano → maça → abelha → formiga → fio de cabelo → ② → célula → bactéria → vírus → DNA → glicose → → átomo → elétron orbital </p> <p> ① visão humana ② microscópio ótico ③ microscópio eletrônico </p>	E14	 <p> (MAIOR) <u>Humano - maça - abelha - formiga - fio de cabelo</u> (MENOR) Oito Nii </p> <p> <u>Célula - Bactéria</u> (Microscópio ótico) <u>Vírus - DNA - Glicose - átomo - elétron</u> (Microscópio eletrônico) </p>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

Percebemos que os alunos (E1, E2, E4, E6, E7, E8, E9, E11, E12, E13 e E14), os quais apresentaram uma mesma sequência de informações, partindo dos maiores elementos para os menores, como exemplo no quadro 32, apontamos (E7, E12, E13 e E14). Os demais (E3, E5 e E10), elaboraram a linha a partir dos elementos de menor “tamanho” para o de maior.

Os estudantes, a exemplo no quadro anterior (E7, E12, E13 e E14) destacaram os elementos observáveis a vista desarmada (humano, maçã, abelha, formiga, fio de cabelo), a partir do microscópio óptico (célula, vírus, bactéria), e também, através do microscópio eletrônico (elétron, glicose, átomo, DNA), estabelecendo proporções entre eles. O estudante E7 apenas os classifica em função de como podem ser observados.

Aqui, reforçamos a tese de que, à medida que os elementos constitutivos da célula vão diminuindo, aumenta a dificuldade em analisá-los e discuti-los. A abstração crescente exige maior mobilização cognitiva do sujeito.

A sétima pergunta, estava direcionada a os pesquisadores que contribuíram para a expansão do conceito de célula. Assim, temos: Qual (is) pesquisador (es) contribuiu (iram) para o desenvolvimento e expansão do conceito de célula até os tempos de hoje? Justifique. As transcrições das falas estão sistematizadas no quadro 32.

Quadro32. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 7 (Pesquisadores).

E	Respostas
E1	Robert Hooke construiu o microscópio dotado de lentes. Mathias Schleider e Theodor Schurman que lançaram a ideia que todos os seres vivos são formados por células.
E2	Não respondeu
E3	Roberto Brown descobriu o núcleo. Mathias Schleider concluiu que a célula era uma unidade viva – teoria celular. Rudolf Virchow acreditava que as células se originavam de outras células preexistentes Walter Flemming descreve o processo de mitose.
E4	Robert Hooke
E5	“Que eu lembre agora só vem a minha mente Watson e Crick, pois eram muito citados durante as aulas de genética”.
E6	Robert Hooke
E7	Não respondeu
E8	Não respondeu
E9	“Esqueci o nome. Mas, teve influência da experimentação de um monge, que ao visualizar com um microscópio primitivo as “rolhas” viu espaços e denominou estes de célula, a partir daí foram evoluindo e o termo e conceito chegou ao que conhecemos hoje”.
E10	Robert Hooke, “criou o microscópio, que foi desenvolvido até o moderno MO e ME atuais”.

...continuação do quadro 32.

E11	Robert Hooke “foi o idealista das principais ideias sobre a célula e abrindo caminho para outros que com o auxílio de diversas tentativas ampliaram este tema”.
E12	Theodoro Schurmann.
E13	Não respondeu
E14	Não respondeu

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante)

Ao observarmos o quadro 33, verificamos que muitos estudantes não recordavam de nenhum estudioso da época (E2, E7, E8 e E13). Apenas (E3, E4, E6, E10 e E11) citaram Robert Hooke, sendo que (E1 e E10) destacaram que o pesquisador “criou o microscópio”. Também, o (E11), apontou que ele foi o idealizador das principais ideias sobre a célula. Ressaltamos também, a colocação do estudante (E5) mencionando os cientistas Watson e Crick como referências para a compreensão do conceito, quando eles foram os descobridores da molécula de DNA.

O estudante (E9), que mesmo não lembrando o nome “Robert Hooke”, apontou a contribuição do pesquisador, destacando a visualização do pedaço de cortiça “rolhas”. Por sua vez, E3 destacou outros pesquisadores, como Roberto Brown (núcleo), Mathias Schleider (teoria celular), Rudolf Virchow (células originavam células) e Walter Flemming (mitose). E o estudante (E12) cita Theodoro Schwann, mas não aponta sua contribuição. Foram às contribuições desses e de outros pesquisadores, em conjunto, que levaram ao desenvolvimento da Teoria Celular, generalizando que todos os seres vivos são constituídos por células.

Na oitava questão, indagamos aos estudantes sobre o mito da célula gigante - o ovo de uma ave. A pergunta foi: Em nosso dia a dia é muito comum encontramos indagações do tipo: o ovo de uma ave é exemplo de uma célula gigante. Para você essa afirmação poderia ser considerada correta? Justifique. A sistematização das transcrições das respostas dos estudantes pode ser vista no quadro 33.

Quadro 33. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 8 (Ovo de ave – Célula gigante).

E	Respostas
E1	“Não, pois o ovo é uma estrutura formada por várias células”.
E2	“Sim, pois o ovo é a célula reprodutiva, que originará o embrião”.
E3	“Não. Pois o aluno não pode limitar seu pensamento que a célula é apenas igual a um ovo e na verdade ela pode ter várias formas, com varias organelas diferentes. Totalmente

...continuação do quadro 33.

	diferente de um ovo”.
E4	“Não, o ovo, mas a gema que compõe pode ser considerada uma célula gigante”.
E5	“Essa afirmação pode está correta, quando um ovo não foi fecundado a sua gema se compara ao óvulo feminino”.
E6	“Não. Pois o ovo de uma ave é uma estrutura que contem uma célula junto com toda estrutura para sustentar o embrião como o vitelo. A célula ai é tão pequena e esta contida no ovo”.
E7	“Não. Porque não tem como vê as estruturas fundamentais da célula”.
E8	“Não. Pois o ovo vai levar os alunos a pensarem só em núcleo e citoplasma, sem falar dos outros tipos de células como a procarionte”.
E9	“Não. Porque o ovo não é apenas uma célula, mas sim, um conjunto. Exemplo tem o vitelo, o embrião se fecundando”.
E10	“Sim, como exemplo onde a gema seria o núcleo rico em material genético e a clara como citoplasma. Mas explicaria aos alunos que é uma comparação”.
E11	“Não. O uso destes termos é exemplo são errôneos onde não representa uma célula”.
E12	“Não. Porque a célula possui mais outras estruturas que o ovo não tem”.
E13	“Não poderia ser considerada correta porque dá ao aluno a ideia de que as células são sempre ovais. E ainda, pressupõe na cabeça do aluno que toda célula possui um envoltório nuclear”.
E14	“Não. Porque o ovo não possui as mesmas estruturas que uma célula possui!”.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

Através da observação das transcrições observamos que a maioria dos estudantes apontou o exemplo do ovo de ave como uma afirmação errônea para exemplificar uma célula (E1, E3, E4, E6, E7, E8, E9, E11, E12, E13 e E14).

Segundo Silva e Silva (2012), um mito no âmbito educacional está relacionado ao ovo das aves, como exemplo de célula gigante. A pesquisa demonstrou um significativo número de estudantes que detinham a informação como verdadeira. Os estudantes apontavam afirmações do tipo: “ele possui a membrana, citoplasma (clara) e núcleo (gema)”; “pois possui membrana, citoplasma e núcleo”; “Podemos ver a olho nu, membrana plasmática, citoplasma e núcleo” e “Porque apresenta núcleo (gema), citoplasma (clara) e membrana plasmática (casca)”. (SILVA; SILVA, 2012, p.04).

Esta ideia sobre a figura do ovo das aves como um exemplo de célula gigante foi relatada também, na pesquisa de Gama (2012), que apontou que essa relação entre o ovo e a célula é bastante comum como analogia em sala de aula, embora seja uma maneira inadequada de expressar uma estrutura tão complexa.

Contudo, os estudantes (E2 e E10) consideraram a afirmação correta, apontando que o ovo é uma célula reprodutiva e que o núcleo seria a gema e o citoplasma seria a clara, respectivamente. Os estudantes (E4 e E5) também consideraram a afirmativa correta, mas explicam que a gema representaria exemplo

de uma célula gigante quando não fecundada, podendo ser comparada ao óvulo feminino. Ou seja, apenas a gema seria exemplo de uma célula.

A nona pergunta estava relacionada à presença de imagens (ilustrações) de organelas celulares coloridas em livros da área de biologia. Sugerimos o desenho de uma mitocôndria e perguntamos: Você pintaria essa organela com alguma cor? Em caso afirmativo, qual (ou quais) cor(es) seria(m)? Porque escolheu essa(s) cor(es)? Você acredita que essa(s) cor é característica dessa organela? Justifique. As transcrições das respostas dos alunos estão sistematizadas no quadro 34.

Quadro 34. Sistematização das transcrições das respostas dos estudantes a questão 9. (Coloração da Organela).

E	Respostas
E1	“Sim, vermelho. Porque é a cor mais encontrada nos livros. Não acredito que seja incolor”.
E2	“Não. Pois acredito que mesmo sem uma cor, a maneira da explicação poderia fazer a diferença”.
E3	“Com certeza eu pintaria. As cores seriam cores aleatórias, pois não irão importar tanto, pois o objetivo de pintar seria para uma melhor visualização e diferenciar as partes como membrana externa e interna, matriz, cristas, espaços intermembranais, para facilitar o aprendizado”.
E4	“Pintaria de amarelo, por ser a cor mais observada nas imagens ilustrativas de livros até hoje”.
E5	“Eu não pintaria, pois nos livros já vem dizendo que são cores fantasia e quando a foto é de microscópio eletrônico de varredura a foto é preta e branca, e quando são vista ao microscópio óptico as cores visualizadas são as dos corantes usados para corar partes específicas das células de acordo com a reação de cada uma”.
E6	“Amarelo e laranja a membrana externa. Essas cores, pois são as mais encontradas”.
E7	“Uso de cores contrastantes para melhor visualização. Questão totalmente estética”.
E8	“Que não pintando poderia indagar ao aluno que essa organela tem uma cor e depois encontrar outra”.
E9	“Para facilitar a distinção dos diferentes componentes. Não apenas para ilustrar”.
E10	“Com qualquer cor e diria que é cor fantasia, pois cores usadas em livros não significam a verdadeira cor da organela”.
E11	“Não, porque existem diversos tipos de células animais com funções distintas, não sendo preciso ou única cor desta organela, neste caso”.
E12	“Laranja, porque nos livros estão assim. Não porque ela está responsável pela respiração e produção de ATP”.
E13	“Não, porque eu não acredito que nenhuma cor justificaria e representaria a organela real”.
E14	“Não! Porque todas as cores enxergadas nas organelas são dadas por corantes, mas naturalmente não possuem cor!”.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

A partir da análise das transcrições temos que os estudantes (E2, E8, E11, E13 e E14) não pintariam a “mitocôndria” por considerar que a cor não seria característica da organela. Os estudantes (E3, E4, E6, E7, E9 e E10) coloririam a organela. Contudo, os estudantes (E1, E3 e E6) destacam cores específicas, como o

vermelho, o amarelo, e o amarelo e o laranja, sendo apontadas como mais presentes nos livros didáticos. Os demais pintariam, não por ser uma característica própria, mas para possibilitar melhor visualização da organela e seus componentes.

Ressaltamos a colocação do estudante (E5), que afirma: “Na fotografia por microscópio de varredura, a imagem surge preta e branca e se observada ao microscópio óptico às cores são dos corantes utilizados para destacar partes específicas das células”. Trata-se de uma explicação bastante significativa, pois o estudante compreende a imagem como (ilustrativa e fotográfica).

Essa deveria ser a percepção de todos os estudantes, e nesse sentido, seria interessante que os livros didáticos ao fazerem uso de imagens explicitassem essas informações. Uma vez que quando a ilustração não explica a coloração ou o tamanho, por exemplo, isso acaba por ser considerado segundo Mayer (2005), um desvio de princípios imagéticos, que pode vir a comprometer o processo de formação e compreensão dos conhecimentos pelo aluno.

Por fim, a última pergunta, que estava relacionada à elaboração de um mapa conceitual. Para sua elaboração foi sugerido um grupo de palavras, como orientação.

O uso de mapas conceituais representa uma estratégia significativa para a compreensão do conceito de célula, vez que possibilita observarmos possíveis relações e interações que os estudantes estabelecem entre conceitos e subconceitos. Porquanto, promove uma observação em termos estruturais das conexões que os estudantes estabelecem para explicar determinados conceitos (FRANÇA; MELO; NEVES, 2012). Assim, solicitamos: Elabore um esquema conceitual que expresse o que você conhece sobre a estrutura e funcionamento de uma célula, a partir dos seguintes termos: Célula, Membrana, Citoplasma, Núcleo, Organelas, Procarionte, Mitocôndria, Complexo Golgiense, Lisossomos, Ribossomos, RER, REL, Peroxissomos Eucarionte, Transporte Passivo, Transporte Ativo, Lipídeos, Proteínas, Carboidratos, Endocitose e Exocitose.

Pedimos que os estudantes ficassem a vontade para usar apenas os termos que consideravam importantes ou mesmo acrescentar outros que não haviam sido sugeridos. No quadro 35, apresentaremos alguns mapas conceituais elaborados pelos estudantes para o conceito de célula.

Quadro 35. Sistematização de alguns mapas conceituais construído pelos estudantes em resposta a solicitação feita na questão 10

E	Resposta	E	Resposta
E2		E3	
E12		E11	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudante).

Inicialmente, ressaltamos a grande dificuldade da maioria dos estudantes em produzir um mapa conceitual, o que necessitou de uma intervenção do Professor/Pesquisador.

Os mapas produzidos pelos estudantes E1, E2, E6, E7, E9, E10, E11 e E14, apresentaram-se bastantes similares com relação aos tipos de ligações utilizadas, com mesmo conceito de partida, presença de duas bifurcações e nenhuma ligação transversal, o que remete a uma estruturação muito linear, como exemplo no quadro 32 (E2 e E11).

Os estudantes E3, E4, E8, E12 e E13, representados no quadro anterior por E3 e E12, apresentaram melhor organização das ideias, com mesmo conceito de partida (célula), relações mais complexas, linhas de ligação, número maior de bifurcações entre os conceitos e ligação transversal entre eles.

O estudante E12 partiu do conceito célula destacando a presença dos grupos eucarionte e procarionte, estrutura básica (membrana, citoplasma e núcleo), organelas e processos, enquanto E3 e E13 estruturaram os mapas mais complexos, o que reflete um conjunto de conhecimentos prévios, mais consolidado, contudo, não pontuaram as relações entre os conceitos e os processos.

Outros estudantes E5 e E11 também partiram do conceito célula e fizeram uma bifurcação entre os eucariontes e os procariontes, contudo, não verificamos a presença de palavras de ligação entre os conceitos. Nestes casos há a explicitação da estrutura morfológica básica da célula (membrana, citoplasma e núcleo) e as organelas.

A partir da análise dos mapas, percebemos que o grande problema é a que a ausência de relações entre conceitos e processos. A ideia parte de uma célula básica que realiza as funções de forma individual, não havendo percepção de que tudo ocorre em conjunto e em tempo real.

O I Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem ocorreu de forma bastante satisfatória. As questões contemplaram: a Vertente Histórica, a Base Conceitual e a Vertente Imagética, possibilitando oportunidades de discussão por parte dos alunos, bem como a explicitação de suas concepções prévias a partir de instrumentos diversos, tal como previsto no desenho.

Para tanto, todos os aspectos foram retomados em momentos posteriores da sequência, contudo a partir desta etapa conseguimos realizar pequenos ajustes nas

atividades que foram realizadas com os estudantes, de forma a atender, especificamente, as dificuldades explicitadas pelo nosso grupo de trabalho, embora elas difiram muito das dificuldades anteriormente observadas a partir da realização da Etapa 2 do MRE.

A seguir, partimos para o II Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem, o qual versou sobre a historicidade do conceito de célula.

5.2 - II Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem: Histórico da Citologia /Biologia Celular

Este momento da SEA teve como objetivo resgatar a historicidade da célula, através dos pesquisadores envolvidos no seu descobrimento e do processo de evolução do microscópio, sendo realizado em dois encontros conforme descrito a seguir.

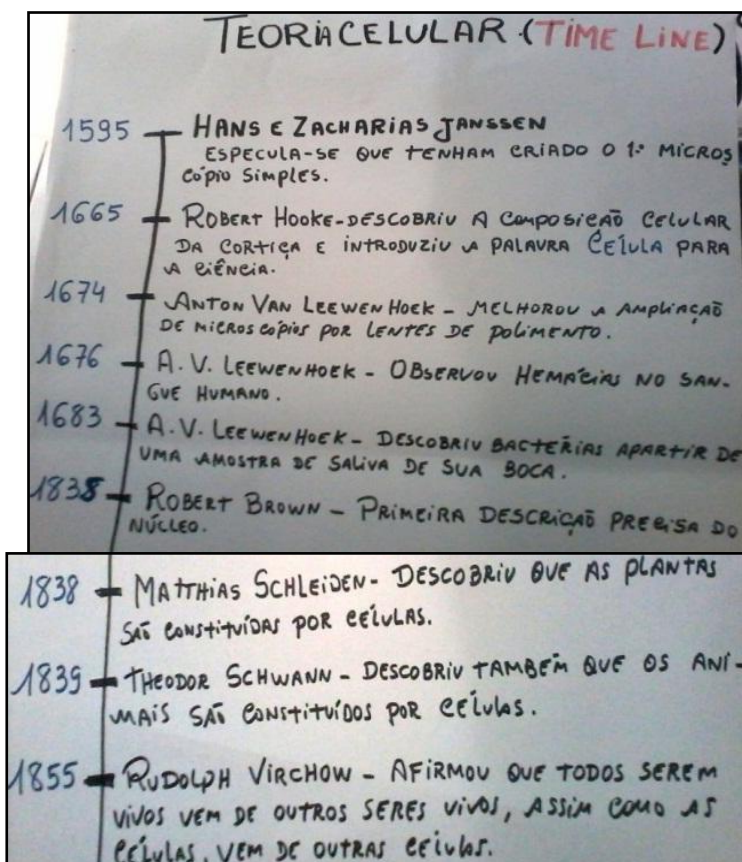
5.2.1 | Encontro: Histórico da Citologia / Biologia Celular

Esse encontro ocorreu no dia 25.03.15, das 18:30h às 21:30h (3h/aulas), no Laboratório de Didática do Centro Acadêmico de Vitória. Antes do encontro propriamente dito, solicitamos aos estudantes que realizassem uma busca por textos que versassem sobre a temática em questão. Esses textos serviriam de subsídios para o desenvolvimento das atividades programadas. Entretanto, o que se observou, foi uma grande dificuldade na garimpagem desse material, o que nos levou a produzir um texto, de caráter mais didático, a partir da revisão da literatura realizada no âmbito da tese (Apêndice D).

Primeiramente, realizamos breve discussão sobre a historicidade da célula e trabalhamos o texto construído (Apêndice D). Posteriormente, solicitamos que os estudantes se dividissem em grupos para elaborarem uma linha temporal focando os pesquisadores que colaboraram com a expansão do conceito. Os alunos se dividiram em quatro grupos (A, B, C e D) e as linhas temporais construídas estão apresentadas nas figuras 14, 15, 16 e 17.

- Grupo A

Figura 14. Linha temporal do grupo A.



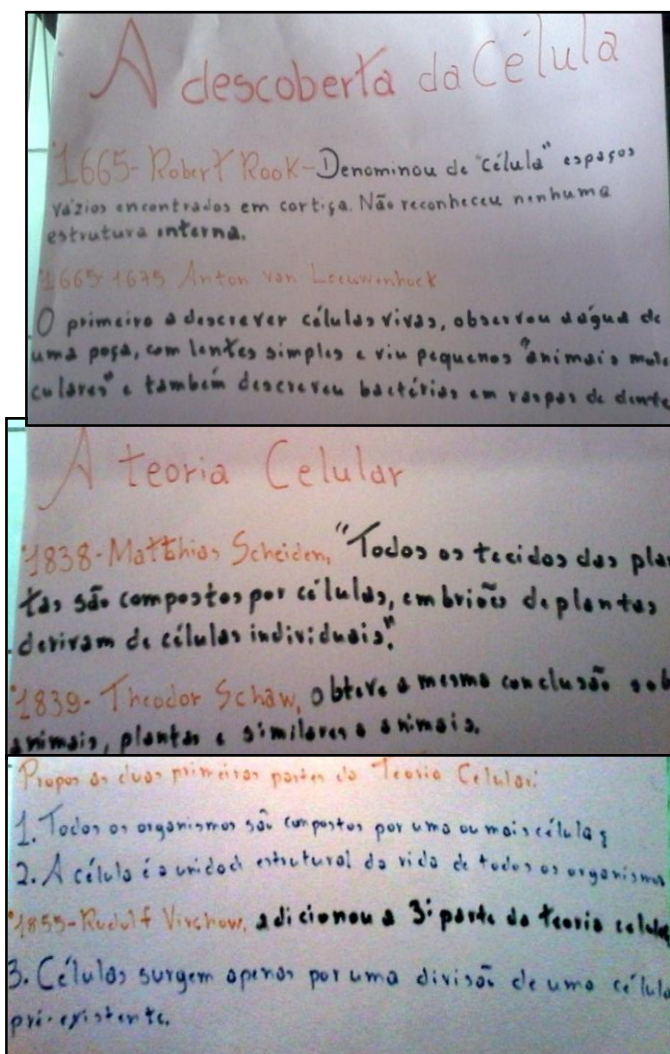
Fonte: O Autor.

O grupo A, iniciou a linha temporal intitulada de Teoria Celular, a partir do ano de 1595, considerando a importância dos Janssens para compreensão do universo microscópico e conseqüentemente, suas colaborações para a observação da célula. O pesquisador Robert Hooke é mencionado apenas devido à observação da cortiça e a palavra célula.

Neste contexto, Anton van Leeuwenhoek é o pesquisador aparece com mais destaque. A linha do tempo deste grupo menciona Robert Brown, como precursor da descoberta do núcleo, Mathias Schleiden e Theodor Schwann como descobridores das células vegetais e células animais, respectivamente, e Rudolph Virchow, com a premissa de que as células surgem de células.

- **Grupo B**

Figura 15. Linha temporal do grupo B.



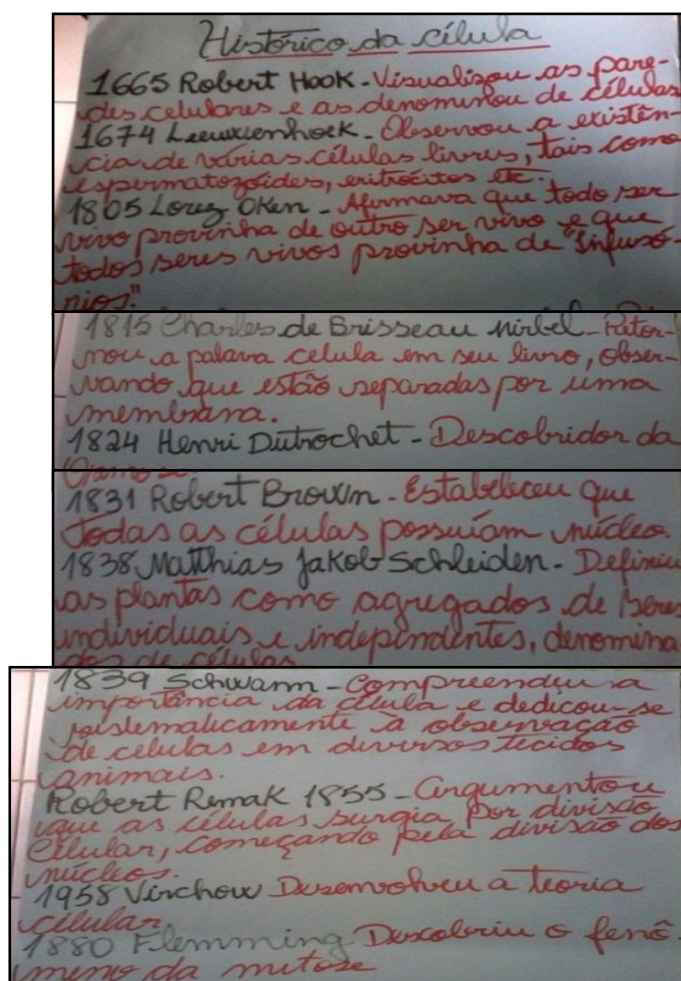
Fonte: O Autor.

O grupo B, subdividiu a linha temporal em a Descoberta da Célula, com Robert Hooke/Anton Van Leeuwenhoek e a Teoria Celular, com Mathias Schleiden, Theodor Schwann e Rudolf Virchow.

A linha inicia a partir de 1665 com Hooke, destacando a sua contribuição enquanto idealizador do nome “célula” a partir da observação da cortiça. Posteriormente, as contribuições de Leewenhoek são mencionadas no que se referem as suas observações de células vivas e bactérias. Schleiden e Schwann surgem na linha temporal, associados às observações de células em plantas e animais, respectivamente. E por fim, Virchow complementa a teoria, quando defende a ideia que células surgem de células pré-existentes.

- Grupo C

Figura 16. Linha temporal do grupo C.

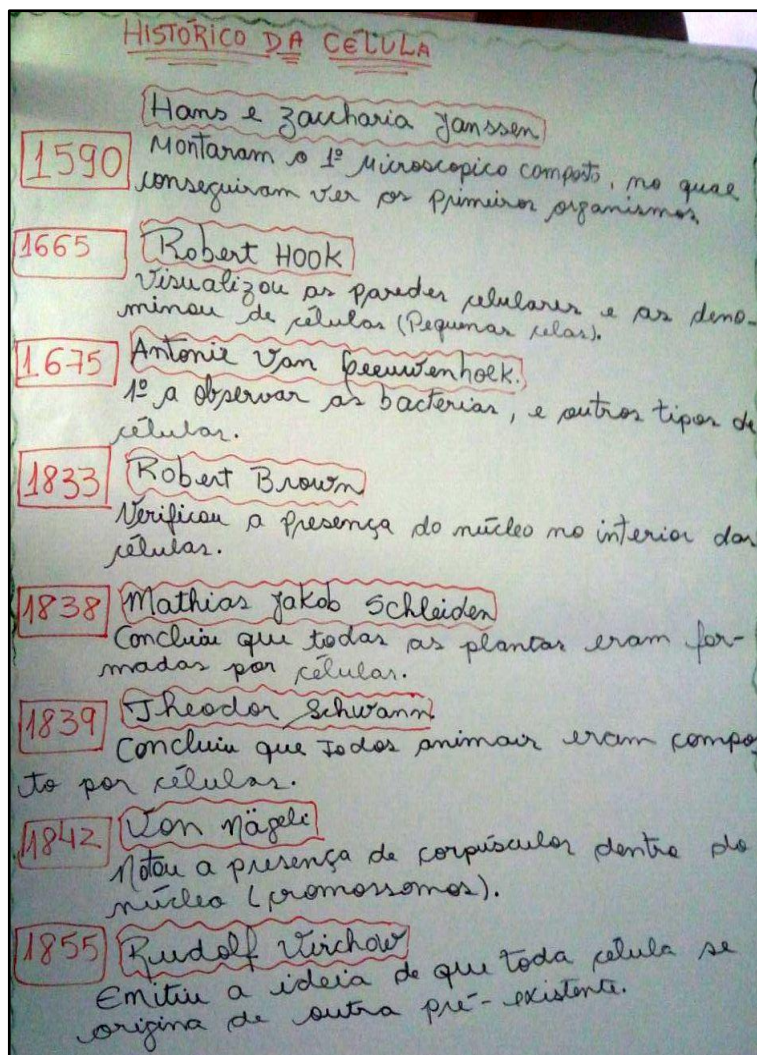


Fonte: O Autor.

O grupo C, iniciou uma linha temporal, intitulada Histórico da Célula, a partir do ano de 1665, com Robert Hooke, a partir da visualização da parede célula e da denominação do nome "célula". Em seguida, vem Leewenhoek que descobriu as hemácias e os espermatozoides. Noutro momento, citam Lorez Oken, Charles de Brisseau Nirbel, Henri Dutrochet e Robert Brown. Esses pesquisadores colaboraram, respectivamente, com a ideia de que um ser vivo vem a partir de outro, com a retomada da palavra célula e a complementação da presença da membrana delimitando-a, descoberta da osmose e do núcleo celular. Posteriormente, contemplam na linha temporal Schleiden e Schwann pela observação em células vegetais e animais, respectivamente. E por fim, mencionam Robert Remak e suas contribuições para o entendimento da divisão celular, Virchow e suas contribuições para a teoria celular e Flemming, com relação à mitose celular.

- Grupo D

Figura 17. Linha temporal do grupo D.



Fonte: O Autor.

Tal como o grupo A, o grupo D inicia a linha temporal, intitulada Histórico da Célula, a partir dos Janssens através do microscópio. Menciona-se Hooke e Leeuwenhoek com a visualização da cortiça e a denominação “células”, e a observação de bactérias e outros organismos. Brown é mencionado discorrendo sobre o núcleo celular, Schleiden e Schwann com as observações de plantas e animais, respectivamente. Também, Don Nageli com a pesquisa sobre os cromossomos. Por fim, Virchow com a ideia de que uma célula surge a partir de outra.

Em linhas gerais, as linhas temporais dos quatro grupos, promovem a superação da ideia inicial de que Robert Hooke foi o pesquisador responsável pela

descoberta da célula. Todos os grupos citaram Hooke num contexto mais realista, considerando suas observações realizadas em espécimes diversos, incluindo a cortiça, e como idealizador do nome célula. Outro nome bastante resgatado foi de Leeuwenhoke a partir de suas contribuições pela visualização das hemácias. E novos nomes de pesquisadores foram descritos como colaboradores dessa trajetória da descoberta da célula. Também, a teoria celular por Schleiden e Schwann, e as perspectivas de Virchow.

Ao final da atividade proposta, os estudantes argumentaram que na disciplina antiga “Biologia Celular” não recordavam a respeito desse tipo de discussão. Hoje existem duas disciplinas, do perfil novo, sobre História e Filosofia da Ciência e Fundamentos da Biologia, que devem promover discussões sobre as bases histórico-filosóficas e acreditamos que as referidas disciplinas possam permitir aos estudantes reorganizarem as ideias sobre as perspectivas da célula e outros conteúdos.

5.2.2 II Encontro: A Microscopia

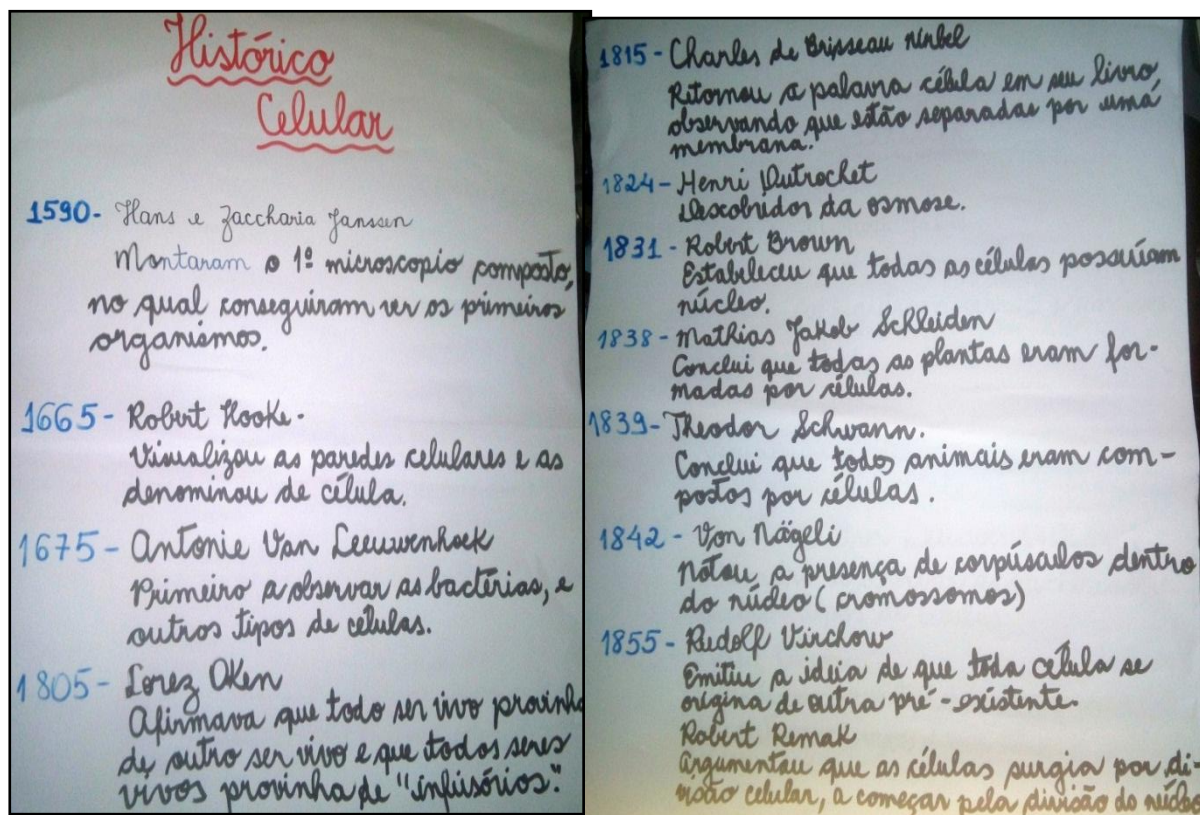
Outro momento aconteceu no dia 08.04.15, das 18:30h às 21:30h (3h/aulas), no Laboratório de Didática do Centro Acadêmico de Vitória, no qual realizamos a finalização do anterior e partimos para o desenvolvimento das perspectivas sobre o microscópio.

Na retomada das considerações sobre a historicidade da célula, solicitamos aos grupos, que revisassem as linhas temporais produzidas para que pudessemos então construir, coletivamente, uma linha temporal única.

Para tanto, temos como resultado da construção coletiva, a seguinte linha histórica sobre o conceito de célula (Figura 17).

• Grupo Coletivo

Figura 18. Linha Histórica da célula (produção final)



Fonte: O Autor.

No consenso coletivo acerca da historicidade da célula, observamos que o grupo escolheu iniciar a trajetória celular a partir dos anos de 1590, apresentando as contribuições dos Jansens com a fabricação de um microscópio, o que abriu portas para o mundo microscópico e conseqüentemente, possibilidade de visualização das estruturas celulares, seres vivos e outros materiais.

Percebemos a presença de Robert Hooke com a observação da parede celular e a terminologia, célula. A sequenciação de outros pesquisadores como participantes dessa trajetória: Leeuwenhoek (bactérias), Oken (infusórios), Brisseau (membrana), Dutrochet (osmose), Brown (núcleo), Nageli (corpúsculos) e Remak (divisão celular). Também, Schwann (animais) e Schleiden (vegetais) e Vrichon (célula origina célula).

Neste contexto, retomamos a discussão sobre a presença do microscópio, como instrumento desencadeador da descoberta, corroborando a ideia de que não se pode discutir sobre as origens da célula, sem se discutir sobre a microscopia.

Para falar sobre microscopia realizamos inicialmente uma atividade de revisão (ilustração de um microscópio com indicações de suas partes) a serem preenchidas pelos estudantes com o intuito de saber se eles se lembravam das partes constituintes do instrumento.

Após este momento, passamos a uma aula de exposição dialogada, sobre a historicidade da microscopia e suas contribuições para o desenvolvimento do conceito de célula. Também, discutimos a ampliação das estruturas e voltamos a refletir sobre a dimensionalidade das estruturas apresentadas no Momento I.

Posteriormente, em nossa discussão, juntamente com os estudantes, apresentamos duas propostas de atividades que poderiam ser aplicadas em sala de aula, visando à construção de situações dinâmicas, lúdicas e interativas, que poderiam possibilitar uma aproximação do aluno com o universo micro, a partir de materiais simples e de baixo custo.

Desta forma, quando não houver a possibilidade do uso do microscópio na escola, a proposta seria construir lentes para ampliar o objeto e desta forma contribuir para a aprendizagem conceitual. A primeira proposta consistiu na confecção de uma minilupa, com lentes com água¹⁴.

O estudante A6 sugeriu a criação de uma lupa usando o celular. Ele propôs ligar a câmera e colocar uma gota d'água sobre o orifício de visualização, e ir virando a câmera cuidadosamente sobre a imagem, o que faria aumentá-la consideravelmente.

A outra proposta consistiu na construção de uma lente de aumento¹⁵. Essa prática também possibilita ampliação de objetos, sendo de baixo custo e de fácil aplicação.

Ressaltamos que, estas atividades buscaram explicitar a necessidade de “aumento” das estruturas imperceptíveis ao olho humano. Contudo, o microscópio representa o instrumento mais adequado para observação de detalhes que a visão humana não é capaz de perceber.

O II Momento da SEA foi estruturado de forma a contemplar principalmente a historicidade do conceito de célula, através do estudo dos pesquisadores envolvidos no estudo da célula e da própria microscopia (Vertente Histórica).

¹⁴ - MENDES et al. Com Ciência na escola: Microscopia I – descobrir um mundo invisível, 2010.

¹⁵ - Domínio Público.

As atividades desenvolvidas propiciaram uma mediação efetiva por parte do professor, mas também oportunidades de interlocução entre os alunos. A construção das linhas de tempo em pequenos grupos e no grande grupo, bem como as propostas de atividades para aumentar objetos, utilizando a gota d'água e a câmera do celular foram bastante profícuas no sentido de oportunizar reconstruções conceituais sobre as questões discutidas.

Destacamos as oportunidades de interlocução (Dimensão Pedagógica - Aspecto 6) que entre os alunos foram bastante significativas, contribuindo para o processo de construção e reconstrução conceitual (Dimensão Pedagógica - Aspecto 7).

Acreditamos que este momento da SEA tenha alcançado os objetivos determinados no desenho, que consistiam em identificar as contribuições de vários pesquisadores para o desenvolvimento do conceito de célula e observar a importância do microscópio para visualização de estruturas celulares.

A seguir, partimos para o III Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem, o qual versou sobre o desenho e a identificação dos grupos celulares.

5.3 - III Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem: “Desenhando” e Identificando os Grupos de Células

Este momento da SEA visou à utilização das atividades experimentais como ferramenta para identificação dos grupos celulares eucariontes. Também, permitiu utilizarmos experimentações e o microscópio para visualização de células animais e vegetais. Ressaltamos que o nosso interesse inicial, era em relação às células eucariontes animais, mas devido à proposta versar sobre o desenho e a identificação de grupos celulares foram necessários uma diversificação.

Para além de nossa pesquisa, no que tange o MRE, as práticas laboratoriais com o uso de experimentos foram empregadas na SEA das pesquisas de La Fata (2010), Rogge (2009), Heinicke; Riess (2009), Lombardi et al. (2008), Lupo (2008), Riemeier e Gropengiesser (2008), Stavrou, Duit e Komorek (2008) e Komorek e Duit (2004).

Os pesquisadores utilizaram esse tipo de proposta, visando desenvolver habilidades e competências na manipulação dos instrumentos para a construção do conceito e ainda revisar e estimular a reflexão sobre o objeto de estudo. Também, possibilitar a consolidação das relações e fortalecer as discussões entre os estudantes, representando uma atividade promissora na aprendizagem conceitual.

O III Momento da SEA ocorreu no dia 15.04.15 no Laboratório de Microscopia I, das 18:30h às 21:30h. Para isso, desenvolvemos propostas de atividades práticas com os estudantes, que envolviam a observação e a identificação de células em Microscópio Óptico (MO).

Para a aula, utilizamos além dos recursos como áudio e vídeo, materiais de laboratório (vidrarias e equipamentos) e insumos, seguindo como orientação técnicas disponíveis nos sites - Secretaria de Educação do Paraná¹⁶ e MEC/Portal do Professor¹⁷.

Os alunos foram divididos em quatro grupos (A, B, C e D) para vivenciar as seguintes práticas: análise de seção transversal da cortiça, observação da mucosa bucal; experimento da cebola e observação da grama, de forma que pudessem observar e identificar grupos celulares. Entretanto, optamos por não relatar todas as práticas realizadas, escolhemos apenas as duas primeiras para análise.

5.3.1 Prática I: Célula Vegetal (Cortiça)

Com a prática da cortiça nosso objetivo era de “repetir” a observação de Hooke com um fragmento de cortiça, conforme a figura 19 (A e B), a seguir.

¹⁶ - PARANÁ. **Jogos e práticas - Estudo morfológico da célula.** 2015. Disponível em:<<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=319>>. Acesso em: 20.05.15.

¹⁷ - GONÇALVES, V. F. **Célula Unidade Básica da Vida.** 19/06/2014. Disponível em:<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?pagina=espaco%2Fvisualizar_aula&aula=56206&secao=espaco&request_locale=es>. Acesso em: 20.05.15.

Figura 19. Fragmento de cortiça (produção e observação)

A - Fragmento de cortiça em lâmina



B - Fragmento de cortiça (1000x MO)

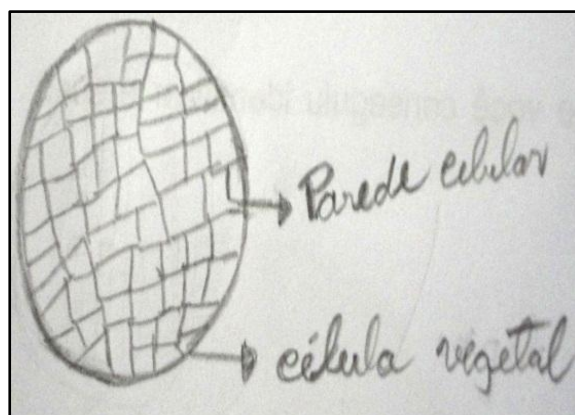


Fonte: O Autor.

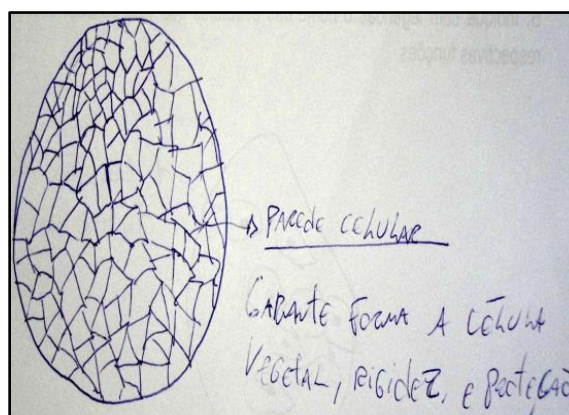
As lâminas foram produzidas com fragmento de cortiça, sem incrementos de corantes ou de água, e foram levadas ao microscópio. Após as observações os estudantes realizaram algumas reproduções “desenhos”, de forma a pontuar estruturas e partes percebíveis, conforme a figura 20 (C e D), a seguir.

Figura 20. Elaboração de “desenho” da estrutura celular vegetal

C. Representação - cortiça (E4).



D. Representação - cortiça (E8).



Fonte: O Autor.

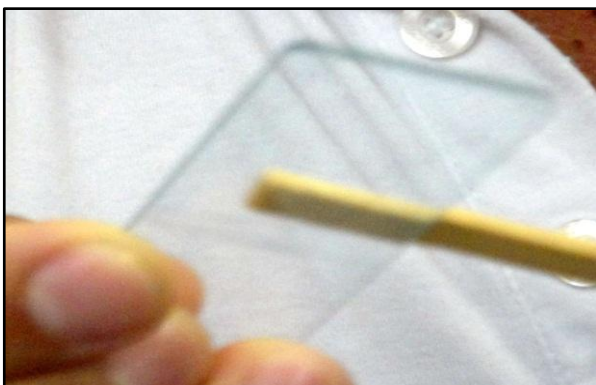
Durante a execução dessa atividade foram realizadas discussões sobre a espessura da amostra, formas e instrumentos para a preparação das amostras para observação. Após as discussões, passamos a outra atividade prática.

5.3.2 Prática II: Célula Animal (Mucosa Bucal)

Com a prática da mucosa bucal tivemos como objetivo reconhecer a célula animal, a partir da raspagem da mucosa bucal humana e sua observação ao microscópio óptico, conforme figura 21 (A, B e C), a seguir.

Figura 21. Mucosa Bucal (preparação e observação).

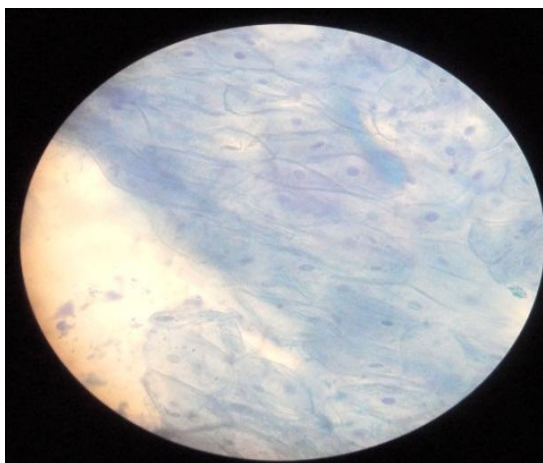
A. Raspagem de células da mucosa bucal humana com palito em lâmina.



B. Células da mucosa bucal humana (coloração por azul de metileno).



C. Células da mucosa bucal humana (coloração por azul de metileno; aumento de 400x MO).



Fonte: O Autor

Durante a prática da mucosa bucal, os estudantes tiveram oportunidade de relembrar, conteúdos de outras disciplinas como a genética (citogenética), por exemplo.

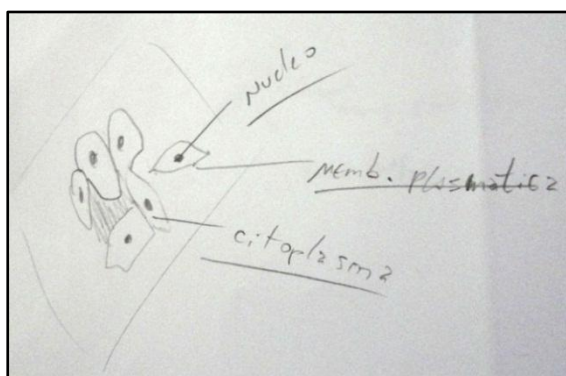
Eles pontuaram que utilizando de outro tipo de técnica por meio da mucosa, poderia se perceber a presença do corpúsculo de Barr, o que permitiria identificar se amostra analisada era de um homem ou de uma mulher. Também, outras

discussões versaram sobre síndromes cromossômicas, também relacionadas ao campo da genética, como a de Síndrome de Klinefelter.

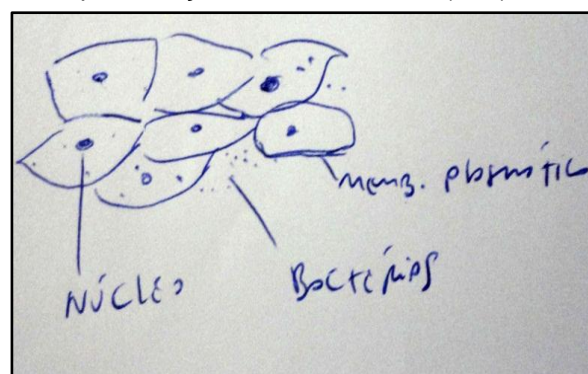
Após as observações, os estudantes “desenharam” a estrutura e partes percebíveis ao microscópio óptico (MO), conforme ilustrado na figura 22 (D, E e F), a seguir.

Figura 22. Elaboração de “desenho” da estrutura celular animal

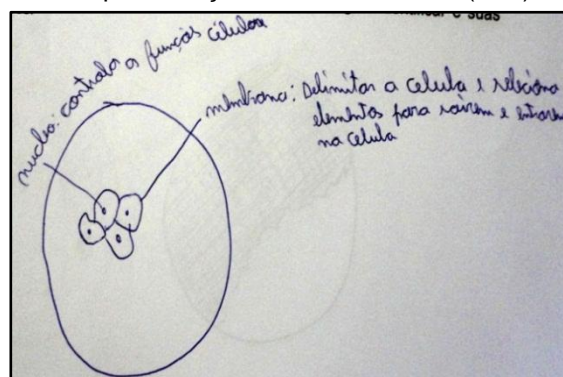
A. Representação da mucosa bucal (E6)



B. Representação da mucosa bucal (E10)



C. Representação da mucosa bucal (E11)



Fonte: O Autor.

A partir das figuras acima, os alunos identificaram os constituintes principais da célula (Membrana Plasmática, Citoplasma e Núcleo), além de a presença de bactérias.

Noutro momento, as discussões que emergiram nesta prática, reforçam a ideia que as atividades corroboraram não apenas para o conceito específico, mas possibilitam que outros conteúdos relacionados ao conceito pudessem ser resgatados, como aponta Krasilchik (2005), que o professor ao se valer de

atividades práticas em suas aulas permite aos estudantes manipularem diretamente a amostra e o uso de equipamentos, oportunizando ao aluno o contato com o objeto de estudo, possibilitando reflexão, generalização e inferências à pesquisa.

Neste contexto, o estudante E11 enfatizou que estava gostando da proposta, pois representou outra maneira de aprender citologia, vez que sairia de um universo muito excessivo de aulas expositiva/dialogadas. E ainda, o aluno E10 destacou que nas aulas de citologia deveriam propor e explorar mais as atividades práticas no microscópio, com uso de propostas que permitissem os alunos da Educação Básica realizarem mais facilmente.

O III Momento da SEA buscou contemplar as bases conceitual e experimental explorando a morfologia celular e os experimentos utilizando o microscópio, respectivamente.

Para além do resgate de outros conteúdos relacionados à morfologia celular, o que em nossa opinião surge em decorrência de oportunidades de reconstrução conceitual (Dimensão Pedagógica - Aspecto 7). Observamos também, uma aproximação entre o conhecimento científico e aplicações práticas (Dimensão Epistêmica - Aspecto 2), em todos os experimentos trabalhados neste momento.

A Vertente Imagética foi bastante explorada por meio da investigação, observação e representação, uma vez que foram solicitadas reproduções de todas as observações realizadas por meio do microscópio. A Dimensão Pedagógica - Aspecto 6; permeou as demais, uma vez que em todos os experimentos houve a mediação do professor e oportunidades para interlocuções entre os alunos.

Assim, acreditamos que o desenho proposto, possibilitou a identificação de tipos celulares com sucesso, contemplando todos os aspectos estabelecidos como importantes para tal. Por fim, damos continuidade as nossas discussões com a apresentação do IV Momento da SEA.

A seguir, partimos para o IV Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem, o qual versou sobre o reconhecimento da estrutura e funcionalidade da célula.

5.4 - IV Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): Reconhecendo os Grupos de Células, Constituintes e a Morfofisiologia Celular.

Neste momento da SEA buscamos o apoio de *sites* educativos, esperando que através de imagens “animadas” ou projeções artificiais da célula pudéssemos ter vivências diferenciadas, as quais possibilitassem maior interatividade entre a percepção da célula, os seus constituintes e os processos relacionados, pois representava um dos grandes problemas na abordagem do conceito de célula identificado a partir da aplicação das etapas 1 e 2 do MRE.

No que tange a SEA ao MRE, o uso de *software* foi aplicado na pesquisa de Lombardi et al. (2008), visando facilitar a capacidade de abstração dos estudantes sobre o conceito. O recurso com o uso de imagens digitais tornou perceptível, através das figuras e pela manipulação virtual, a visualização de fenômenos invisíveis à vista desarmada.

Para a nossa pesquisa, utilizamos dois *sites* do Ministério da Educação (MEC), com acesso livre e gratuito, o Portal do Professor e a Rede Internacional Virtual de Educação (RIVED). Procuramos dentre tantas animações presentes nesses, captar aquelas que estavam relacionadas com a nossa pesquisa.

No primeiro *site* explorado, o Portal do Professor (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>), conseguimos captar quatro propostas que estavam alçadas na morfologia da célula, conforme apresentado no quadro 36, a seguir.

Quadro 36. Proposta da Animação/Simulação - Portal do Professor

Proposta	Animações	Descrição	Objetivo
Do micro ao macro: o universo das células ¹⁸	Diferença entre procariontes e eucariontes	Ilustra as diferenças entre procariontes e eucariontes	Diferenciar procariontes de eucariontes
	Organelas celulares	Ilustra as organelas celulares	Identificar as organelas celulares
	Complexo de Golgi	Ilustra a constituição do Complexo de Golgi	Identificar os componentes que constituem o Complexo de Golgi.
	Mitocôndrias	Descreve a estrutura e	Identificar componentes

¹⁸Elaborada por RIBEIRO, L. C. A.; MORENO, I. H. em 25.03.2009. Modalidade (Ensino Médio e Fundamental Final), Componente Curricular (Biologia e Ciências Naturais) e Tema (Identidade dos seres vivos e Terra e Universo) Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/10547/eucariotoxprocarियोto.swf>>. Acesso: 05.05.15

...continuação do quadro 36.

		funcionalidade da mitocôndria	que constituem a mitocôndria
--	--	-------------------------------	------------------------------

Fonte: Ribeiro e Moreno (2009).

No segundo site explorado, a Rede Internacional Virtual de Educação (RIVED) - (<http://rived.mec.gov.br/>) foram captadas duas propostas, que estavam alçadas na fisiologia da célula, conforme apresentado no quadro 37, a seguir.

Quadro 37. Proposta da Animação/Simulação – RIVED

Proposta	Animações	Descrição	Objetivos
Transporte Passivo de Membrana ¹⁹	Transporte Passivo	Ilustra o transporte passivo de moléculas pela membrana celular	Apresentar os componentes e a estrutura da Membrana Plasmática das células, os diferentes tipos de Transporte Passivo que ocorrem nas células. Proporcionar a possibilidade de fazer e observar a Difusão Simples, a Difusão Facilitada e a Osmose em célula animal e célula vegetal.
Aprendendo por Osmose ²⁰	Processo de Osmose	Ilustra o processo de osmose em célula animais e vegetais	Compreender o processo de osmose, os conceitos relacionados em células animais e vegetais e suas implicações no funcionamento destes organismos.

Fonte: Freitas et al. (2008) e Henriques et al. (2009)

Trabalhamos todas as seis propostas com o nosso grupo de estudantes, as quatro primeiras, explorando um viés morfológico e as duas últimas explorando a fisiologia celular. Entretanto, devido à grande quantidade de dados optamos por apresentar no escopo da tese, o trabalho realizado com as Organelas Celulares (Morfologia) e com o Processo de Osmose (Fisiologia).

A escolha por estas simulações específicas deveu-se em parte as discussões suscitadas durante o seu desenvolvimento. A vivência para fomentar esse momento sobre as animações/simulações ocorreu no laboratório de informática do CAV, no dia 22.04.2015, em 3h/aulas.

¹⁹ FREITAS, D. S. et al. (2008) – Ensino Médio (Biologia – diversidade da vida e hereditariedade) - Disponível em: <http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/transporte_passivo_membrana_plasmatica/>. Acesso: 05.05.15.

²⁰ HENRIQUES, A. B. et al. (2009) - 1ª ano do Ensino Médio (Biologia Celular) - Disponível em: <<http://rived.mec.gov.br/atividades/biologia/osmose/osmose.swf>>. Acesso: 05.05.15.

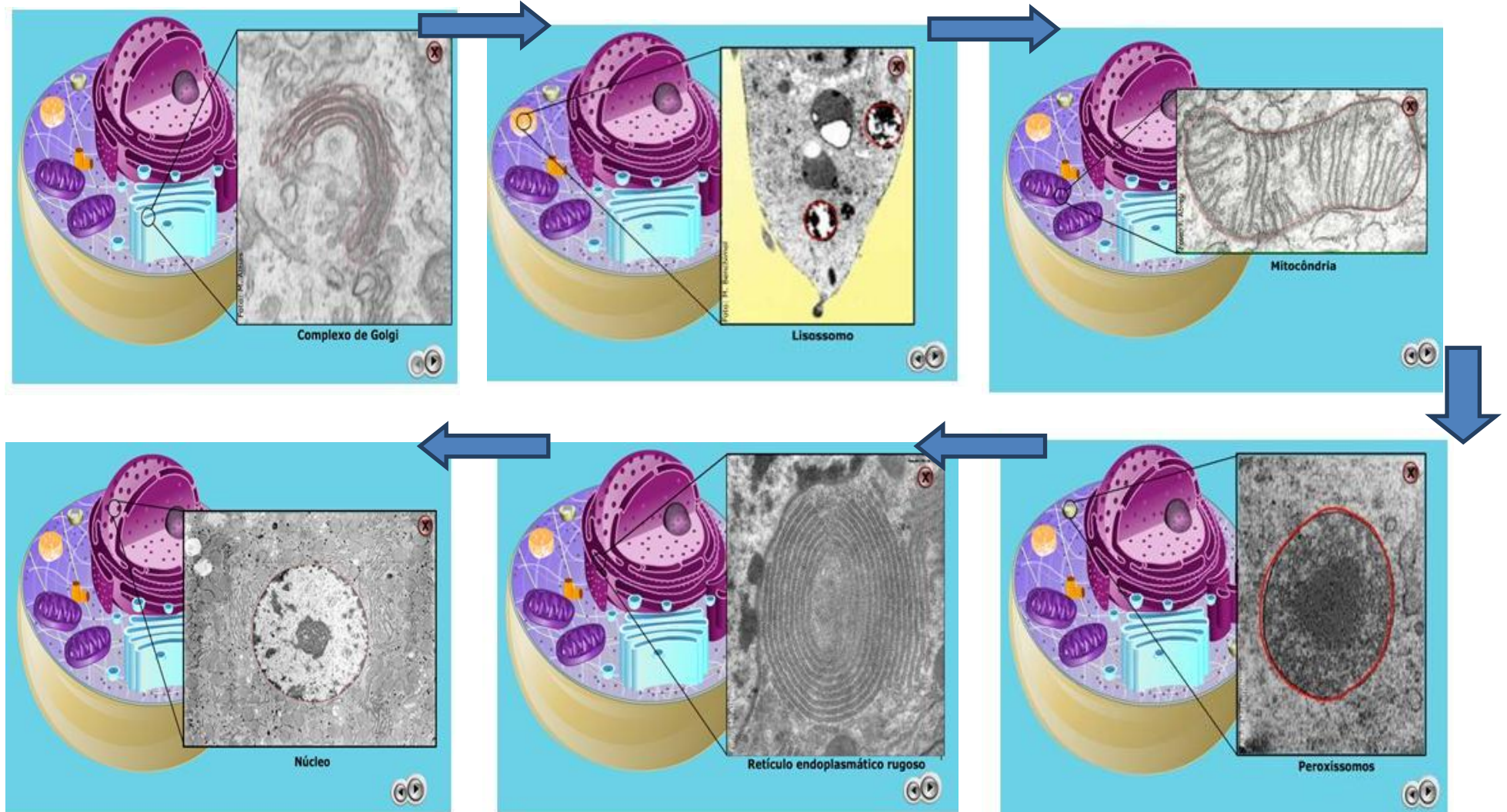
5.4.1 *I Encontro: Reconhecendo os Grupos de Células, Constituintes e a Morfofisiologia Celular (Simulações/Animações).*

Simulação/Animação: Organelas Celulares.

A simulação/animação **Organelas Celulares**, consistiu numa proposta imagética com ilustração de uma célula animal em corte longitudinal. Ao clicar em cada organela, o sujeito é direcionado a observar a projeção de imagens “reais” (fotografias em preto e branco) dessas estruturas celulares. As imagens são ilustrativas com projeções fotográficas, sem presença textual e sem sinalização (pisca-pisca).

A sequência de imagens que ilustra a animação, em questão, pode ser observada na figura 23. À proporção que os alunos observavam as imagens foram surgindo um conjunto de considerações, algumas das quais estão ilustradas no quadro 38.

Figura 23. Resumo da Sequência da Animação/Simulação (organelas celulares).



Fonte: Ribeiro e Moreno (2009, s/p).

Quadro 38. Considerações dos estudantes sobre a animação/simulação (organelas celulares).

E	Considerações
E1	“A ferramenta que mostra as organelas celulares está muito interessante, com ele é possível conhecer de forma mais didática essas organelas ”.
E2	“Traz uma imagem ilustrativa e a partir dela surgiu imagens reais das organelas celulares possibilitando a comparação da imagem ilustrativa e a imagem real possibilitando essa interligação facilitando assim a aula do professor e a aprendizagem do aluno”.
E3	“Muito legal, pois possibilita o aluno encontrar as organelas nas células, mas deveria quando o aluno clicar nas organelas mostra algumas funções algo descrito sobre elas . É muito interessante também, pois eles vêm às organelas em micrografias ”.
E4	“Apesar de ser bem contextualizada , as imagens são bem apagadas, sem graça e sem vida ”.
E5	“A animação demonstra as organelas e informações na célula”.
E6	“Nas organelas muito boas à abordagem . No geral este site é uma ótima ferramenta no auxílio do professor”.
E7	“Enganação com relação ao 3D da imagem, pois ao clicar na plataforma 3D, a imagem sequencial é uma fotografia microscópica , além de uma ausência na descrição e legenda ”.
E8	“O site é bem ilustrativo mostrando um esquema ilustrativo e uma imagem histológica em todas as organelas, porém deveria conter algumas informações sobre a função de cada uma e também ter uma célula vegetal e organelas exclusivas delas, além das organelas dos procariotos”.
E9	“Apresenta cada uma das organelas de duas formas com um desenho esquemático e mostra de uma perspectiva de uma foto de lâmina de microscópio, ajudando a desmitificar a ideia lúdica das organelas. Senti falta da informação sobre função de cada uma destas organelas, o tamanho destas, além da questão 3D que ajudaria e muito, pois traria uma melhor interação”.
E10	“Achei mais simplório poderia ser algo 3D para melhor compreensão por parte dos alunos, mas é interessante na medida em que abrange além do esquema micrografia , isso já pode levar o aluno a ter um contato inicial com esse tipo de visualização de estrutura celular”.
E11	“As organelas são bem ilustradas , também mostram um formato e coloração que ao clicar sobre a organela, ela é mostrada como se estivesse sendo vista em um microscópio, que garante ao aluno que ele vai ter a real noção de como é a organela”.
E12	“Super interessante, mas acho que deveria ter as funções de cada compartimento membranoso , outro ponto que está em falta é a atualização das nomenclaturas como exemplo, complexo de golgi , onde hoje é utilizado com aparelho de golgi ”.
E13	“Apresentando lâminas histológicas que ajudam bastante à quebra do aluno, no fato de achar que as organelas são exatamente daquele jeito do desenho . Também, aplicando-se esse conteúdo com o auxílio dessa ferramenta possibilita ao aluno ver as organelas originais sem precisar ficar preso ao laboratório que na maioria das vezes não é funcional. E quando não, é a treinamento do professor para usar o mesmo”.
E14	“Essa animação seria a base para todas as outras, pois mostra a localização de cada elemento dentro da célula, deveria ser utilizado como porta de entrada para todas as outras animações, onde a organela clicada seria a explicada naquela animação”.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudantes), ____ (similaridades entre os estudantes).

O quadro 38 sistematiza as primeiras considerações feitas pelos alunos quando questionados sobre a utilização da animação/simulação. É interessante observar que num primeiro momento as discussões não estão voltadas aos aspectos específicos inerentes a biologia, apenas o aluno E9, mencionou a que as imagens fotográficas deveriam apresentar indicativos de tamanho e o estudante E14 destacando a localização das organelas.

A maioria dos estudantes ressalta a presença das imagens reais (micrografias) estarem associadas aos desenhos das organelas e a necessidade de texto para complementar a ilustração e/ou fotografia apresentada.

O estudante E12 mencionou uma questão mais específica, a necessidade de rever a nomenclatura da organela/estrutura celular complexo de golgi para aparelho de golgi.

No decorrer da atividade surgiu uma grande discussão sobre a pertinência ou não do termo organela, e sua substituição por compartimento membranosos. Essa discussão começou a partir de uma dúvida sobre a imagem do núcleo celular e ocorreu inicialmente entre os estudantes E9 e E10, conforme pode ser observado no quadro 39, à posteriori.

Voltamos a mencionar que não há intenção de validar a sequência, ou qualquer momento dela a partir das análises de trajetórias de aprendizagem, ou análises discursivas. Nossa intenção ao apresentar a transcrição sistematizada no quadro 39 é ilustrar um dos muitos momentos de interlocução entre o professor e os estudantes e entre eles próprios, oportunizados pelas atividades estruturadas.

Obviamente não nos furtaremos de alguns comentários sobre os elementos-chaves pontuados na discussão.

Quadro 39. Discussão dos estudantes (animação organelas).

E, PP, Ouvinte	Diálogo
E10	- “Núcleo é uma organela?”
E9	- “Se formos considera o núcleo como organela, até o vacúolo é uma organela, que é quase a célula toda”.
E10	- “O núcleo é composto por dupla membrana, o núcleo é então uma organela”.
E9	-“Não rapaz, o núcleo não, o vacúolo”.
E10	- “O vacúolo é um espaço”.
E9	- “Tem função”.
E10	- “Sim, tem função, mas não é organela?”.
PP	- “O vacúolo? É uma organela”.
E10	-“Isso tá meio estranho esse negócio aqui. O núcleo, o núcleo não é uma organela?”.
E9	- “É”.
PP	- “O núcleo?”.
E10	- “Sim, O núcleo”.
E9	- “Ele no comanda a célula”.
E10	- “Sim, ele é o centro celular, mas se formos considerar pela informação, aqui está meio errada”.
PP	- “O núcleo uma organela da célula?”.
E10	- “O núcleo não é uma organela da célula não”.
E9	- “Ele tem membrana”.
E10	- “A gente precisa saber o que é uma organela na verdade. Isso pode confundir os alunos às vezes”.
PP	- “Que membrana seria?”.
E10	- “Porque a maioria das organelas ou se não todas as são compostas por membranas. O núcleo tem a dupla membrana”.
PP	- “Membrana celular”.
E10	- “Isso”.
E9	- “Vamos vê aqui na net. Vamos ver algum debate sobre isso. Olha aqui é uma organela (...) o núcleo é uma dessas organelas (...)”.
E10	- “Tá vendo que é uma organela”.
E12	- “Não é uma organela, mas é chamado de compartimento membranosos. O correto é um compartimento membranosos”.
E10	- “É uma organela”.
E9	- “É uma organela, pois é revestida de compartimento membranosos, independente da membrana plasmática”.
E12	- “O núcleo se chama compartimento membranosos. Pois, muitas pessoas acham que até o ribossomo seja uma organela, mas não é uma organela, é pedaço de RNA”.
E9	- “Pra mim ele é organela”.
E12	-“Não é”.
E10	-“Ribossomo?”.
PP	- “Ribossomo não é considerado organela não, porque é pedaço de DNA?”.
E12	- “RNA”.
PP	- “De RNA”.

...continuação do quadro 39.

E10	- “Essa questão de organela como um núcleo é um problema conceitual, tá muito deturpado. Porque se diz que a mitocôndria é uma das maiores organelas depois dos cloroplastos, e o núcleo se for, é uma organela”.
E12	- “É errado esse termo organela”.
PP	- “O núcleo não é organela não. O núcleo é organela?”.
E12	- “É compartimento membranoso. (x) mesmo fala isso”.
PP	- “Então assim, a gente não deve chamar organelas, mas compartimentos membranosos”.
E10	- “A gente tem que ver o que seria organela na verdade”.
E12	- “Compartimentos membranosos das células”.
PP	- “Da células, das células”.
E12	- “É das células”.
E9	- “Ele quer falar bonito”.
PP	- “Eu nunca escutei compartimentos membranosos não. Eu sempre escuto organelas”.
E9	- “Eu sempre escutei organelas”.
E1	- “E até os livros falam organelas”.
E12	- “Como carioteca não pode ser chamada de carioteca”.
PP	- “Hã?”.
E12	- “Carioteca não é utilizado”.
PP	- “Não. Membrana celular ou envelope celular”.
E12	- “São muitas coisinhas assim. (x) manda a gente falar isso”.
PP	- “Compartimento membranoso, não chamar organelas”.
E12	- “Que é o mais correto”.
PP	- “Ai o núcleo seria o que?”.
E12	- “Um compartimento membranoso”.
PP	- “Ai estaria certo, não organelas. E os demais são o que?”.
E1	- “E os demais são o que?”.
PP	- “Vacúolos, lisossomos, perioxissomos?”.
E9	- “Todos eles?”.
E10	- “A mitocôndria é uma organela”.
E1	- “O ribossomo é o que?”.
E9	- “Ribossomo é uma organela”.
E12	- “Ele é composto por RNA”.
E1	- “E o núcleo?”.
E12	- “Compartimento membranoso”.
E1	- “Após se o núcleo é um compartimento membranoso vai ser uma organela também”.
E10	- “É verdade, né isso”.
E1	- “Não, não é isso não. Acho que organela é organela. Compartimento membranoso é compartimento membranoso”.
E9	- “Vejam (leitura na net). Por não possuírem membranas formadas por lipídeos e proteínas, os ribossomos são encontrados livres,

...continuação do quadro 39.

	espalhados dentro da célula”.
E12	- “Não são compartimentos. Os ribossomos são os próprios RNAs. Pedacos de RNA mensageiro. RNA mensageiro? Mensageiro? Precisa saber muito dessa área”.
E11	- “Pode errar não tá gravando”.
Ouvinte	- “Essa discussão está muito boa, precisa gravar. Agora nisso tudinho que ainda tô na dúvida, qual vai ser a diferença específica entre as organelas e compartimento membranoso?”.
E12	- “Veja só em relação a isso. Esse nome organela que eu saiba pelos meus estudos tudinho e que (x) dizia que não é pra se chamado mais de organelas, é compartimento membranoso”.
PP	- “Alberts fala assim?”.
E12	- “O Alberts também fala assim. Procura o Alberts ou na biologia celular atualizada”.
E12	- “Eu chamo compartimento membranoso”.
E1	- “Eu não lembro que (x) fala isso não”.
E11	- “Esse (xx) é do contra mesmo”.
E1	- “Eu lembro organelas das células, na minha ótica”.
E12	- “Eu vou pegar aqui, eu vou provar”.
E11	- “É interessante”.
PP	- “Pesquise aí, organelas ou compartimento membranoso. Eu nunca escutei compartimento membranoso, mas eu não estou dizendo que (xx) esteja errado não, eu é que realmente não tenho propriedade sobre, ele é que está falando com muita certeza e por isso é bom. Vamos lá”.
E12	- “Pesquisa na net. Olha aqui, cadê deixa eu vê. É livro de Biologia Celular e molecular. Veja só aqui mesmo fala, compartimento membranoso, tá vendo aqui tem isso aqui que fala dos lisossomos, deixa eu vê essa parte aqui, em cima também, vesícula, as vesículas aqui em particular”.
E10	- “É, mas só que”.
E12	- “Eu falo compartimento membranoso”.
PP	- “Ah, considere o <i>termo organela como sinônimo de compartimentos</i> ”.
E12	- “Eu falo compartimento membranoso. Na sala de aula eu falo compartimento membranoso”.
E9	- “Tá vendo, tem um erro conceitual aí”.
E12	- “(x) sempre frisava em relação a isso”.
PP	- “Pesquisa na net “organelas ou organelos, (“pequenos órgãos”) são compartimentos delimitados por membrana que têm papéis específicos a desempenhar na função global de uma célula. As organelas trabalham de maneira integrada, cada uma assumindo uma ou mais funções celulares”.
E10	- “Organelas são órgãos da célula”.
E12	- “Veja só. Mas, muitas vezes, falam que os ribossomos são organelas, mas ribossomos não são organelas.
E1	- “Vê só. Mas se colocar tudo como compartimento membranoso, quer dizer que todos eles têm a mesma função. Cada organela ela tem uma função diferente”.
E12	- “Sim e então, organela seria uma coisa. Organela, organela, organela. Compartimento membranoso, compartimento membranoso. Cada um tem sua função e tem seu nome. E outra coisa, ribossomo não é organela. Se é um compartimento membranoso é sinônimo

...continuação do quadro 39.

	de organela, então ribossomo não é organela e nem compartimento membranoso”.
E10	- “Pesquisa <u>net</u> “o nome organela vem da ideia de que estas estruturas são os órgãos da célula. São diminutivos, pequenos órgãos da célula”. Como se fosse órgãos pequenos. São os órgãos da célula. Então, uma vesícula né revestida por membrana, então uma vesícula seria uma organela, então tá tudo errado”.
PP	- “Então, os ribossomos são organelas? Vai lá (xx)”.
E12	- “Ave Maria professor. Isso um é pedaço de...”.
E9	- “Aqui são organelas celulares presentes”.
E12	- “Isso é do livro”.
Ouvinte	- “Qual livro?”.
E12	- “Biologia Celular e Molecular”.
PP	- “Porque existe RNA transportador, ribossômico. Né isso, eu acho que é por causa disso”.
E9	- “Ribossomos são organelas celulares. Têm eles soltos e na parede de Golgi”.
E10	- “Pesquisa <u>na net</u> . Achei um PDF aqui da Universidade Federal do Rio Grande do Sul”.
PP	- “Livro de Histologia PDF, Universidade Federal do Rio Grande do Sul”.
E12	- “Olha aqui. Aqui eles falam aqui, aqui ô”.
E10	- “Organelas membranosas, até aqui no site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
E12	- “Pra o senhor vê, que muitos livros...”.
PP	- “Que o ribossomos são organela membranosas”.
A12	- “Mas, eles não são organelas membranosas. Se organelas são sinônimos de compartimentos membranosos, ele não possui membrana, se ele é composto por RNA. Entendeu como é. Bactéria não tem organelas nenhuma”.
A10	- “O que bactéria não tem organelas não? E o ribossomo é o que?”.
A12	- “Ribossomo não é”.
PP	- “Partindo do ponto de vista, que os ribossomos não são organelas, as bactérias não teriam organelas”.
E10	- “Nesse ponto de vista né?”.
PP	- “É uma discussão forte. Nesses anos todos, eu nunca escutei essa discussão aqui não”.
E10	- “É por causa do computador, da tela”.
PP	- “Vocês estudaram na aula de (x). Você foi monitor?”.
E12	- “Eu fui monitor e dei uma informação errada dizendo que bactérias também tinham organelas. Ai eu fui perguntar a ela (professora)”.
E10	- “Olha aqui, presença e ausência”.
E12	- “Ai eu lembrei que ribossomo não tem membrana e perguntei a ela (professora). Não, não tem. Bactéria não nenhuma organela, porque ribossomo não é uma organela, ribossomo é RNA”.
E10	- “Vê eu vi aqui agorinha, que organelas não têm só relacionados somente a parte da membrana. Pode ser organela membranosa ou não. Organela é assim, vêm de órgãos, elas são diminutivo de órgãos, ou seja, pequenos órgãos da célula. Então assim se falar assim, organelas membranosas. Olha aqui ó, ausência de organelas procariontes”.
E12	- “Organelas têm duas funções. Tem, tem”.
E1	- “Dois sentidos”.
E12	- “É dois sentidos.

...continuação do quadro 39.

E10	- "Se você quiser você pode falar assim. Você pode falar assim, organelas membranosas. Eu tô vendo aqui no site da Universidade do Rio Grande do Sul. Organelas membranosas e não membranosas".
E12	- "Mas, se a gente passar uma coisa dessa pra um aluno, que o ribossomo é uma organela".
E9	- "Mas, eles acessam".
E10	- "Sim, é uma organela não membranosas".
E12	- "Sim, mas quando chegar no vestibular, vai trocar, e não é".
PP	- "Tô entendendo. Ele está se colocando assim, como diminutivo".
E10	- "Ele não é um compartimento membranosos, mas ele é uma organela".
E12	- "Se diz que organela é sinônimo de compartimento membranosos e como é que o ribossomo que não é, que não é, que não tem membrana é considerado uma organela".
E10	- "Não, rapaz, mas não é sinônimo não".
PP	- "Mas ele disse que tem organela com ou sem membrana".
E10	- "Aqui mesmo é uma comparação, eu tô vendo aqui, comparação aqui no site da Universidade do Rio Grande do Sul. É uma organela não membranosas. Não é sinônimo não de compartimento não. Porque se não organela seria sinônimo de vesícula eliminada pelo complexo de Golgi, não é então a vesícula não é uma organela é um compartimento membranosos".
E12	- "Compartimento membranosos".
PP	- "Mas, é isso que eu estou dizendo, é porque ele tá dizendo que não pode ser sinônimo, ou organela é considerada como "órgão" ou é compartimento membranosos, algo que tem membrana".
E10	- "Organela é um órgão da célula".
PP	- "Então não pode ser sinônimo".
E10	- "Então vai ter que explicar pra o aluno isso".
PP	- "É, é um erro de conceito. Não digo nem conceito, mas assim de terminologia".
E12	- "É a mesma coisa, que pra uns acham que os vírus não têm vida e pra outros têm".
E8	- "Geneticamente ele tem vida".
A9	- "Bioquimicamente não".
E12	- "Eu creio que ele tem vida, minha gente, que ele tem. Se ele tem DNA ou RNA, ele tem vida.
E8	- "Por causa do material genético".
E10	- "Só porque ele não faz suas funções.
PP	- Mas ele é considerado com não sendo um ser vivo".
E9	- "Depende professor".
E12	- "Geneticamente É. Bioquimicamente é que não é. Entendeu como é?".
E5	- "É muita coisa meu Deus do céu".
PP	- "É isso que eu digo. Veja que não é só a citologia pela citologia, a biologia celular é muito mais complexa do que a gente trabalha. Veja uma ideia de um termo organelas, veja quanto a gente discutiu pra poder entender, ai veja você trabalha a mitocôndria é uma visão, complexo de Golgi é uma visão, lisossomos é uma visão, imagine um aluno, tanto elementos a serem discutidos, o cara tem que sair expecte em biologia celular, fica é impossível. É impossível porque é muita coisa pra ser estudada em pouco tempo, porque se a gente for analisar, fragmentar membrana, estudar toda a estrutura de uma membrana, ai vem o citoplasma todas aquelas organelas, o

...continuação do quadro 39.

	núcleo, é um semestre inteiro sobre para a célula”.
E12	- “Em relação aos vírus, porque lá escola quando se ia falar dizia que o vírus era acelular, não tinha célula. Ai eu ia batia de frente, dizendo assim: Por que, como é que ele tem o material genético, que é a base da gente do ser vivo e ele não é considerado uma vida? Ai ficava a professora não sabia falar nada e fica nesse ponto de vista. Ai o livro traz uma coisa, o aluno pergunta outra e o professor não sabe responder. Eu acho que o livro tem que vir esses pontos de vista”.
PP	- “Ai cabe ao professor tentar desmitificar o que o livro está dizendo, mas se ele não souber, “dança ai”.
E12	- “Ai putz. Os livros, alguns têm esse ponto de vista, desse jeito, mais não tem certeza, ai coloca uma coisa desta para o pobre do aluno, ficar doido, vai ser considerado doido na minha sala”.
E10	- “Eu tô com o site da Universidade aqui na comparação. Presença de organelas não membranosas.
E9	- “Mas ribossomo não tem membrana”.
E10	- “Não. Mas isso aqui é o meu ponto de vista. Pode ser considerada uma organela, a membranosas, sem membrana.
Ouvinte	- “Menino, a discussão perdura. Nossa”.
E10	- “Eu vou seguir por esse ponto. Ele é uma organela. Organela não é sinônimo de compartimento. A gente tem que entender aquela parte sobre sufixo e prefixo”.
E9	- “Organela tem membrana”.
E10	- “Organela, organela vem de órgãos, não é que quer dizer que é compartimento. Ele realiza uma função. Olha aqui, organela, cadê.
E9	- “O ribossomo não uma organela porque não tem membrana, porque se tivesse membrana seria”.
E12	- “Não tem membrana. Ai pronto, uma fita de RNA mensageiro”.
E10	- “Vocês estão usando uma coisa muito simplória. O ribossomo não faz uma função, não realiza uma função?”
E9	- “Ele é uma estrutura. Ele é uma estrutura”.
E10	- “Não, ele exerce uma função, como se fosse um órgão”.
E12	- “De sintetizar como outras também fazem”.
PP	- “O que eu entendi que ele quer colocar assim é que esse sinônimo organela”.
E10	- “O que eles estão querendo dizer que ele não é organela”.
E9	- “Mas ele não é”.
E10	- “Pra mim ele é. Não membranosas. Se todo compartimento membranosos for uma organela, então uma vesícula liberada pelo retículo endoplasmático é uma organela. Quando uma célula engloba uma partícula é uma organela”.
E1	- “E o ribossomo não é não? E a vesícula?”.
E10	- “Ela tem função, uma vesícula? Ela é um órgão pra célula?”.
E1	- “Ela não tem função não?”.
E10	- “Ela tá carregando uma proteína, uma coisa pra se exorcitada”.
E9	- “Né isso que eu tô falando”.
E10	- “Pronto, e o ribossomo também tem função”.
E12	- “Função de exocitose e endocitose”.
E9	- “Justamente”.
E10	- “Qualquer partícula englobada é uma organela?”.
E12	- “Em relação ao ribossomo, ao pobre do ribossomo ele sintetiza proteína”.

...continuação do quadro 39.

E10	- "A membrana dela é uma parte da membrana do complexo de Golgi".
PP	- "Deixa eu entender só o seguinte, qual foi slide que deu essa polêmica?".
E10	- "Eu quero saber onde tem falando isso, que o ribossomo não é uma organela".
PP	- "Foi o de mitocôndrias foi? Mas onde foi especificamente que vocês viram isso?".
E10	- "Eu vou dizer que era uma organela".
E9	- "(xx) avisa que foi o de núcleo".
E5	- "Foi o de núcleo".
E9	- "Foi aqui nesse slide do núcleo, onde disse que era maior, tirando os cloroplastos, a mitocôndria é a maior organela da célula. E o núcleo não é uma organela? Essa foi à questão".
E10	- "Mas aonde tem falando de compartimento membranoso?".
PP	- "Não. Ele viu o núcleo, analisando a organela, mas o núcleo não pode ser considerado organela".
E10	- "Nada não pode ser uma regra a exceção".
PP	- "Porque tem compartimento membranoso, porque a gente trabalha geralmente o que membrana, fragmenta, citoplasma e núcleo. Então se o núcleo seria um dos subconceitos ou conceitos principais, né vamos dizer assim, conceito principal membrana, citoplasma e núcleo é o que a gente trabalha diretamente, ele dizer que o núcleo não poderia ser nessa vertente vamos dizer, como um conceito principal, porque ele é uma organela então ele estaria junto com a mitocôndria, com os cloroplastos, não é? É isso".
PP	- "Vamos escutar aqui a colega".
E13	- "Vê essa questão em que as pessoas que trabalham membrana, citoplasma e núcleo, o que que tá acontecendo, tá analisando as organelas do citoplasma, por isso que tá assim".
E10	- "As pessoas vão muito a fundo no conceito, se for assim às células vermelhas do sangue tinha núcleo, mas todo mundo só seguem o conceito. As células do sangue não tem núcleo, mas segue sua função sem núcleo. As pessoas seguem muito essa parte de seguir o conceito de tem uma membrana é uma organela, que não tem não é. O conceito de você seguir, por exemplo, radicais, prefixo e sufixo. Organelas, órgãos, função, resultados. Não é obrigado ter uma membrana para realizar uma função".
E12	- "O que, que acontecer, esse termo organela eu o mesmo, quer pode ser completo e incompleto ao mesmo tempo. Porque tá dizendo assim, organelas no quer dizer órgãos".
PP	- "Mas, o colega leu dizendo o seguinte, que essa questão de organelas está relacionada a órgãos, pequenos órgãos, que pode ser membranosos ou não".
E8	- "É mesmo".
E10	- "Eu tô vendo aqui no site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Organelas não membranosas, ribossomos livres nos procariontes".
E9	- "Mas aí são estruturas pô".
PP	- "Mas é justamente isso que ele tá querendo dizer, que esse nome organelas está relacionado a pequenos órgãos".
E10	- "Ausência de organelas membranosas".
PP	- "Então qualquer um deles só o que podem ser...".
E10	- "Não só fala de membrana não".
E9	- "Por isso que eu estou falando, é um erro conceitual. Não é isso que eu estava falando desde o início".
PP	- "Não, não, não".

...continuação do quadro 39.

E9	- "Sim, professor".
Ouvinte	- "Qual dos dois tem erro conceitual?".
E5	- "Vamos deixar só eles falarem depois os outros falam".
E9	- "São pequenos órgãos tá e se o negócio tem função é pra ser chamado organelas e dizem que não organela porque não tem membrana, não é um erro conceitual não?".
PP	- "Mas ele no tá dizendo não e sim".
E10	- "Organelas não membranosas, você tá levando a membrana como se fosse à função".
PP	- "Ele tá querendo dizer o seguinte, a organela, vamos fazer a organela, pode ser membranosa ou não membranosa, o termo pode se relacionar para aquilo que tem ou não".
E9	- "Ai sim".
PP	- "Pronto. Por isso, que quando ele chama assim é mitocôndria, como organela é porque ele quer dizer independente dela ser membranosa ou não, porque é um termo para ambos. Entende?".
E10	- "Eu iria explicar assim do meu modo. Pode ser membranosa ou não. E a única que não é membranosa é...".
PP	- "É assim que ele tá entendendo".
E10	- "O senhor entendeu professor. O senhor entendeu".
E9	- "Eu entendi também, só que não concordo".
E10	- "Eu acho que não. Cada um concorda com o que quiser né. Graças a Deus eu sou crítico, eu não concordo nem com o professor da faculdade, vou concordar com um aluno".
PP	- "Agora eu nunca vi o núcleo como uma organela e nem tinha visto ribossomo...".
E12	- "Não como organela, mas como compartimento membranoso".
PP	- "O termo né".
E12	- "Eu digo que o ribossomo não é uma organela, mas é uma estrutura composta por RNA".
E10	- "Tudo é composto de tudo, todas as estruturas são compostas por alguma coisa, tudo é composto por ácido e moléculas e uma membrana não quer dizer nada não".
PP	- "Eu entendi perfeitamente".
E12	- "Gente escuta uma coisa, posso falar pela última vez? Veja só, o Wikipédia é um site que não é tão seguro, mas vocês viram aqui o que tem aqui biologia celular. "Em biologia celular, organelas ou organelos, ("pequenos órgãos") são compartimentos delimitados por membrana que têm papéis específicos a desempenhar na função global de uma célula".
E5	- "Pronto. É isso aí. Eu concordo".
E10	- "A Wikipédia não. Eu tô aqui com o site da Universidade Federal".
E12	- "Tu entendesses (xx)?".
E8	- "Só porque é Federal não quer dizer que está tudo certo não".
E12	- "O Big Bang vai acabar, essa teoria do Big Bang. Ciência não é certa. Tem que ser crítico. Eu tenho o meu lado e você o seu".
E10	- "Sim. Com certeza".
Ouvinte	"Ouvinte - O que é legal é a discussão mesmo. É agente debater, é a gente realmente falar. O conhecimento não é estático".
	(xxx)
E12	- "Eu sou um tipo de pessoa que se estou errado com certeza eu falo".

...continuação do quadro 39.

PP	- “Não (xx) sua colocação foi muito pertinente e que mobilizou uma série de conceitos e discussão, que realmente desse ponto de vista eu não pensava assim, sinceramente a você eu não pensava. O bom é que a gente vai dialogando e tirando suas dúvidas, talvez como (xx) de rever esse conceito”.
-----------	--

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (estudante), PP (professore/pesquisador), (x) - nome da professora, (xx) - nome do aluno, (xxx) - silêncio ou dúvidas pontuais, (...) - não completou a frase.

Como a transcrição é bastante extensa, construímos outro quadro 40, com a contagem de falas por sujeito e os principais pontos discutidos.

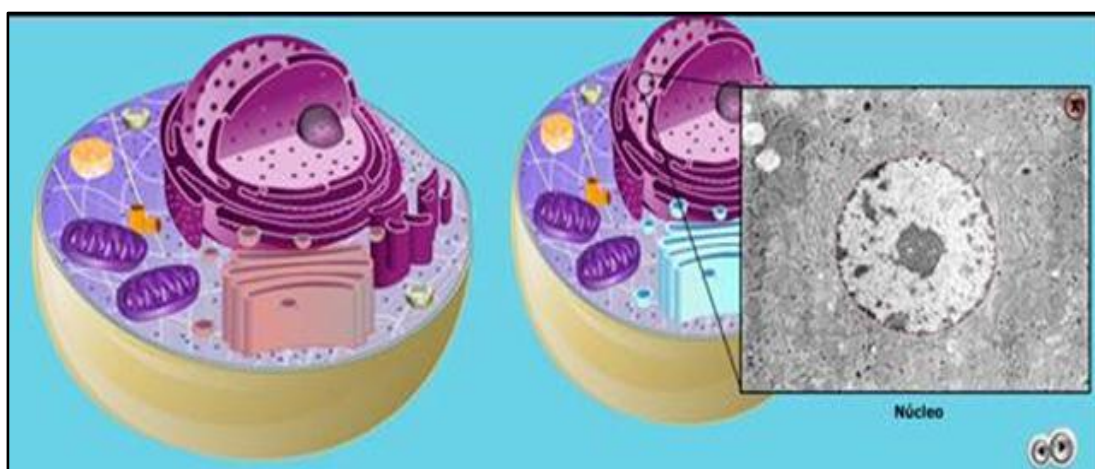
Quadro 40. Síntese do diálogo sobre a animação (organelas).

Participantes do diálogo	Quantitativo de falas	Principais Abordagens da Discussão	Síntese da discussão
E1	12	<ul style="list-style-type: none"> - Núcleo é uma organela? - Organela ou compartimento membranoso? - Ribossomo não é organela? - Vírus têm vida? 	<ul style="list-style-type: none"> - O estudante E9 ao observar o <i>slide</i> referente à proposta das organelas, cuja imagem apresentava um recorte longitudinal de uma célula eucarionte animal e trazia as organelas celulares e conjuntamente o núcleo celular. O que deu início a uma discussão sobre o que seria uma organela. - Durante a discussão o estudante E12 apontou que o termo seria compartimento membranoso, exceto os ribossomos, pois não possui membrana apenas uma estrutura composta de RN. - Outros pontos surgiram sobre os vírus terem vida, relacionados com a bioquímica e a genética.
E5	2		
E8	3		
E9	34		
E10	58		
E11	3		
E12	54		
E13	1		
PP	47		
Ouvinte	4		

Fonte: Elaborado pelo Autor. Legenda: E (Estudante), PP (Professor/Pesquisador).

A primeira dúvida foi se o núcleo seria uma organela, a qual surgiu a partir do que foi observado pelo estudante (E9) no *slide* (figura 24). Cooper e Hausman (2007) destacam que as células eucarióticas possuem núcleo, no qual o material genético está separado do citoplasma, o que descarta a possibilidade do núcleo ser uma organela citoplasmática.

Figura 24. Conjunto de Imagens - discussão sobre o núcleo.



Fonte: Ribeiro e Moreno (2009, s/p). – obs. junção de dois slides.

Contudo, observando mais especificamente a imagem acima, geradora da dúvida sobre o núcleo ser uma organela, percebemos que a interpretação do estudante (E9), no primeiro momento foi pertinente, pois, quando se clica sobre a ilustração do núcleo aparece uma imagem fotográfica, o que pode ter induzido o mesmo a interpretar que a animação estaria considerando o núcleo também como uma organela citoplasmática. Contudo, percebemos um desvio de coerência, pois na elaboração da animação/simulação não deveria haver a presença da fotografia visto que o núcleo não representaria uma organela celular.

Diante disso, ressaltamos o cuidado que deve ser dado à inserção de imagens de qualquer tipo com o intuito de mediar a abordagem dos conceitos. Também ressaltamos a questão da polissemia da imagem, pontuada por Barthes (1990), que coloca que cada pessoa ao observar uma imagem constrói interpretações próprias a partir do que visualiza.

A imagem em discussão representa um recorte longitudinal, mostrando as várias organelas. O núcleo celular está acima do citoplasma e próximo do retículo endoplasmático, mas não é possível observar a membrana celular que o separa do citoplasma. Ao estar envolto por membrana, o núcleo não poderia estar presente como uma organela. Assim, a estrutura celular não seria uma organela, pois se encontra separada do citoplasma pela membrana celular, ou seja, ocuparia outro compartimento da célula.

Desta forma, mesmo que a imagem não apresentasse uma proposição correta e não fosse possível a visualização da membrana celular, dando a impressão que o núcleo estaria no mesmo contexto das organelas, entendemos que a dificuldade surge em função da ausência de elementos teóricos sobre organelas/estruturas celulares e o núcleo, e que envolveu a maioria dos estudantes.

Outra questão presente na transcrição se refere ao uso da terminologia organela ou compartimento membranosos, como a mais adequada. O termo organelas predomina na literatura da área (COOPER; HAUSMAN, 2007; JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2008). Albert et al. (2011) não citam o termo organela, apenas descreve que “os eucariontes mantêm seu DNA em um compartimento limitado por uma membrana chamado de núcleo” (p.14). Nesse caso, relacionando o termo ao núcleo. Nos livros didáticos o termo organela ainda é o mais presente.

Assim, podemos considerar que o termo organela e compartimento poderiam ser tidos como sinônimos para as estruturas membranosas presentes na célula.

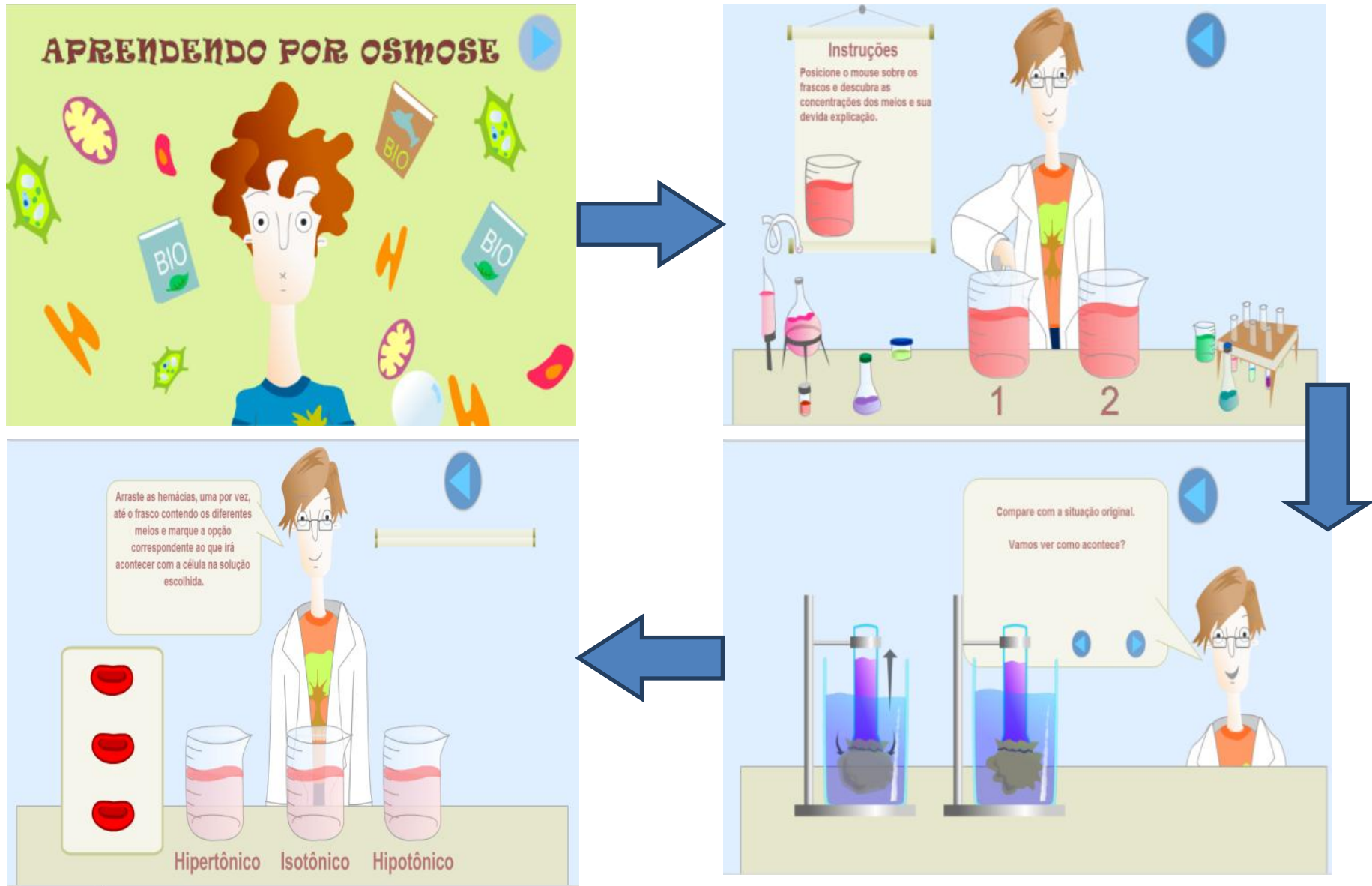
Quanto à discussão dos estudantes sobre os ribossomos, em que os mesmos não se enquadram como organelas, vez que não possuem membrana, mas são constituídos por RNA, Cooper e Hausman (2007) corroboram com essa afirmação e apontam que as células procarióticas (bactérias e cianobactérias) são desprovidas de organelas citoplasmáticas ou um citoesqueleto. Por sua vez, Junqueira e Carneiro (2008), apenas os descrevem como partículas elétron-densas composta de quatro tipos de RNA ribossomal e cerca de 80 tipos de proteínas.

Simulação/Animação: Processo de Osmose.

A animação/simulação proposta - **Processo de Osmose** utilizou imagens em movimento, atividades experimentais e exercícios para fomentar a abordagem do conteúdo celular aos estudantes.

A simulação apresentava o processo de osmose em células animais e vegetais, utilizando para tal 54 telas distintas. As imagens eram ilustrativas, com presença textual e com atividade interativa, no final havia o uso de um vídeo para contextualização. A seguir, apresentamos algumas telas da animação na figura 25 e posteriormente, os comentários dos estudantes sobre essa animação (quadro 41).

Figura 25. Resumo da Sequência da Animação/Simulação (osmose).



Quadro 41. Considerações dos estudantes sobre a animação/simulação (osmose)

E	Considerações
E1	Está estruturado de forma muito prática, interativa e didática . É possível o aluno realizar experimentos e verificar com o processo de transporte passivo acontece.
E2	Traz de forma ilustrativa e animada cada ilustração trazendo conceitos de cada processo facilitando a transmissão do conhecimento e um melhor interesse do alunado devido às animações encontradas nos <i>links</i> . Sendo uma ótima ferramenta para o ensino .
E3	Portal muito bom, bem explicativo, ilustrativo, maravilhoso . A uma interação isso é muito bom para o aprendizado. Apresenta mais elementos para trabalhar.
E4	Excelente <i>site</i> de abordagem dos conteúdos, principalmente se a escola não usufrui de laboratório de ciências , servindo como um laboratório virtual , onde se é orientado cada passo que o aluno dê por meio do mesmo. Mas já que o objetivo do cientista era interagir com o aluno , faltou o som (fala) do mesmo por áudios , ou até mesmo musiquinhas de entretenimento durante o jogo educativo , pra deixar a dinâmica da aula ainda mais interativa .
E5	Muito dinâmico e bastante interativo .
E6	O <i>link</i> da osmose é ótimo, pois o aluno de certa forma pelo jogo é induzido a acertar e irá até acertar.
E7	<i>Site</i> muito bom, como o nome já fala, dá pra aprender por osmose mesmo , além da animação e conceitos teóricos , há possibilidade de interação nos experimentos , tornando muito mais fácil a absorção dos conceitos . Como deficiência, identifiquei o áudio , pois mesmo com o movimento do boneco , não há som , assim não está incluso a inclusão.
E8	As suas animações são bem melhores com uma proposta bem interativa com todo o apoio, mostrando a função da membrana . Uma forma muito boa para nós professor usarmos em sala de aula, uma vez que a proposta do governo e do Brasil é de entrar de vez na tecnologia e utilizar e o utilizá-los para finalidade da educação.
E9	É mais interativo e abrange as informações de forma mais complexas , tanto em questão de interação, quanto de conteúdo. Além de joguinhos que nos despertam a curiosidade .
E10	A osmose é melhor ainda com animação muito interessante e que junto com a aula podemos fazer o aluno entender e aprender através das experiências que podem ser realizadas, com o auxílio do professor tutor. Ao fim, o aluno poderá sim, com esse recurso entender todo processo de osmose.
E11	Possibilita ao aluno acompanhar a célula animal ou vegetal em diferentes meios. Bastante extenso, mas completo , garante ao aluno fazer a atividade sem nenhum problema e buscando o auxílio ao professor quando precisar.
E12	Super explicativo , mas bastante extenso.
E13	O cenário de aprendizagem é bastante divertido. Eu particularmente não gostei do conceito dado a hipertônico e hipotônico , achei muito vago . O fato de comparar apenas um com o outro, acho que deveria focar mais em relação à quantidade soluto/solvente , do que concentrações entre os copos . Depois à medida que vai interagindo, quando ele começa a comparar com em relação a fica melhor. Por fim, acho que foi o mais interessante de todos para aprendizagem. O conteúdo é mostrado de forma bastante divertida e os pequenos testes também ajuda ao aluno a entender.
E14	A entrada do <i>site</i> é bem interessante e explicativa , mas quando iniciam as explicações , não um erro, mas uma má colocação de palavras já acontece ; quando tenta diferenciar os meus hipotônico e hipertônico (...) . Fora isso, a continuação da explicação é muito boa , sempre promovendo atividades para a fixação do conhecimento do aluno.

Fonte: O Autor.

Como podemos observar no quadro acima, apenas o E8 aponta as características fisiológicas do conceito relacionadas à função da membrana. Do ponto de vista pedagógico, os estudantes apontaram a experimentação, o dinamismo, o lúdico, o interativo, o informativo e o didático, como presentes na proposta apresentada.

Também, foi comentado acerca desta proposta ser considerada extensa, principalmente, em quantidade de slides, os estudantes E11, E12 enfatizaram que essa condição não prejudicou a abordagem do conteúdo, sendo considerado completo, estimulando o aluno a buscar o auxílio do professor.

O estudante E9, apontou que as informações apresentadas eram complexas, tanto na interação com o sujeito, quanto no conteúdo abordado. Isso explicita a necessidade do estudante saber manipular a ferramenta e ter conhecimentos prévios, visando compreender melhor o conteúdo. Os estudantes E4 e E7 destacaram que a proposta foi muito significativa, mas apontaram a falta do som da voz para estimular o sujeito. Nesse sentido, Mayer (2005), esclarece que ao se trabalhar com imagens em movimento, a modulação com voz suave é um elemento importante.

Interessante à colocação do último estudante quando menciona que a ausência de voz de um professor virtual impede que o aplicativo seja utilizado por sujeitos com deficiência visual, por exemplo. Nesse sentido, Mayer (2005), destaca que a aprendizagem ocorre melhor quando palavras são faladas por voz humana e não computacional. Contudo, quando não se percebe esse elemento na animação ocorre o desvio no princípio de voz.

Por fim, novamente os estudantes E13 e 14, que diferentemente dos demais alunos, observaram a atividade (meio hipotônico e hipertônico), proposto pela animação. E14 descreveu que “o professor compara um pote ao outro como sendo essa a explicação dos meios receberem tal classificação”, conforme as figuras 26 e 27, a seguir.

Figura 26. Meio hipotônico

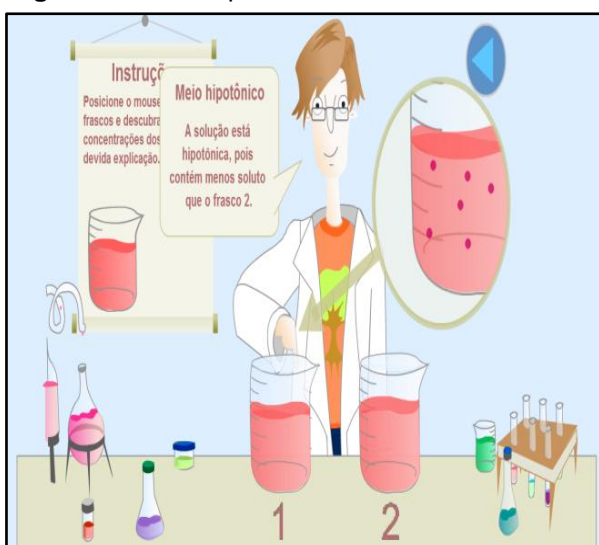
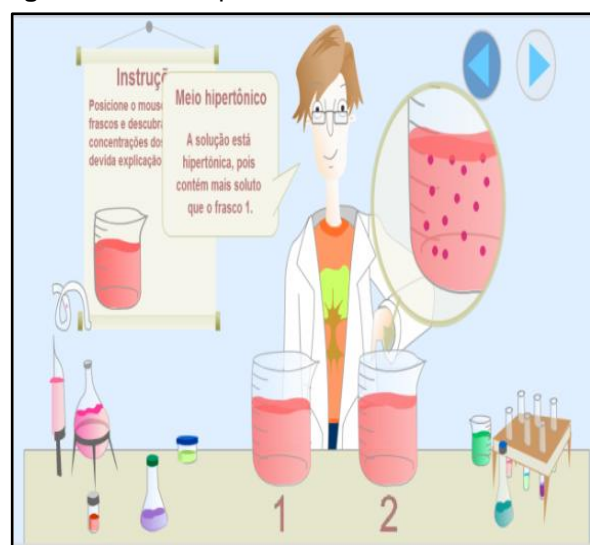


Figura 27. Meio hipertônico

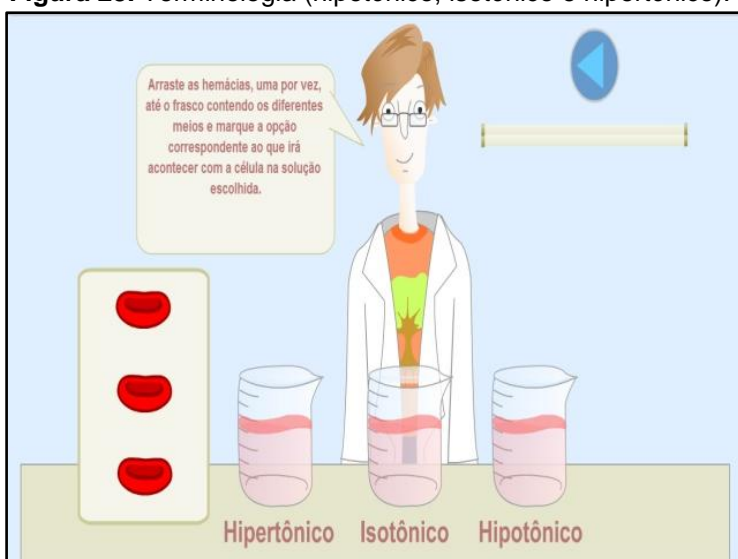


Fonte: Henriques et al. (2009, s/p).

Para tanto, E14 explica ainda que “um meio não é hipo ou hipertônico porque apresenta mais ou menos soluto do que outro meio. Sendo assim, uma única solução não poderia ser classificada sem ter outro material para compará-lo”.

Noutro momento da animação, o mesmo estudante apontou outra “incoerência” relacionada à atividade, na qual requeria do sujeito compreensão sobre três termos: hipotônico, isotônico e hipertônico. Assim, descreve que “Logo em seguida, apresenta um tipo de atividade para o aluno, na qual é exigido o conhecimento de três termos, onde, anteriormente, apenas dois foram explicados”. - (figura 28).

Figura 28. Terminologia (hipotônico, isotônico e hipertônico).



Fonte: Henriques et al. (2009, s/p).

Para tanto, enfatiza que é comum esse tipo de situação em sala de aula, pois “muitos professores, acham que, por explicar alguns termos do assunto, o aluno obrigatoriamente deve saber do significado dos termos similares a este, apenas por terem terminações parecidas”. Assim, o estudante não concordou com a proposta apresentada dessa forma, pois o termo isotônico não tinha sido trabalhado anteriormente.

Por fim, temos a complementação dessa proposta através de aplicativos para telefonia móvel e finalizaremos todo o momento a partir de um quadro síntese (quadro 43).

5.4.2 II Encontro: Reconhecendo os Grupos de Células, Constituintes e a Morfofisiologia Celular (aplicativos).

Com o intuito de ampliar discussão sobre o conceito de célula a partir de ferramentas didáticas interativas, no dia 29.04.15 no Laboratório de Didática, das 18:30h às 21:30h realizamos mais um encontro. Nesse encontro, trabalhamos dois aplicativos a partir de um processo discursivo.

5.4.2.1 O Aplicativo “Cell World”

O Aplicativo “Cell World” foi desenvolvido por VIEW para telefonia móvel e *tablet*, sendo composto por 12 slides em 3D com ilustrações da estrutura celular e informações em inglês (figuras 29 e 30).

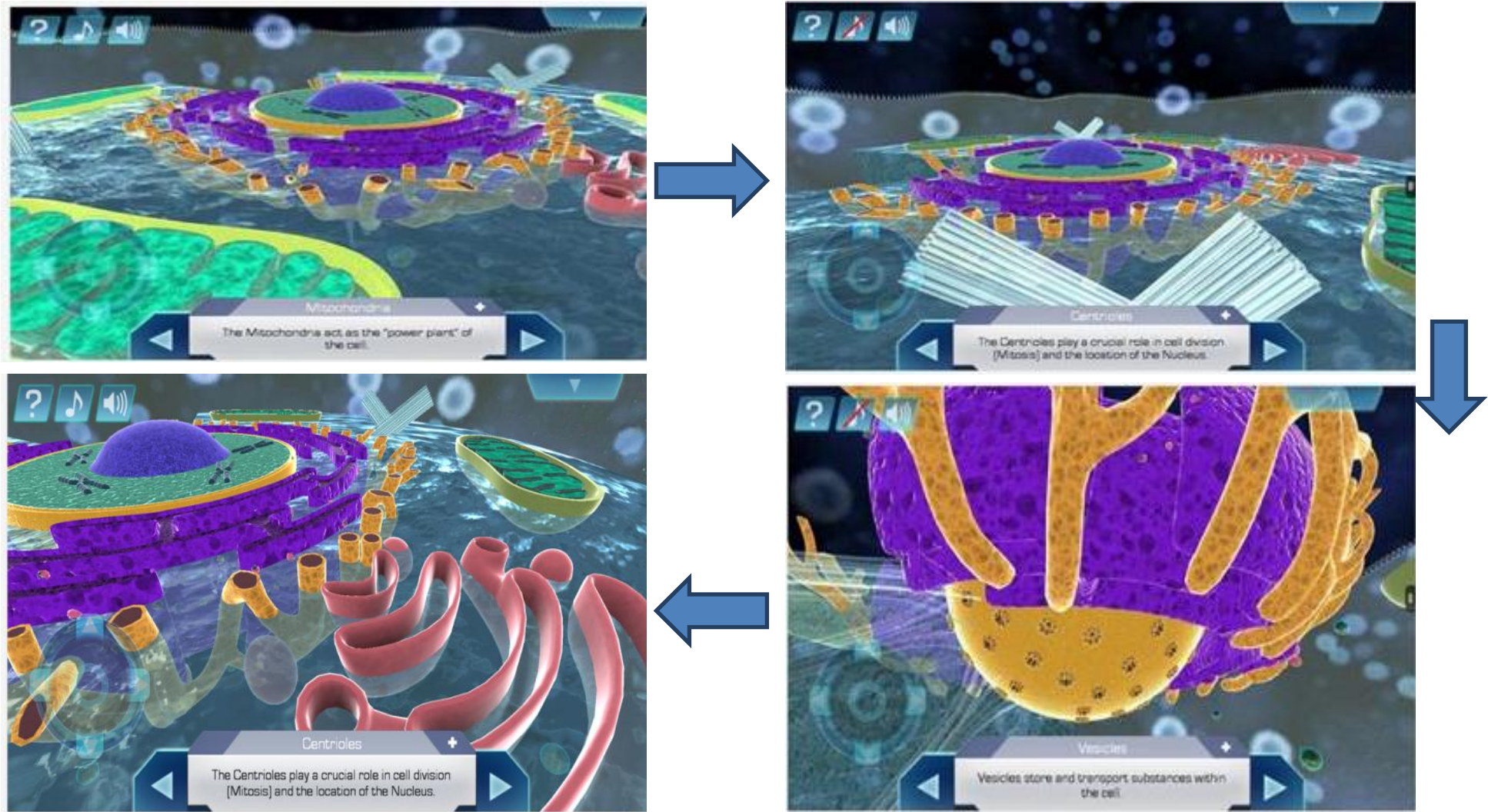
Figura 29. Aplicativo “Cell World”



Fonte: VIEM (2014, s/p)²¹

²¹ <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.VIEW.CellWorld>

Figura 30. Resumo da Sequência do Aplicativo “Cell World”



Fonte: VIEM (2014, s/p).

Nesses slides do aplicativo “Cell World”, observamos as fortes cores que destacam toda a estrutura celular. Ressaltamos que até o momento de acesso esse aplicativo foi baixado por 1.199 pessoas, com vários comentários positivos sobre a proposta (ótimo, prático e interativo).

5.4.2.2 O Aplicativo “iCell”

O Aplicativo “iCell” foi desenvolvido por “HudsonAlpha Institute for Biotechnology - HAIB” para telefonia móvel e *tablet*, sendo composto por 04 *slides* em 3D com ilustrações da estrutura celular e informações em inglês (figura 31 e 32).

Figura 31. Aplicativo “iCell”



Fonte: HAIB (2013, s/p)²²

No aplicativo “iCell”, observamos os grupos procariontes (bactérias) e eucariontes (animais e vegetais), destacando os três tipos de células, cada um com sua particularidade. Ressaltamos que o aplicativo foi baixado por 1.173 pessoas, com comentários sobre a proposta (excelente, didático e ter mais conteúdo).

²²https://play.google.com/store/apps/details?id=org.hudsonalpha.icell&hl=pt_BR

Figura 32. Resumo da Sequência do Aplicativo “iCell”



Fonte: HAIB (2013, s/p).

Após este momento passamos as considerações do estudante (E1), o diálogo sobre esses aplicativos (quadro 42).

Quadro 42. Diálogo sobre os aplicativos

E	Diálogo
PP	- “xx chegasse a baixar o aplicativo?”
E1	- “Baixei dois”
PP	- “E aí o que tu achasse?”
E1	- “Achei incrível, véi. Eu achei muito melhor do que a gente estudou até agora, no celular fica massa”.
PP	- “Quer dizer que no celular tu gostasses foi?”.
E1	- “Gostei bastante”.
PP	- “Qual foi o que tu baixasse?”.
E1	- “iCell e Cell World”.
A8	- “Mas tá em inglês esse aqui”.
E1	- “Agora é, o coisa é que ele é em inglês, mas a gente pode pensar assim é, multidisciplinar. A disciplina de inglês, eles traduzirem, fica bem interessante, trabalhar o inglês com o conceito de célula”.
PP	- “Pra poder ajudar na linguagem né”.
E1	- “É bom que você dá pra vê assim em 3D, bem explicadinho”.
PP	- “Mas você gostou?”.
E1	- “Eu achei muito bom”.
PP	- “Do iCell e do Cell World” . “Mas tu gostasse mais de qual? Do iCell?”
E1	- “Do Cell World”.
PP	- “Mas por quê?”.
E1	- “Porque o gráfico dele é melhor”.
PP	- “O gráfico mesmo, a estrutura gráfica é melhor. O design né. Mas não é em inglês? Isso só poderia trabalhar (...)”.
E1	- “Não, assim independente de ser inglês, eu acho que assim, trabalhar com o aluno a gente pode até ir informando o que é a estrutura e falando”.
E8	- “Trabalha a imagem”.
E1	- “Mesmo se o aluno não souber o que o inglês, mas só a imagem, questão de vê à imagem,

...continuação do quadro 42.

	trabalhar, porque você vai ver em 3D, vai ver a estrutura tudo em 3D”.
E8	- “Viaja”.
E1	- “Dentro da célula mesmo, você entra, sai e volta. Achei bem interessante”.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (Estudantes), PP (Professor/Pesquisador), xx - nome do estudante, (...) - não completou a frase.

Percebemos nesta discussão sobre os aplicativos, enquanto ferramenta didática para o ensino e a aprendizagem do conceito de célula, que o estudante E1 considerou essa proposta mais significativa que a anterior (*sítes* do MEC). Um ponto a considerar foi que o aplicativo sendo em inglês, que mesmo para alguns poderia ser uma barreira para o ensino sobre a célula em sala de aula, o estudantes pontuou que poderia ser realizada uma atividade em conjunto com o professor de idiomas, de forma multidisciplinar.

Neste sentido, ainda foi além, pois mesmo que não fosse possível realizar tal proposta com outra disciplina, nada impediria a atividade, pois poderia ser trabalhado apenas o imagético da proposta. Assim, o estudante demonstrou capacidade em construir a atividade a partir do que o material pode ser explorado.

A seguir, partimos para o V Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem, o qual versou sobre o valor didático das imagens relacionadas ao conceito de célula.

5.5 - V Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem: O Valor Didático das Imagens

Este penúltimo Momento da SEA, versou sobre a análise do valor didático de imagens relacionadas ao conceito de célula em livros didáticos do Ensino Médio, utilizando o referencial teórico da Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM).

Teve como objetivo propiciar aos estudantes uma oportunidade de refletirem sobre o papel das imagens, enquanto ferramenta no processo de ensino-aprendizagem e no seu uso e aplicação durante as aulas.

Para tanto este momento foi realizado em dois encontros. O primeiro consistiu numa explanação sobre a TCAM e suas implicações para a aprendizagem de conceitos, visando oportunizar aos estudantes informações sobre os pressupostos teóricos e principalmente metodológicos da teoria. No segundo momento, houve a entrega do material para ser analisado (livros didáticos).

5.5.1 I Encontro: Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM) - Breves Considerações.

Esse encontro foi realizado no dia 06.05.2015, no Laboratório de Didática, das 18:30h às 21:30h. A aula foi expositiva/dialogada, com uso de *data show*, ppt, áudio, videogravação e máquina digital. Apresentamos aos estudantes a Teoria Cognitivista da Aprendizagem Multimídia (TCAM), procurando explicar sobre a importância do uso de imagens para a construção de conceito e significado no Ensino de Ciências e destacando a sua metodologia, que serviria como aporte para a nossa análise imagética.

Apresentamos inicialmente a metodologia de análise imagética proposta por Mayer (2005), que se vale de princípios para analisar o valor didático das imagens (ilustrações). Posteriormente à apresentação, conversamos com os estudantes e propomos a cada grupo instituídos anteriormente (A, B, C e D), que procurassem realizar a atividade nos livros de Biologia do Ensino Médio, focando os capítulos que abordassem o conceito de célula (eucarionte animal).

Para a realização da atividade proposta os estudantes escolheram quatro livros da coleção de Biologia do Ensino Médio aprovados pelo PNLD, em 2014, e que faziam parte do acervo da escola, na qual os mesmos estavam realizando o estágio curricular obrigatório.

Assim, captamos os livros que os grupos estavam trabalhando nas suas respectivas escolas (Quadro 43), sendo selecionados:

Quadro 43. Livros utilizados na intervenção

	Classificação/ Livros Didáticos do Ensino Médio (LDEM)	Ano	Nível de Ensino	Título	Editora	Autores
1	LDEM	2014	1º Ano EM	Biologia	Saraiva	CESAR, S. JR.; SEZAR, S.; CALDINI JR., N.
2	LDEM	2014	1º Ano EM	Conexões com a Biologia	Moderna	BROCKELMANN, R. H.
3	LDEM	2014	1º Ano EM	Biologia	AJS	MENDOÇA, V. L.
4	LDEM	2014	1º Ano EM	Biologia Hoje	Ática	LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F.

Fonte: MEC (2014).

Após as escolhas dos livros utilizamos os critérios de análise das imagens. Para a análise de imagens nesses LD, Mayer (2001) apud Coutinho et al. (2010) consideram a existência de ilustrações sem e com Valor Didático, sendo classificada em quatro categorias:

- **Decorativas (D):** ilustrações presentes para interessar ou entreter o leitor, mas que não acrescentam informação ao trecho em questão.
- **Representacionais (R):** ilustrações que representam um único elemento.
- **Organizacionais (O):** ilustrações que representam relações entre os elementos.
- **Explicativas (E):** ilustrações que explicam como um sistema funciona.

Para a análise imagética da célula nos LD, utilizamos as propostas da TCAM e observamos as imagens sem e com Valor Didático (VD): Decorativas (D), Representacionais (R), Organizacionais (O) e Explicativas (E).

As imagens de Valor Didático são analisadas na perspectiva da redução de processamento estranho e estão relacionadas ao Princípio da Coerência (PC), da Sinalização (PS) e da Contiguidade Espacial (PCE). Assim, as imagens precisam está em conformidade com esses princípios instrucionais e para isso, Coutinho et al. (2010) atribuíram critérios para serem considerados (quadro 44).

Quadro 44. Relação entre os princípios multimídias e os critérios de exclusão das imagens.

Princípios	Crítérios de Análise
Coerência: considera que o material apresentado dito supérfluo ou irrelevante é suprimido, pois o material irrelevante compete por fontes cognitivas podendo desviar a atenção dos componentes importantes da lição ou dificultar a organização do conhecimento ou ainda direcionar o leitor a organizar os componentes em torno de um tema inapropriado.	Não satisfatório as imagens com elementos desnecessários, antropomorfizações, altamente complexos, desproporcionais em relação ao contexto e com erro conceitual.
Sinalização: considera que a mensagem inclui guias tipográficos ou linguísticos e técnicas de <i>layout</i> que organizam o foco do leitor para o material relevante, pois o leva a focar elementos importantes para os objetivos da lição e facilitar a seleção e organização na memória.	Não satisfatório as imagens que não possuam destaques nítidos para as estruturas ou processos relacionados ao conceito, ausência de cores, falta de nomeação de elementos relevantes de modo destacado ou ainda a falta de inserções de aviso às imagens.
Contiguidade Espacial: considera que as	Não satisfatório quando na página, a imagem e o

...continuação do quadro 44.

<p>palavras e imagens correspondentes devem ser apresentadas o mais próxima uma da outra na página. Assim, o leitor não precisa usar de seus recursos cognitivos realizando uma busca visual na página ou em páginas distantes, atrás da imagem, o que colabora para que as informações na memória sejam armazenadas mais facilmente.</p>	<p>texto não ocuparem o mesmo quadrante, ou não estiverem lado a lado ou não estiver próximo, mesmo que em quadrantes diferentes.</p>
---	---

Fonte: Adaptado de Coutinho et al. (2010).

De posse desses princípios e critérios os estudantes partiram para análise dos capítulos que traziam imagens relacionadas ao conceito de célula, especificamente figuras da célula eucarionte animal.

5.5.2 II Encontro: Análise Imagética

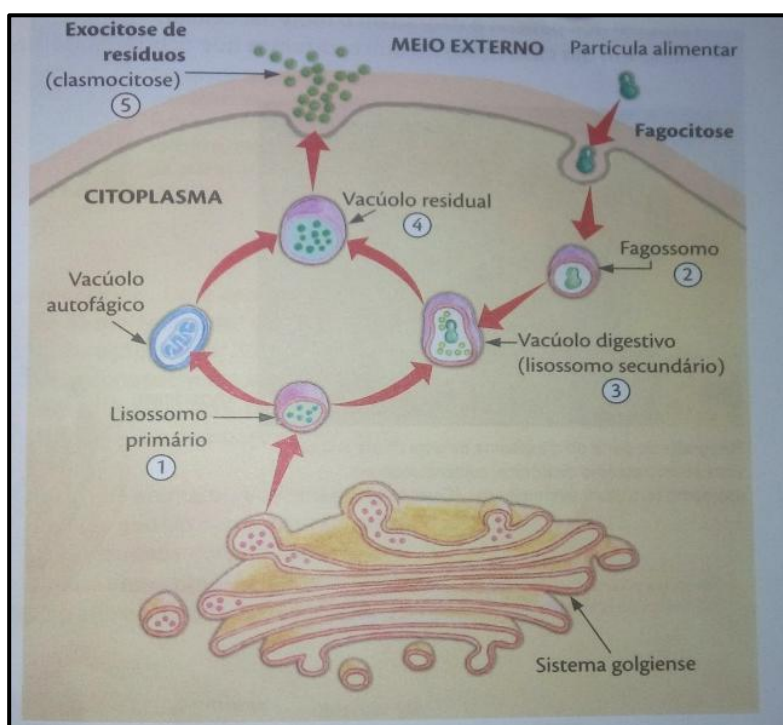
Este encontro foi realizado no dia 27.05.2015. A aula foi realizada no Laboratório de Didática, das 18:30h às 21:30h (3h/aula). Os grupos entregaram a sua análise acerca das imagens, dos capítulos selecionados, nos livros de Biologia do Ensino Médio e passamos para as discussões sobre a atividade.

Ressaltamos que, as imagens aqui selecionadas, surgem como exemplo, dos desvios imagéticos apresentados e apontados pelos estudantes com relação ao seu valor didático. Consideramos também, para melhor visualização dessas ilustrações e dos desvios, houve uma ampliação das mesmas pelo recurso computacional.

O **Grupo A** ficou com a análise imagética no livro N°01, Biologia - Cesar; Sezar e Caldini. (2014).

Na pesquisa, os estudantes pontuaram 26 (vinte e seis) imagens referentes ao conceito de célula sendo 02 (duas) sem valor didático de caráter representacional e 24 (vinte e quatro) com valor didático, sendo 06 (organizacionais) e 18 (dezoito) explicativas. Sobre os desvios de princípios imagéticos apontados pelos estudantes nessas imagens, houve apenas 01 (um) - explicativa/sinalização, conforme a (figura 33), a seguir.

Figura 33. Imagem Explicativa - Desvio de sinalização (Grupo A).



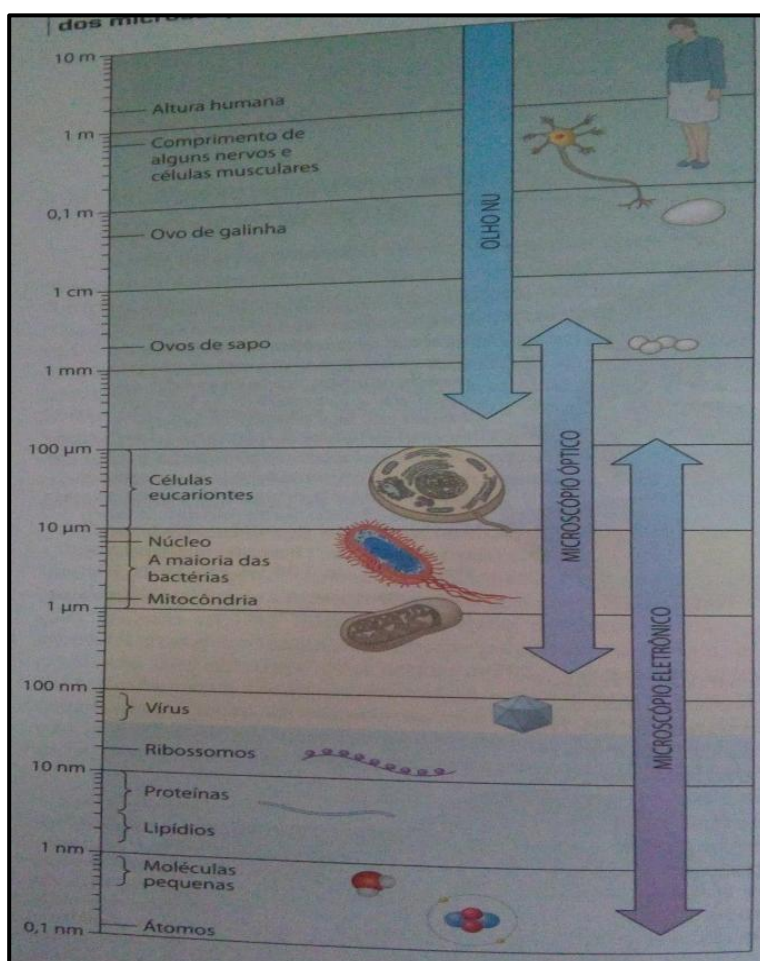
Fonte: Cesar; Sezar e Caldini. (2014, p. 245).

Os estudantes destacaram que na ilustração sobre o processo de exocitose nos lisossomos, não ficou claro o início e o fim, o que poderia dificultar a compreensão do aluno.

O **Grupo B** ficou com a análise do livro N^o02, *Biologia em Contexto - Amabis e Martho* (2014).

Na pesquisa, os estudantes pontuaram 12 imagens (ilustrativas) distribuídas nos capítulos referentes ao conceito de célula. Nesse bojo, as ilustrações de Valor não Didático (VnD) foram 03 (três) imagens representacionais. Enquanto que, as de valor didático compreenderam 09 imagens, sendo 08 organizacionais e 01 explicativa. Para tanto, apenas a imagem explicativa apontou desvio de coerência (figura 34).

Figura 34. Imagem Explicativa - Desvio de Coerência (Grupo B)



Fonte: Brockelmann (2014, p. 112).

No exemplo acima, a imagem explicativa apresentou desvio no princípio de coerência. De acordo com o grupo a imagem acima mostra as dimensões de cada componente que podemos enxergar a olho nu até o limite do microscópio eletrônico. “Isso é importante para a construção da noção de tamanho, porém, achamos confuso esse método utilizado para mostrar a diferença de tamanho dos componentes. Assim, acreditamos que não ficou muito clara a organização estrutural da proposta escalar.

Neste contexto, percebemos que esse grupo foi além da análise mediada pela TCAM, pois, em muitos de seus comentários houve pontuações sobre a necessidade de mostrar ao aluno as diferenças entre imagem ilustrativa e imagem fotográfica, demonstrando a percepção entre o imaginário e o “real”.

Grupo B: “A ideia real da morfologia da organela lúdica é distante da realidade, por ser apenas uma representação. O bom seria mostrar outra foto que se assemelhe mais a realidade, para o aluno possa construir essa noção do que é uma célula. Então, mais uma vez, cabe ao professor construir essa ideia para seus alunos, pois o livro por si só, não consegue é limitado”.

Grupo B: “Representações esquemáticas das organelas utilizadas para auxiliar a aprendizagem do aluno no livro, deixa a construção da ideia de célula e organelas muito lúdica, haveria de ter mais fotos de lâminas e micrografias para complementar o entendimento pelos alunos”.

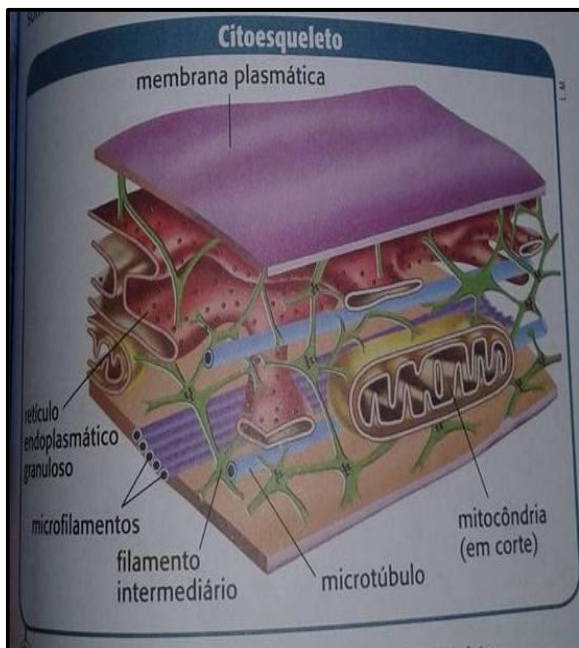
Assim, percebemos que o grupo não só se preocupou na análise imagética proposta pela teoria, mas refletiu sobre o papel das imagens ilustrativas e reais e também, do professor, mediando às imagens no processo de aprendizagem do conceito.

O **Grupo C** ficou com a análise do livro Nº03, Biologia - Mendonça (2014). Na pesquisa, os estudantes pontuaram 17 imagens (ilustrativas) distribuídas nos capítulos referentes ao conceito de célula. Nesse bojo, as ilustrações de valor não didático foram apenas representacionais num quantitativo de 09 (nove) imagens. Enquanto as de valor didático compreenderam 08 imagens, sendo 03 organizacionais e 05 explicativas.

Todas as imagens de valor didático apresentaram desvio segundo os princípios imagéticos (coerência, sinalização e contiguidade espacial) estabelecidos por Mayer (2005), destacados na pesquisa de Coutinho et al. (2010) e utilizados como referência para a análise das ilustrações.

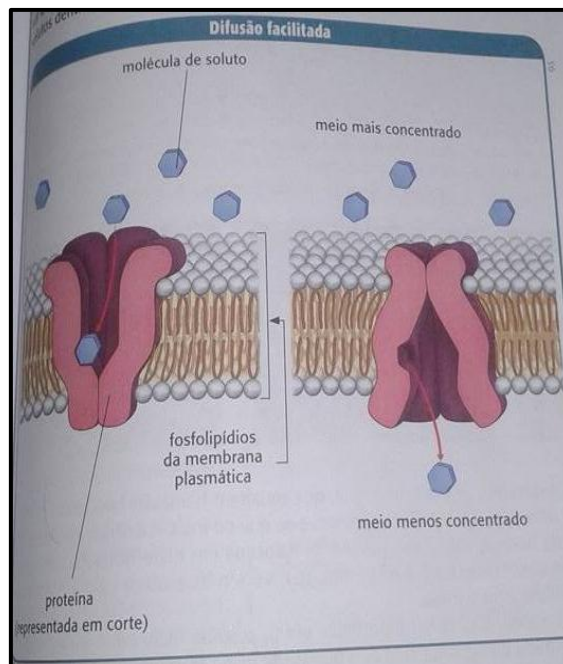
Nas imagens organizacionais houve desvio de contiguidade espacial - 02 (duas), cujas imagens e o texto não estão próximos, o que pode dificultar na aprendizagem do estudante. Também, houve desvio na coerência e na sinalização - 01 (uma). Nas imagens explicativas, 04 (quatro) ilustrações apresentaram desvio de coerência e sinalização e 01 apenas de sinalização, conforme (figuras 35 e 36), a seguir.

Figura 35. Imagem organizacional. Desvio de coerência e sinalização (Grupo C).



Fonte: Mendonça (2014, p.177).

Figura 36. Imagem explicativa. Desvio de coerência e sinalização (Grupo C).



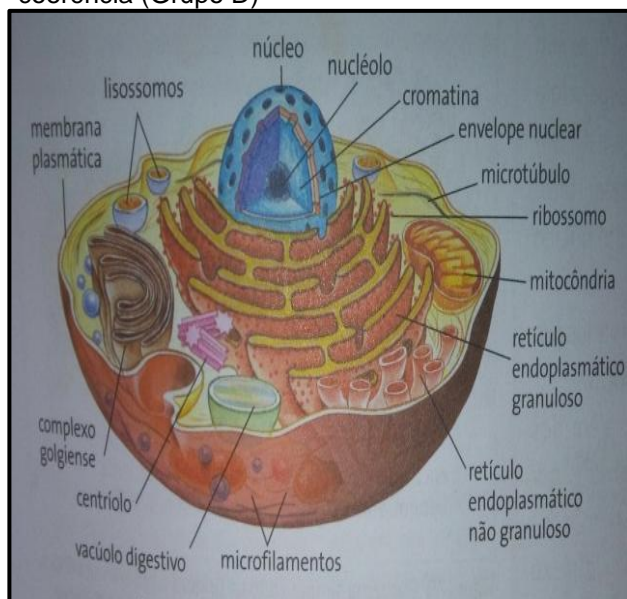
Fonte: Mendonça (2014, p.193).

Nas imagens acima, não estavam presentes informações sobre o tamanho “não real” (coerência) e nem a coloração “cor fantasia” (sinalização). O que poderia dar a impressão ao estudante que a imagem seria uma projeção real da estrutura celular em dimensão e cor.

Após a análise, um dos estudantes (E3) pontuou que por causa da proposta sobre a análise imagética nos livros de biologia, procurou organizar melhor suas aulas sobre célula. Ele destacou: “Eu nem olhava isso direito (E3)”. “Mas agora você percebe (PP)”. Dessa forma, a partir da análise o estudante começou a observar com mais atenção às ilustrações presentes nas abordagens de seus conteúdos.

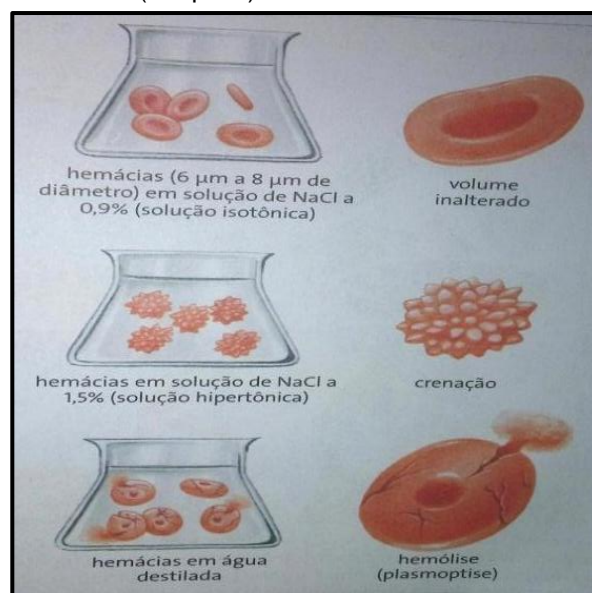
O **Grupo D** ficou com a análise do livro N°04, Biologia Hoje - Linhares e Gewandszajder (2014). Na pesquisa, os estudantes pontuaram apenas 10 imagens referentes ao conceito de célula. Nesse contexto, houve apenas ilustrações de valor didático, sendo 05 organizacionais e 05 explicativas, sendo que 05 apresentaram desvios. Nas organizacionais, observaram 02 desvios de coerência e nas explicativas, foram 03, sendo 02 com desvio de coerência e 01 com sinalização, como ilustrado nas figuras 37 e 38.

Figura 37. Imagem organizacional. Desvio de coerência (Grupo D)



Fonte: Linhares e Gewandsznajder (2014, p.79).

Figura 38. Imagem Explicativa. Desvio de coerência (Grupo D).



Fonte: Linhares e Gewandsznajder (2014, p.87).

Na primeira ilustração, os estudantes apontaram o desvio de coerência, pois quando de sua apresentação no livro, às imagens estava num “tamanho grande” se considerado que a descrição da legenda apontava para 10 a 50 micrometros. A segunda imagem, apresentou o mesmo desvio e no mesmo contexto descrito anteriormente. Segundo o grupo, isso poderia induzir o aluno numa percepção de que o micrometro equivaleria aquele tamanho ou a outras interpretações.

Por fim, cabe aqui um panorama das análises das imagens referentes ao conceito de célula, realizadas pelos grupos nos livros didáticos. No quadro a seguir, temos a distribuição das imagens por livros, enquanto valor não didático (VnD) e valor didático (VD).

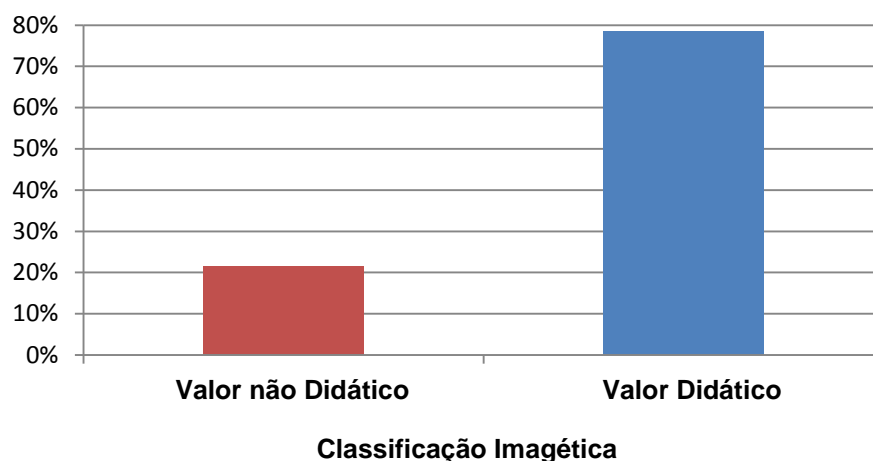
Quadro 45. Classificação das Imagens no LD.

LD	Valor não Didático		Valor Didático		Quantitativo
	Decorativas	Representacionais	Organizacionais	Explicativas	
1	0	2	6	18	26
2	0	3	8	1	12
3	0	9	3	5	17
4	0	0	5	5	10
Total	0	14	22	29	65

Fonte: O Autor.

Foram analisadas 65 imagens, considerando os 04 LD, que foram classificadas em VnD (decorativas e representacionais) e VD (organizacionais e explicativas), conforme a figura 39.

Figura 39. Quantitativo de Imagens reunidas (VD e VnD) nos LD



Fonte: Elaborado pelo Autor

Nas imagens de VnD perfizeram um total de 14 (**21,54%**), todas do tipo representacional, não houve presença de imagens decorativas. As imagens de VD representaram um total de 51 (**78,46%**) ilustrações, sendo 22 (33,85%) organizacionais e 29 (44,61%) de explicativas. As imagens que se enquadrarem nas classificações decorativas e representacionais são agrupadas em “sem valor instrucional” e as organizacionais e explicativas são consideradas “com valor instrucional” (COUTINHO et al., 2010).

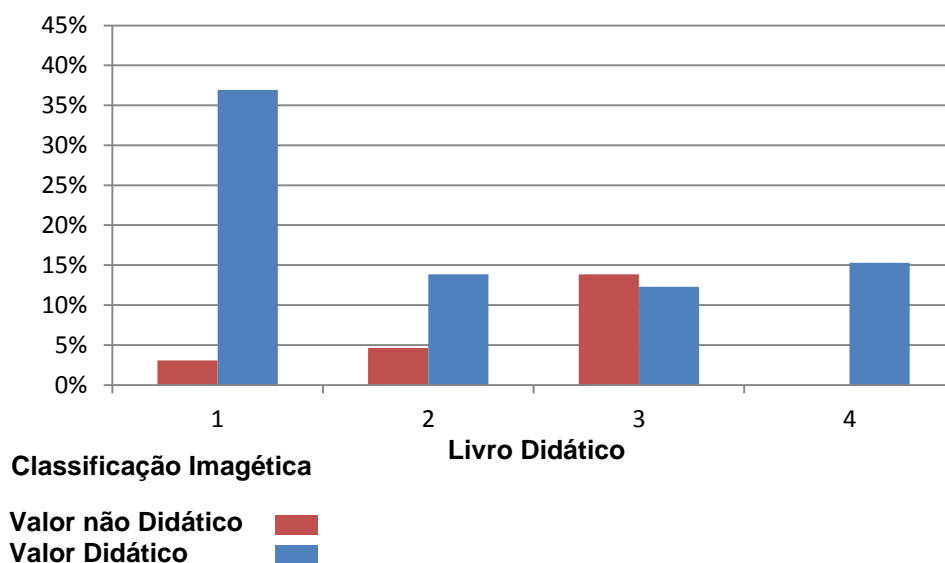
Noutro momento, no que concerne à distribuição das imagens por livros, enquanto VnD (representacionais) e VD (organizacionais e explicativas) destacamos que:

O **Livro N.01** apresentou um quantitativo geral de 26 (40%) de imagens (VnD + VD), dessas 02 (3,08%) foram representacionais, 06 (9,23%) organizacionais e 18 (27,69%) explicativas. O **Livro N.02** apresentou 12 (18,46%) das imagens, sendo 03 (4,61%) representacionais, 08 (12,32%) organizacionais e 01 (1,54%) explicativas. O **Livro N.03** compreendeu 17 (26,15%) das imagens, em que 09 (13,85%) foram representacionais, 03 (4,61%) organizacionais e 05 (7,69%) explicativas. O **Livro N.04** apresentou apenas 10 (15,38%) das imagens, sendo 05 (7,69%)

organizacionais e 05 (7,69%) explicativas, não houve imagens representacionais nesse livro.

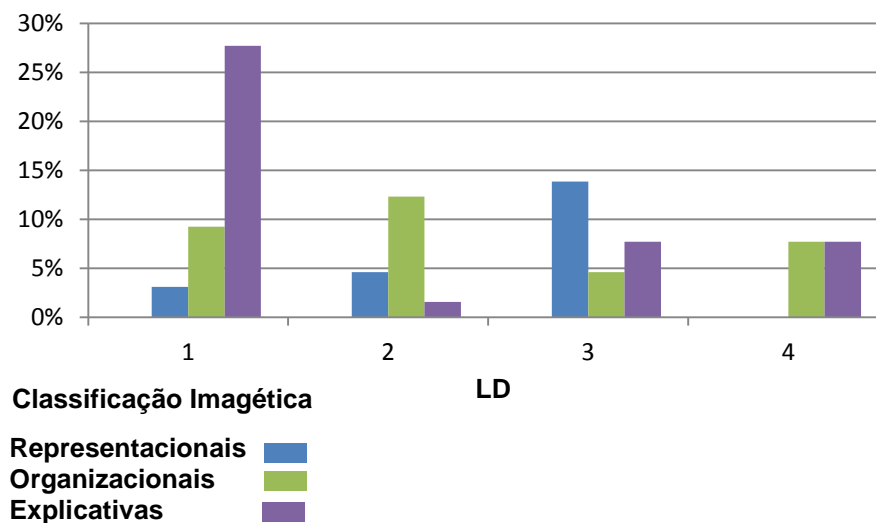
A seguir, temos a distribuição imagética por LD enquanto (VnD - representacionais) e VD (organizacionais + explicativas). Também, enquanto tipo (representacionais, organizacionais e explicativas) e um quantitativo geral dessa distribuição reunida a partir dos LD, conformes figuras (40, 41 e 42), respectivamente.

Figura 40. Quantitativo de imagens (VD e VnD) por LD

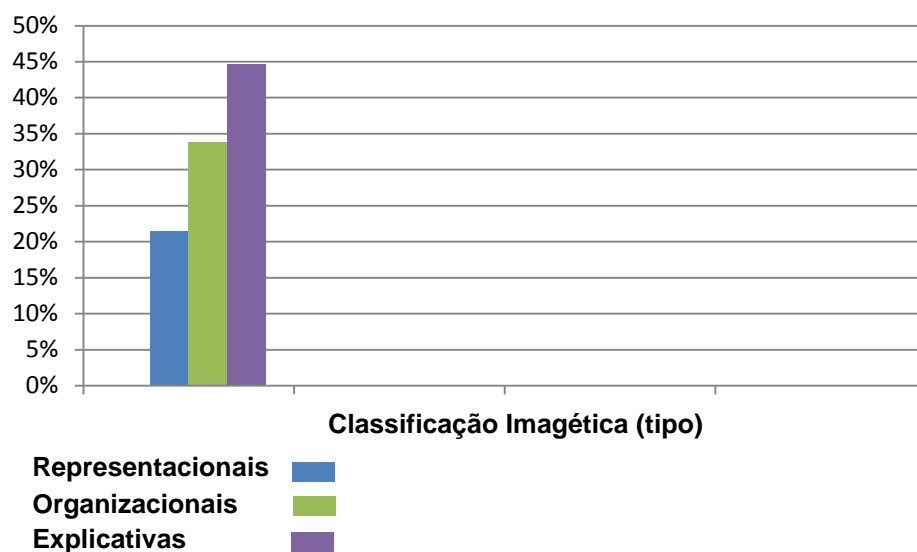


Fonte: O Autor

Figura 41. Quantitativo de imagens individuais, por tipo nos LD



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 42. Quantitativo de imagens conjuntas, por tipo nos LD

Fonte: Elaborado pelo Autor

Noutro momento, discutimos sobre os princípios (coerência, sinalização e contiguidade espacial) observados nas imagens de VD (organizacionais e explicativas).

O princípio de coerência afirma que o aluno aprende melhor quando o material supérfluo ou irrelevante, mesmo que interessante, é suprimido (COUTINHO et al., 2010). Pois, para Mayer (2001) o material irrelevante pode desviar a atenção dos componentes relevantes da lição, dificultar a organização do conhecimento ou levar o aluno a organizar os componentes em torno de um tema inapropriado.

No princípio de sinalização os alunos aprendem de maneira mais eficiente quando são utilizadas técnicas sinalizadoras que organizem o foco do leitor para o material relevante (BARBOSA et al., 2011). Assim, direcionar a atenção do aluno leva-o a focar os elementos importantes para os objetivos da lição e facilita a seleção e organização da mensagem a ser operada (MAYER, 2005).

O princípio de contiguidade diz respeito à distribuição espacial das palavras e imagens na página, considerando que, o aluno aprende melhor quando as palavras e imagens correspondentes são apresentadas o mais próximo uma da outra na página. Neste caso, o leitor não tem que usar seus recursos cognitivos para uma busca visual na página ou em páginas distantes, facilitando o armazenamento de informações na memória (COUTINHO, 2010; MAYER, 2001).

Neste sentido, quando esses princípios destacados anteriormente, não estão em consonância com a TCAM, acabam por apresentarem “desvios”. No quadro 46, temos as imagens de VD e que apresentaram desvios e posteriormente, a distribuição em percentuais dessa análise.

Quadro 46. Imagens VD com desvios de princípios imagéticos.

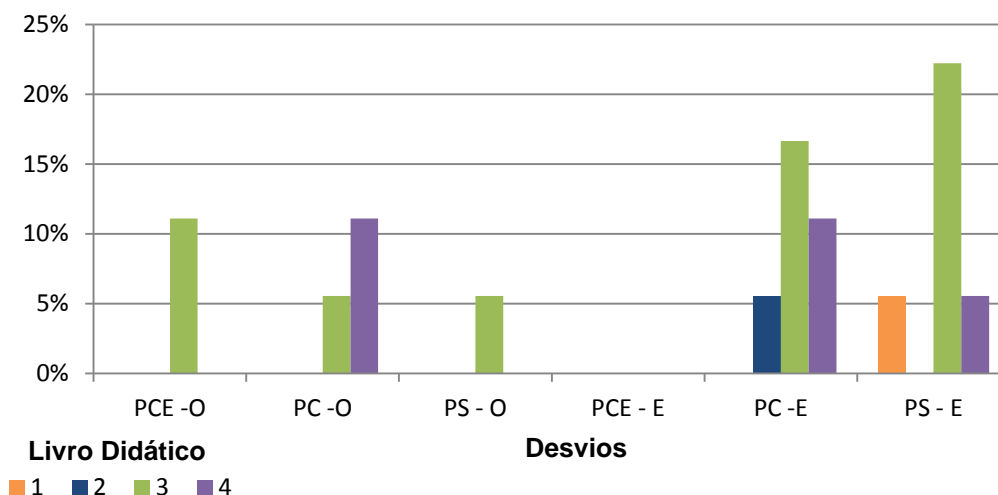
LD	VD Organizacionais			VD Explicativas			Quantitativo
	PCE	PC	PS	PCE	PC	PS	
1	0	0	0	0	0	1	1
2	0	0	0	0	1	0	1
3	2	1	1	0	3	4	11
4	0	2	0	0	2	1	5
Total	2	3	1	0	6	6	18

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir do quadro acima, observamos um quantitativo de 18 imagens de VD que apresentaram desvio imagético. O **Livro N.01** apresentou apenas 01 (5,56%) no princípio de sinalização para as imagens explicativas. No **Livro N.02** houve também apenas 01 (5,56%) para as imagens explicativas, mas ao princípio de coerência.

O **Livro N.03** apresentou maior número de desvios em relação aos demais livros, 11 (61,11%), sendo 02 (11,11%) por congruência espacial, 01 (5,56%) por coerência e 01 (5,56%) por sinalização para as imagens organizacionais e 03 (16,66%) para coerência e 04 (22,22) para sinalização nas imagens explicativas. Por fim, o **Livro N.04** apresentou apenas 05 (27,78%), sendo 02 (11,11%) para coerência nas imagens organizacionais e 02 (11,11%) para coerência e 01 (5,56%) para sinalização, nas explicativas.

A seguir, nas figuras 43 e 44, temos um panorama desses desvios em percentuais gráficos, distribuídos por LD e o quantitativo geral (organizacionais e explicativas) a partir desses livros.

Figura 43. Quantitativo de Desvios por LD.

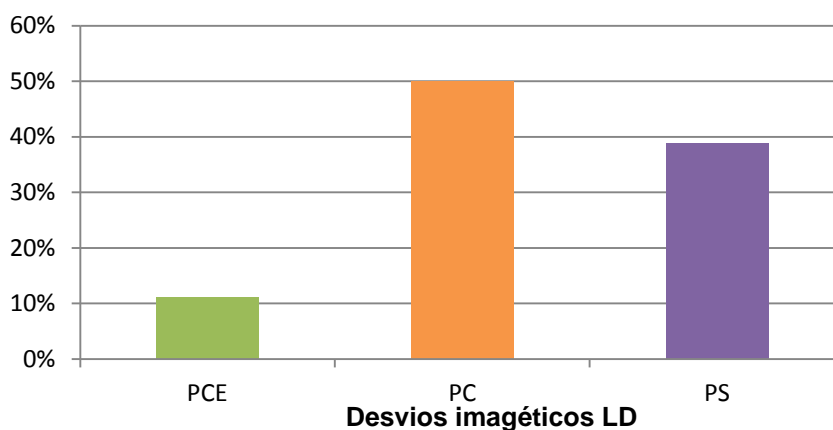
Livro 1 - Princípio da Sinalização (PS) - Explicativas

Livro 2 - Princípio da Coerência (PC) - Explicativas

Livro 3 - Princípio da Contiguidade Espacial (PCE), Coerência (PC) e Sinalização(PS) - Organizacionais e Princípio da Coerência (PC) e Sinalização (PS) - Explicativa

Livro 4 - Princípio da Coerência (PC) e Sinalização(PS) - Organizacionais e Princípio da Coerência (PC) e Sinalização (PS)-Explicativa

Fonte: O Autor

Figura 44. Quantitativo de Desvios Imagéticos (O+E) nos LD.

Desvios (Organizacionais + Explicativas)

PCE PC PS

Princípio da Contiguidade Espacial (PCE)

Princípio da Coerência (PC)

Princípio da Sinalização (PS)

Fonte: O Autor

No que concerne aos desvios imagéticos apresentados pelas imagens observadas nos LD, o livro N.03 com maior percentual, em que as organizacionais apresentaram desvio no princípio da contiguidade espacial e nas explicativas foi o princípio da sinalização. Por fim, reunindo os desvios (organizacionais + explicativas) o princípio da coerência se apresentou em maior proporção.

Por fim, estas análises foram realizadas com os estudantes, que puderam perceber como a TCAM se configura numa ferramenta que possibilita escolher, dentre coleções didáticas, os capítulos que tem uma apresentação imagética mais adequada para aprendizagem de determinados conteúdos específicos.

A seguir, partimos para o VI Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem, o qual versou as temáticas contemporâneas relacionadas ao conceito de célula.

5.6 - VI Momento da Sequência de Ensino Aprendizagem (SEA): Temas Contemporâneos

O VI Momento da SEA teve como objetivo trazer uma abordagem mais contemporânea da célula. Os temas contemporâneos em sala de aula permitiram o debate e a crítica, envolvendo os estudantes em situações contextualizadas.

Este momento da SEA foi realizado em dois encontros. O primeiro sobre a proposta da temática e escolhas dos temas para o desenvolvimento da pesquisa e posteriormente, a apresentação e discussão dos temas por meio de seminário.

5.6.1 I Encontro: Temas Contemporâneos - Breves Considerações

Este Encontro foi também realizado no dia 27/05/2015 no Laboratório de Didática, das 18:30h às 21:30h. A aula foi expositiva/dialogada, com uso de data show, ppt, áudio, videogravação e máquina digital.

Para tanto, apresentamos a proposta aos estudantes sobre Temas da Contemporaneidade elencando a célula como percussora dessas temáticas. Buscamos conversar com os grupos e propomos quatro temas que envolviam o conceito de célula.

Assim, destacamos: Clonagem, Células-Tronco, Câncer e Transplante de Medula Óssea (TMO). Os grupos teriam que apresentar um seminário com as referidas temáticas procurando oportunizar as discussões numa proposta aproximada sobre a ótica “Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS”.

5.6.2 II Encontro: Apresentação dos Temas Contemporâneos

Este encontro foi no dia 10/06/2015 no Laboratório de Didática, das 18:30h às 21:30h (3h/aula).

Os grupos apresentaram seus seminários sobre os temas da contemporaneidade (Câncer, Célula Troncos, Transplante de Medula Óssea e Clonagem). Para a aula foram utilizados os recursos de *data show*, ppt, áudio e videogravação. Os grupos tinham 30 minutos para apresentação e 15 minutos para

o desenvolvimento da temática com a turma e ao final, deveriam entregaram o plano de aula referente à atividade.

O **Grupo A** ficou com o tema Transplante de Medula Óssea (TMO). Na abordagem do tema o grupo pontuou sobre: O que seria medula óssea, as doenças relacionadas (ex. leucemias) e como ser doador. No contexto, houve abordagem sobre as células-tronco como a alternativa no processo de transplante e momentos sobre curiosidades (medula amarela e vermelha),

Finalizado a apresentação, o grupo também destacou sobre a importância da doação de medula e explanou sobre a Associação da Medula Óssea (AMEO), oportunizando a refletirmos sobre a necessidade da doação e ao espírito solidário (figura 45).

Figura 45. Associação da Medula Óssea (AMEO).



Fonte: AMEO (2011, s/p)²³

Neste sentido, juntamente com o grupo, os demais estudantes relataram sobre a dificuldade de informações sobre o tema nos livros didáticos ou mesmo em *sites* para a sua abordagem. Os integrantes relatam que nos livros esses temas são colocados como um tópico de “curiosidade”, não existe um tópico específico para abordagem do assunto. Muitas vezes é apresentado no final do capítulo ou após os exercícios, nunca é apresentado como um assunto referente ao capítulo.

Neste íterim, os estudantes explanam ainda que a abordagem dessa temática e de outras em sala de aula pelo docente é bastante complexa e muitas vezes, o próprio professor não tem interesse em ensinar.

²³ - Disponível em: <<http://o2churchtaipas.blogspot.com.br/2011/05/um-pouco-de-voce-pode-salvar-muitas.html>>. Acesso em 11.05.15.

No quadro, a seguir, temos uma breve consideração sobre essa prerrogativa, acerca das dificuldades em abordar temas contemporâneos, especificamente o TMO.

Quadro 47. Breves considerações sobre o tema contemporâneo TMO.

E	Diálogo
E1	- “O professor não quer”.
E14	- “Se o professor não sabe responder fica intimidado”.
E9	- “Envolve muita política, religião e ética”.
E14	- “O professor que não está acostumado fica difícil”.
E10	- “É um tema complexo”.

Fonte: O Autor.

Para tanto, estas prerrogativas acima são destacadas nas discussões de Reis, (2001); Reis e Galvão (2005) e Silva (2007), quanto enfatizam que sempre as temáticas estão integradas aos conteúdos planejados, surgindo de modo inusitado na sala de aula e o professor precisa mobilizar ações para o desenvolvimento de atitudes, de autonomia intelectual e do pensamento crítico. Noutro ponto, Oliveira e Rezler (2009), enfatizam que a ausência dos conhecimentos necessários sobre aspectos: biológicos, éticos, morais, econômicos, sociais e políticos, que envolvem muitos dos conteúdos, o que faz com que o docente evite discussões com os estudantes, pois não possuem propriedade para lidar com os questionamentos e as dúvidas que podem emergir.

O **Grupo B** ficou com o tema células-tronco. Na abordagem do tema o grupo pontou sobre: células-troncos (adultas e embrionárias), a aplicação - uso em humanos (Infarto: morte celular - necrose, doença de chagas, entre outros problemas cardíacos); Lesões da medula espinhal (acidentes que causam lesão na medula - nervos); Doenças degenerativas (Alzheimer, Parkinson) e usos alternativos (Cirurgias plásticas reparadoras e estéticas, tratamento de fertilidade, tratamento de diabetes, reconstituição da córnea, reposição de dentes e transplantes).

O grupo também discorreu sobre a problemática na utilização das Células-Tronco, argumentando, onde começa a vida? E discutiram sobre as dificuldades no desenvolvimento da pesquisa relacionadas ao uso de embriões congelados. Destacaram que a discussão sobre o uso das células-tronco envolve principalmente a ordem religiosa, pois, ferem os direitos à vida e a ética. Por fim, a Lei de

Biossegurança, que surgiu para equacionar a discussão e permitir o uso dos embriões congelados para fins científicos.

Sobre estas prerrogativas o grupo apontou as barreiras para uso e aplicação das células-tronco e os interesses da ciência, devido aos aspectos éticos e religiosos, baseados no respeito à vida, o que seria vida? Os quais comentam no quadro 48, a seguir.

Quadro 48. Diálogo sobre o tema contemporâneo (Células-Tronco)

E	Diálogo
E9	- “O problema da utilização das células-tronco, principalmente, as embrionárias é que as pesquisas em gerais são feitas células-tronco adultas, mas, porém, como vimos que as células-tronco embrionárias podem se transformar em qualquer um dos tipos de células que nós queremos ou precisamos, o foco é nela querendo ou não. Agora o problema é da resistência da igreja católica não, a resistência da igreja cristã como um todo, porque querendo ou não se for uma célula embrionária vai causar a destruição do embrião. O que você considera como vida, a partir do 15º dia de desenvolvimento ou se adaptar a fecundação. A igreja tem muita questão disso, tem algumas igrejas que são contra aos métodos alternativos, pílula do dia seguinte já tem a terminação, vai causar um aborto, então isso é muito mais acima. E se a gente for pensar nisso o ser humano é uma desgraça, falando sério, ele vai pensar logo em que, ganhar dinheiro, e como ganhar dinheiro? Comércio de embriões, traficante de embrião”.
E9	- “Pois é; então temos que pensar nessas questões todinhas, pois é muito fina essa lei. Então, é isso que eu estava falando, onde começa a vida? A gente sabe morte? Morte teoricamente todo mundo diz a parada do sistema nervoso, ou seja, a pessoa tá lá e teve morte cerebral tá morto, isso é o que a gente considera como morte. Agora vida, é a partir da fecundação, dizem que até 14 dias antes da fecundação não há diferenciação celular, então antes disso não seria considerado vida?”.
PP	- “O espermatozoide por si só não é uma célula viva?”.
E9	- “Pois é. Isso é uma questão que vai muito além disso”.
PP	- “Sem essas células tem como se reproduzir?”.
E14	- “Não”.
E9	- “Então a partir dessas questões, principalmente, aqui no Brasil que surgiram discussões no plenário, entrou questões de religião, entrou questões de lei”.
E1	- “(...) aqui no Brasil, só pode utilizar os embriões que estão congelados a mais de três anos, podem ser utilizados. Esses embriões de fertilização assistida. Embriões que não usam”.
E5	- “Essas questões dos embriões é muito polêmica, o que fazer depois com os embriões? (...) chega um momento em que a pessoa não conseguiu engravidar ou não quer mais, porque o processo é árduo e triste ao mesmo tempo. Essa lei foi, digamos assim, pra dá uma utilidade aos óvulos que estavam lá a mais de três anos, porque não se sabia ao certo o que fazer pela questão da ética, se jogava ou se incinerava; ninguém sabia o que fazer, então ficou uma coisa meio que vaga entre uma coisa e outra ai, nessa questão quando se trata de embriões”.
E1	- “Também, vai além de uma questão ética ou política, é também, uma questão filosófica. Pra quem trabalha com uma célula dessas lá, vai ajudar milhões de pessoas que estão numa fila que estão precisando de transplante. Pra eles vão salvar vidas, pra quem tá produzindo essas células, ao mesmo tempo a questão religiosa, eles estão o quê, tão matando uma vida. Porque até na Constituição Federal fala no quinto artigo se não me engano, fala que a vida é inviolável e a própria igreja católica também fala isso, que a vida é inviolável, ninguém tem poder sobre a vida, ninguém pode manipular a vida. Então, tem essa questão, uma questão filosófica, pra quem tá trabalhando com o embrião ele tá pensando em ajudar milhões pessoas, que estão precisando e quando lançou essa lei ai, muita gente ficou feliz que tava na fila de transplante, agora vai ser a minha oportunidade de ficar curado, de eu me curar, capaz de fazer coisas extraordinárias”.
E9	- “Então, o professor tem que mostrar aos alunos os termos, falando cientificamente é isso, isso e isso, agora é despertar o senso critico neles, a maioria vem com questões religiosas,

...continuação do quadro 48.

	também sou religiosa, eu considero que Deus..., mas eu vou mostrar como é que ocorre, não é bem assim, esses embriões ai vão ser descartados mesmo, já estão com um tempo de vida perdida, já que a vida vai ser perdida que seja perdida pra salvar outras, eu acho assim. Então eu acho que o papel do professor é despertar esse senso crítico e ser imparcial, só motivar os fatos, ai se o aluno o procurar, ele vai lá, vai ensinar e vai mostrar, então é isso”.
--	---

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Legenda: E (estudante), PP (professor/pesquisador).

Desta forma, percebemos a que o tema apresentando envolveu questões de ordem política, religiosa e ética e que muitas vezes, os sujeitos seguem essas diretrizes entre certo ou errado para se posicionar sobre a temática. Mas, compreendemos que o papel do professor está oportunizar o tema, abordá-lo e permitir a construção crítica de cada sujeito.

O **Grupo C** ficou com o tema Câncer. O grupo iniciou a sua apresentação a partir dos conhecimentos prévios dos demais estudantes sobre:

- Há diferenças entre câncer e tumor?
- O câncer pode ser contagioso?
- Qual a diferença entre tumores benignos e malignos?
- Todos os tipos de câncer levam a morte?
- É possível evitá-lo?

Posteriormente, apresentou um vídeo documentário do Jornal Nacional intitulado “como nasce o câncer”²⁴, com 5’:45” e seguiram a apresentação e explanaram do tema. Na abordagem, o grupo pontuou sobre o câncer (causas, classificação, diagnósticos e prevenção). Também, ressaltou o tema como um problema de saúde pública mundial, em que no Brasil, no ano de 2014, houve 576 mil novos casos, segundo dados do Ministério da Saúde (MS) relatados pelos estudantes.

Neste contexto, o grupo trouxe relatos de situações reais, destacando um fato de grande repercussão mundial, a partir da declaração da atriz Angelina Jolie (Figura 46).

²⁴ - <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/01/maioria-dos-tipos-de-cancer-comeca-por-acaso-afirma-pesquisa-americana.html>

Figura 46. Caso de Câncer

Atriz Angelina Jolie

Recentemente, optou por retirar as mamas após um exame identificou a possibilidade de que ela desenvolvesse um tumor nessa região.



Fonte: Domínio Público.

A atriz foi destaque em grandes jornais e TVs de todo o mundo, quando em seu pronunciamento falou da retirada de suas mamas, após o exame identificar um possível desenvolvimento de tumor na região.

Ressaltamos que esse espaço levou a todos (estudantes, professor/pesquisador e ouvinte) a falarem e a comentarem espontaneamente, sobre suas experiências com familiares e/ou com amigos, os quais foram acometidos da doença ou de outras patologias. Segue pequeno diálogo sobre esse momento, conforme o quadro 49, a seguir.

Quadro 49. Diálogo sobre o tema contemporâneo (Câncer).

Diálogo	
E	
PP	- “O nosso sistema público e a questão também, da qualidade do conhecimento dessa informação, porque precisa chegar ao nosso, é interessante, se não a gente acaba tentando cuidar dessa doença já tarde. Como exemplo, no caso da minha esposa que tinha um problema renal, ela só foi detectar o problema renal dela com 26 anos de idade, mas a infância inteira ela teve problemas, mas por informações, conhecimentos, que nunca chegaram e que poderia ter amenizado a dor. Hoje, não digo que poderia conter, mas que poderia ser mais tardio veio mais precocemente. Então essa informação ela tem que ser veiculada, ela tem que ser colocada pra sala de aula, para os seus alunos. Não importa se não está no livro, não importa se não está dentro do contexto escolar, mas esse tema tem que ser trazido, porque se não os alunos não conseguem ter essa informação corretamente e não conseguem compartilhar com os seus familiares”.
E12	- “Verdade”.
E5	- “Oh professor veja no caso assim. Eu tinha um nódulo no seio, ai eu sentia um caroço, ai eu fui ao médico e disse eu tenho um nódulo no seio e o médico olhava pra mim e dizia é invenção, você tem displasia de mama. Ai eu fiz uma ultrassom de mama, mostrou um nódulo, ai eu fui mostrei o exame a outro médico, mostrei a doutora com o resultado mostrando que tinha um nódulo tudinho. Eu pegava assim no nódulo, pegava mesmo assim ficava aquele caroço, eu dizia isso aqui é um nódulo e ela dizia não é. Como é que você pega no seu seio e fica aquela bola, chega a ficar parecido com uma pedra assim, solta na pele, ai ela olha na minha cara e diz que é mentira”.

...continuação do quadro 49.

E12	- "Diferença entre cisto e nódulo também, vocês sabem a diferença entre cisto que é líquido e nódulo que é sólido".
E5	- "Eu conseguir fazer a cirurgia, fiz redução de mama só pra tirar o nódulo (...). Porque fiquei com medo. Não fiz por vaidade, eu fiz porque tinha medo. Tinha três nódulos, um maior era... tinha uma massa branca (...)"
E2	- "Assim, cada pessoa conhece o seu corpo, a sua persistência pode ter te livrado de algo pior. A gente conhece o nosso corpo. A gente tem que persistir. Muitas vezes o médico diz que não é nada e vai deixando, tornando algo pior".
E12	- "Minha tia com 13 anos ela tirou ovário dela e ficou com um. Ela tirou um ovário, aí depois no seio cheio de cisto, depois apareceu um nódulo no reto e depois no fígado, mas não era câncer não era nada, só era cisto e nódulo, não era nada de ruim. Mas, agora é na tireoide dela, câncer pilífero, mas comum de ser tratado. Ela vai fazer a cirurgia e vai ficar tomar iodo, o tratamento é com iodo. Mas ela vive sempre em tratamento, procurando médico constante. O médico disse que em qualquer parte do corpo dela pode sair um nódulo ou cisto".

Fonte: O Autor.

Legenda: E (estudante), PP (professor/pesquisador).

Nesta perspectiva, Reis (1999); Reis e Galvão (2005) e Freitas et al. (2006), apontam que na abordagem de Temas Contemporâneos ancorados a estudos específicos da Biologia podem emergir várias discussões em sala de aula, pois os temas propiciam um teor de informação que estimulam os envolvidos a debaterem numa dinâmica ativa entre todos os participantes. Também, estimulam o senso crítico promovendo construções discursivas e argumentações, colaborando para desmitificar ideias e conceitos errôneos e envolvê-lo aos âmbitos da Ciência e Tecnologia.

O grupo também apresentou a pesquisa de Priscila Kosaka (figura 47), uma brasileira que desenvolveu um nanosensor para detectar tumores e possibilitar a cura do câncer e de outros tipos de doenças, como as degenerativas.

Figura 47. Nanosensor e Câncer

Priscila Kosaka, de 35 anos, cientista brasileira membro do Instituto de Microeletrônica de Madrid há seis anos.

O sensor é como um "trampolim muito pequenininho" com anticorpos na superfície. Quando em contato com uma amostra de sangue de uma pessoa com câncer, ele "captura" a partícula diferente e acaba ficando mais pesado. Outras estruturas relacionadas à técnica também fazem com que haja uma mudança de cor das partículas, indicando que o paciente que teve o fluido coletado tem um tumor maligno. A taxa de erro, segundo Priscila, é de 2 a cada 10 mil casos. Com sensibilidade 10 milhões de vezes maior que a dos métodos dos exames tradicionais em amostras de sangue dos pacientes. Também seja utilizado no combate a hepatites e Alzheimer.

Fonte: Domínio Público.



Assim, possibilitou a participação da ciência e uso da tecnologia para a qualidade de vida das pessoas. Ao final da apresentação, o grupo realizou uma pequena atividade com a turma para fechamento da sua aula (figura 48) e entrega do plano de aula.

Figura 48. Atividade (câncer)



Fonte: O Autor

A atividade consistiu de vários laços de diferentes cores (laranja - leucemia, rosa - mama, branco - ossos, amarelo - bexiga e cinza - cérebro), os quais representavam um tipo de câncer e continha uma pergunta para ser respondida. Os alunos retiravam um laço, liam e respondiam ao questionamento.

O Grupo D ficou com o tema clonagem. Iniciaram discutindo sobre o que seria clonagem, histórico, clonagem em humanos, técnica de clonagem, tipos de clonagem (natural, induzida, reprodutiva e terapêutica). Ao final, o grupo utiliza um simples diálogo (figura 49), entre duas representações celulares, evidenciando a relação entre a clonagem e as células-troncos embrionárias importantes para a clonagem terapêutica.

Figura 49. Diálogo entre células.



Fonte: Domínio Público.

Posteriormente, abriu-se espaço para discussão coletiva, com perguntas direcionadas aos demais grupos acerca do tema – no momento “Vamos Fixar”, questionando os demais estudantes sobre: O que é clonagem? Quantos tipos de clonagem existem? Qual o tipo de clonagem foi utilizado para a ovelha Dolly? Qual a função da clonagem terapêutica?

Ressaltamos que sobre essa última pergunta houve um comentário bastante inusitado do estudante (E5), explicitando sobre a clonagem terapêutica que surgiu para “dividir o mundo”. Possivelmente, esse comentário seja decorrente das discussões que permeiam sobre o uso de clones para fins terapêuticos.

Em linhas gerais, a apresentação dos estudantes sobre temas contemporâneos abre um leque de subtemas e que por vezes são convergentes entre si, a exemplo ao falar do câncer remete a doenças como a leucemia, que pode haver recuperação por meio do transplante de medula óssea, que se relaciona com as células-troncos, que pode ser clonada atuando na perspectiva terapêutica humana. Essa relação estava presente nas discussões dos estudantes que acabam por “repetir” algum conteúdo dos demais grupos, uma vez que os temas apresentavam significativa proximidade.

Vale ressaltar, que houve bastante discussão pelos estudantes nos temas sobre câncer e células-tronco, diferentemente dos temas sobre transplante de medula óssea e clonagem. Acreditamos que esses dois primeiros temas, envolveram situações mais cotidianas e vivenciais dos alunos, vez que relatam em muitos momentos os seus sentimentos e, também, existem maiores considerações

mediáticas apontadas a essas temáticas em relação às demais. Isso pode ter favorecido a discussão e proporcionado uma maior sinergia entre os grupos.

Registramos ainda que os estudantes apontam as temáticas como teor complexo e não pertencentes ao cotidiano do professor, pois não se sente seguro em apresentá-lo e nem tampouco discutir com os alunos, o que de fato se percebe na explanação dos grupos (A e D), cujos temas não houve discussão significativa entre os seus componentes e o grande grupo, o que nos impulsiona a trazeremos essas discussões como fonte de divulgação científica, buscando minimizar lacunas de formação e proporcionando aos estudantes um espaço de reflexão e debate, estimulando-os a levarem esses conteúdos ao âmbito escolar com maior frequência.

Para finalização desse momento, cabem algumas considerações sobre a SEA do MRE para o conceito de célula.

5.7 Considerações sobre a Sequência de Ensino Aprendizagem para o Conceito de Célula

Neste capítulo 5, apresentamos de forma bastante detalhada, nas seções anteriores a esta, o desenvolvimento do processo instrucional que constitui o terceiro e último momento da aplicação do Modelo de Reconstrução Educacional.

A partir de diretrizes que emergiram durante o desenvolvimento das duas primeiras etapas, a Análise da Estrutura de Conteúdo e seu Significado Educacional, bem como da Pesquisa Empírica e do apoio metodológico da proposta de Meheut (2005) - Abordagem Construtivista Integrada e desenho de uma Sequência de Ensino Aprendizagem com o objetivo de abordar o conceito de célula.

Nas seções 5.1 a 5.6 apresentamos uma descrição das vivências propostas e procuramos relatar as diversas atividades e explicitar os recursos utilizados. As descrições incluem em alguns momentos dados coletados e análises que foram realizadas juntamente com os alunos, sem que haja, no entanto, a intenção de realizar a validação da sequência, o que exigiria outros instrumentos.

Inicialmente tecemos algumas considerações sobre os seis momentos que constituem a Sequência de Ensino Aprendizagem, desenhada. Esta sistematização tem como objetivo resgatar um pouco do que foi descrito anteriormente.

- Primeiro momento da SEA - **RESGATE DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS**. Em geral as concepções de muitos dos estudantes eram bastante arraigadas ao senso comum, com ideias simples, pontuais e fragmentadas em relação ao conceito. Uma visão reducionista sobre o conceito, pautada em formações lineares e que, por vezes, se apresentavam frágeis, desconexas e vagas.

A ideia do conceito de célula esteve voltada ao aspecto de sua morfofisiologia deslocando o conceito, a um nível inferior, em relação aos seus constituintes e processos. As respostas apresentadas apontaram para um estudante com bastante dificuldades conceituais, no que tange aos aspectos históricos e morfofisiológico celular.

- Segundo momento da SEA - **HISTÓRICO DA CITOLOGIA / BIOLOGIA CELULAR**. A ideia mais comum estava alicerçada numa concepção que Robert Hooke era o principal idealizador da descoberta da célula, sendo o mais lembrado pelos estudantes. Apontaram a falta de material relevante sobre a história do conceito e os pesquisadores, pois muito dessa impressão era pautada numa leitura apenas de livros, cujo destaque estava na forte relação entre a microscopia e a observação da cortiça.

Nesse caso, houve a necessidade de desconstrução da ideia a partir da estratégia coletiva entre os grupos e no âmbito maior, permitindo que os mesmos pudessem discutir e rever suas ideias ou mesmo reconstruir essa concepção, percebendo que outros estudiosos tiveram maior participação na propagação do conceito, além da íntima relação entre a evolução conceitual e o microscópio.

- Terceiro momento da SEA - **“DESENHANDO” E IDENTIFICANDO OS GRUPOS DE CÉLULAS**. Os estudantes se apresentaram bastante interessados e seguros para o desenvolvimento das atividades práticas, o uso do microscópico e esboços da célula e possíveis estruturas.

As práticas permitiram “rever” o conceito por vários prismas, de acordo com as amostras analisadas, estimulando-os a refletirem sobre outros aspectos relacionados ao conceito.

- Quarto momento da SEA - **RECONHECENDO OS GRUPOS DE CÉLULAS, CONSTITUENTES E A MORFOFISIOLOGIA CELULAR.** A possibilidade do uso de tecnologia computacional consistiu numa ferramenta bastante proveitosa para fomentar as perspectivas ao conceito de célula de forma lúdica e interativa, frequentemente um viés por vezes, estático e focado apenas nos livros da área.

As propostas “animadas” permitiram a “revisão” do conceito e evidenciaram pontuações que suscitaram aspectos específicos e pedagógicos sobre a proposta imagética.

- Quinto momento da SEA - **ANÁLISE DO VALOR DIDÁTICO DE IMAGENS.** Percebemos que os alunos não detinham conhecimento sobre a importância do uso adequado de imagens, quando da abordagem do conceito, havendo apenas o texto como principal fonte de informação.

A análise imagética nos LD de Biologia permitiu que os estudantes adentrassem, mais profundamente, nesse tipo de recurso e reconhecendo a necessidade de atenção para o processo de ensino-aprendizagem dos seus alunos quando do uso imagético.

- Sexto momento da SEA - **TEMAS CONTEMPORÂNEOS.** Os estudantes a partir da apresentação de temas da contemporaneidade discutiram e refletiram sobre a potencialidade do conceito, saindo de um universo estático e passando para uma ampliação das perspectivas que o conceito poderia proporcionar no âmbito CTS.

Os debates e as inferências em sala de aula foram bastante significativos para desenvolver o senso crítico dos alunos, e que por vezes, explicitavam suas próprias experiências sobre as temáticas abordadas, demonstrando que ao abrir oportunidade para esses temas, eclodem naturalmente as discussões e reflexões, permitindo que os indivíduos debatessem e se posicionassem com criticidade refletindo sobre as propostas, exercendo seu papel de cidadãos.

De forma geral verificamos que o processo instrucional proposto é passível de execução, apesar de ter se mostrado bastante extenso. Nem todas as atividades desenvolvidas constam no corpo da tese, a fim de evitar um texto muito extenso.

Selecionamos as mais significativas e a partir desta seleção nos questionamos sobre a necessidade de todas elas na composição da Sequência de Ensino Aprendizagem estruturada para a abordagem do conceito de célula.

Acreditamos que os elementos (bases, vertentes e os critérios) extraídos a partir da Abordagem Construtivista Integrada de Mehéut (2005) foram fundamentais no processo de desenho da Sequência de Ensino Aprendizagem, propiciando uma diversidade de atividades que contemplaram de forma equilibrada as dimensões epistêmica e pedagógica do conteúdo em questão, como desejávamos inicialmente. Na nossa perspectiva esse é um diferencial do processo instrucional proposto.

Para finalizar esse momento, cabem algumas considerações acerca dos resultados sobre a aplicação da instrução.

5.8 Síntese dos Resultados da Aplicação da Instrução

- A partir da descrição dos momentos da sequência verificamos que o processo instrucional proposto é passível de execução, apesar de ter sido mostrado bastante extenso. No corpo da tese, a fim de evitar um texto muito extenso, selecionamos as mais significativas e a partir desta seleção, nos questionamos sobre a necessidade de todas elas na composição da Sequência de Ensino Aprendizagem estruturada para a abordagem do conceito de célula;
- Acreditamos que o desenho proposto, mas especificamente as atividades estruturadas contemplaram os aspectos que emergiram nas etapas I e II do MRE, embora isso tenha ocorrido com intensidade variada;
- Percebemos que alguns dos aspectos explicitados nas etapas I e II foram melhor contemplados, tanto no quantitativo de atividades como na pertinência das mesmas, enquanto que outros foram contemplados de forma mais superficial.

CAPÍTULO VI - CONCLUSÕES

- MRE representa um aporte teórico-metodológico para as pesquisas em Ensino de Ciências no âmbito da construção de conceitos.

- A base do modelo apresenta três eixos teóricos que caracterizam três etapas metodológicas. Essas etapas detêm significados e perspectivas próprias, mas a sua reunião potencializa as informações e permite melhor delineamento sobre o objeto de estudo.

- A **Análise do Conteúdo** (Etapa 1) e a **Pesquisa Empírica** (Etapa 2), do MRE, foram esclarecedoras para o processo de ensino aprendizagem do conceito de célula:

- Ao considerarmos o processo de ensino, verificamos a emergência de elementos conceituais específicos que deveriam ser contemplados, mas também questões mais subjetivas relacionadas ao como abordar o conteúdo em questão;

- Se considerarmos o professor como agente do processo de ensino verificamos que o desenvolvimento das etapas demanda o seu aprofundamento no conteúdo e em reflexões sobre a prática;

- Do ponto de vista da aprendizagem, as Etapas 1 e 2, principalmente a 2 evidenciam dificuldades e obstáculos inerentes ao conceito em questão;

- Na **Construção da Instrução** (Etapa 3) houve uma boa articulação com a abordagem Construtivista Integrada, o que possibilitou o desenho de um processo instrucional para a abordagem do conceito de célula contemplando um conjunto complexo de variáveis.

- O MRE se mostrou um arcabouço bastante estruturado e ao mesmo tempo flexível para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem, seja visando o desenho de processos instrucionais voltados para a abordagem de conceitos científicos, seja para o desenvolvimento de processos instrucionais com viés formativo.

REFERÊNCIAS

ALBERTS, B. et al. **Biologia Molecular da Célula**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ALBERTS, B. et al. **Fundamentos da Biologia Celular**. Porto Alegre: Artmed, 2011.

ALMEIDA, A. V. **Fundamentos Histórico-Epistemológicos dos Paradigmas Centrais Biologia**. Recife: UFRPE, 2012.

ALZATE, O. E. T. **Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de respiración**. 328 f. Tesis (Doctoral Didáctica de la Matemática y de las Ciencias experimentales) - Universidad Autónoma de Barcelona, Bellaterra, 2001.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia das Células**. Vol. 1. São Paulo: Moderna, 2010.

AMARAL, S. R. **Estratégias Para O Ensino De Ciências: Modelos Tridimensionais – Uma Nova Abordagem No Ensino Do Conceito Célula**. Universidade Estadual do Norte do Paraná (UENP), Programa de Desenvolvimento Educacional (PDE), Secretaria de Estado do Paraná (SEED), Bandeirantes, 2010.

ASSIS, S. S.; PIMENTA, D. N.; SCHALL, V. T. **A dengue e suas representações visuais nos livros didáticos e materiais educativos impressos**. VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Campinas, São Paulo, 2011. CD ROOM.

ATTIAS, M.; CUNHA E SILVA, N. **Biologia Celular I**. v.1. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2010.

AVERS, C. **Cell biology**. New York: D. Van Nostrand Company, 1976.

BAHAR, M. Miscronceptions in Biology Education and Conceptual Change Strategies. **Edu. Sci.: Theory Pract.** 3(1): 55-64, 2003.

BALL, C. S. The early history of the compound microscope. **Bios**, 37 (2): 51-60, 1966.

BARAB, S.; ARICI, A.; JACKSON, C. Eat your vegetables and your homework: A design based investigation of enjoyment and meaning in learning. **Educational Technology**, p.15–21, 2005.

BARAB, S.; SQUIRE, K. Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. **The Journal of the Learning Sciences**, 13(1), 1-14, 2004.

BARBOSA et al. **Aprendendo Mitose e Meiose de forma simples**: proposta de jogo didático. IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4 Goiânia, 18 a 21 de setembro de 2012. CD ROOM.

BARBOSA; H. S.; CORTE-REAL, S. **Biologia celular e ultraestrutura**. Conceitos e Métodos para a Formação de Profissionais em Laboratórios de Saúde, 2010.

BARDIN, L. **Análise do Conteúdo**. Ed. Revista e Atualizada. Martins Fontes: São Paulo, 2011.

BARNARD, F **Micrographia Special Collections Featured**. Inglaterra: Rare Books Librarian, 2008.

BARROS, M. M. V.; CARNEIRO, M. H. S. **Os Conhecimentos que os Alunos utilizam para ler as Imagens de Mitose e de Meiose e as Dificuldades Apresentadas**. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, São Paulo, 2005. CD ROOM.

BARTHES, R. 1915-1980. **O óbvio e o obtuso**: ensaios críticos III. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.

BASTOS, F. O conceito de célula viva entre os alunos de Segundo grau. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. 1992.

BASTOS, F. **O conceito de célula viva entre os estudantes de segundo grau**. 110f. Dissertação (Mestrado em Educação), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 1991.

BASTOS, K. M.; FARIAS, J. C. N. M. Aplicação de modelos didáticos para abordagem da célula Animal e vegetal, um estudo de caso. **ENCICLOPÉDIABIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13, p. 26-27 – Edição especial, 2011.

BATISTETI, C. B.; ARAÚJO, E. S. N.; CALUZI, J. J. As estruturas celulares: o estudo histórico do núcleo e sua contribuição para o ensino de biologia. **Rev. Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 17-42, 2009.

BEZERRA, E. J.; NEVES, R. F.; MELO, S. W. S. **Temas Contemporâneos no Ensino de Biologia: Uma Investigação em Livros Didáticos**. XII Congresso Internacional de Tecnologia da Educação, Olinda-PE, 2014, pp16.

BIZZO, N. **Novas Bases da Biologia**. Vol.1 São Paulo: Ática, 2010.

BONZANINI, T. K. **Avanços recentes em biologia Celular e molecular, questões éticas Implicadas e sua abordagem em aulas de biologia no ensino médio: Um estudo de caso**.178f.Dissertação(Mestrado Ensino de Ciências e Matemática) Faculdade de Ciências (FC) - Bauru – SP, 2005.

BRAGA, C. M. D. S.; FERREIRA, L. B. M.; GASTAL, M. L. A. **O Uso de Modelos no Ensino da Divisão Celular na Perspectiva da Aprendizagem Significativa**. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Florianópolis, SC, 2009. CD ROOM.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio:** Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+EM).** Brasília: MEC/SEF, 2002.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental.** Brasília: MEC/SEF, 1998

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 2000.

BRASIL. **Temas contemporâneos em educação.** Ano XVIII boletim 09 - Junho de 2008.

BRONDANI, M. B.; MOZZAQUATRO, P. M.; ANTONIAZZI, R. L. Ambiente De Simulação E Animação Para O Ensino De Programação. **Revista Interdisciplinar de Ensino Pesquisa e Extensão.** v. 01, nº 01, 2013.

BROWN, A. Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The Journal of the Learning Science,** v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992.

BSCS (Biological Science Curriculum Studies). **Biologia.** Versão Verde. Vol. III. São Paulo: Edart, 1976.

CABALLER, M. J.; GIMÉNEZ, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la Educación General Básica. **Enseñanza de las Ciencias,** v. 11, nº. 1, p.63-68, 1993.

CABALLER, M. J.; JIMÉNEZ, I. Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.10, nº.2, p. 172-180, 1992.

CAPRA, F. **A Teia da Vida**: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 1996.

CARNEIRO-LEÃO, A. M. A. et. al. **Ensinando biologia numa perspectiva de complexidade**. In. JÓFILI, Z.; ALMEIDA, A. V. (Org). Ensino de biologia, meio ambiente e cidadania: olhares que se cruzam. 2ª Ed. Revista Ampliada. Recife: UFRPE/Sociedade Brasileira de Ensino de Biologia/Regional 5, 2010. CD ROOM.

CARVALHO, A. A. A. **Os documentos hipermedia estruturados segundo a teoria da flexibilidade cognitiva**: importância dos comentários temáticos e das travessias temáticas na transferência do conhecimento para novas situações. Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Portugal, Minho, 1998.

CATANI, A. et al. **Ser Protagonista – Biologia**. 1º Ano do Ensino Médio. São Paulo: SM, 2010.

ÇEPNI, S.; TAS, E.; KOSE, K. The effects of computer-assisted material on students cognitive levels, misconceptions and attitudes towards science. **Computers & Education**, 46, 192–205, 2006.

CHAPMAN, A. England's Leonardo: Robert Hooke (1635-1703) and the art of experiment in Restoration England. **Proceedings of the Royal Institution of Great Britain**, 67, 239-275, 1996.

CHATTOPADHYAY, A. Understanding of Mitosis and Meiosis in Higher Secondary Students of Northeast India and the Implications for Genetics Education. **Education**, 2(3): 41-47, 2012.

CLARK D. C.; MATHIS, P. M. Modeling mitosis and meiosis, a problemsolving activity. **The Am. Bio. Teach.** 62(3): 204-206, 2000.

COBB, P. et al. Design experiments in educational research. **Educational Researcher**, 32, 1, 9-13, 2003.

COLLINS, A. **Toward a design science of education**. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology*. Berlin: Springer-Verlag, 1992.

COOPER, G. M.; HAUSMAN, R. E. **A Célula: uma abordagem molecular**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

COSTA, N. M.; POLINI, M. **Design Based Research: uma metodologia para pesquisa em formação de professores que ensinam matemática**. XIII CIAEM-IACME. Brasil, Recife, 2011.

COUTINHO, F. A. et al. Análise do valor didático de imagens presentes em livros de Biologia para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**. Vol. 10 N. 3, 2010.

DAVIS, B. D. et al. **Microbiologia: fisiologia bacteriana**. São Paulo, Brasília, Edart INL/MEC, 1973.

DBRC. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 5-8, 2003.

DE ROBERTIS, E. ; HIB, J. **Bases da Biologia Celular e Molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

DEDE, C. Commentary: The growing utilization of design-based research. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, 5(3/4), 345–348, 2005.

DIAS, M. A. S. **As representações que um grupo de estudantes do curso de licenciatura em Ciências Biológicas tem sobre a importância dos componentes**

químicos celulares. 186f. Monografia (Ciências Biológicas), Universidade Potiguar, Natal-RN, 2006.

DIKMENLI, M. Misconceptions of Cell Division Held by Student Teachers in Biology: A Drawing Analysis. **Scientific Research and Essay**, 5 (2), 235–247, 2010.

Disponível

em:<<http://porteiras.s.unipampa.edu.br/pibid/files/2014/07/ANIMA%C3%87%C3%95ES-QUE-CONTRIBUEM-PARA-UMA-MELHOR-APRENDIZAGEM-DA-MATEM%C3%81TICA-NA-EDUCA%C3%87%C3%83O-B%C3%81SICA.pdf>>.

julho/2014. Acesso em: 20.07.2015.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWL, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. Trad. de Roxane Rojo e Gláís Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004.

DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B. **Gêneros e progressão em expressão oral e escrita: elementos para reflexões sobre uma experiência suíça (francófona)**. In: SCHNEUWLY, B; DOLZ, J. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 41-70.

DUIT et al. **The Model of Educational Reconstruction – A Framework For Improving Teaching And Learning Science**. In: DORIS, J. e DILLON, J. (Eds.), **Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective**. Sense Publishers, p13–37, 2012.

DUIT, R. La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, jul/set, n. 30, ano/vol. 11, México, pp. 741-770, 2006.

DUIT, R. Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, n 3, v. 1, p. 3-1, 2007.

DUIT, R. **STCSE – Bibliography**: Students' and teachers' conceptions and science education. Kiel, Germany: IPN – Leibniz Institute for Science Education, 2009.

DUIT, R., TREAGUST, D.; WIDODO, A. **Teaching for conceptual change - Theory and practice**. In: VOSNIADOU, S. et al. (Eds.), Handbook on conceptual change Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, p.629-646), 2008.

DUIT, R.; TREAGUST, D. F. Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. **International Journal of Science Education**, 25(6), 671-688, 2003.

DUIT, R.; KOMOREK, M.; WILBERS, J. Studies on Educational Reconstruction of Chaos Theory. **Research in Science Education**. 27(3), 339-357, 1997.

ERROBIDART; N. C. G. et al. Modelos mentais e representações utilizadas por estudantes do ensino médio para explicar ondas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. vol. 12, nº 3, 440-457, 2013.

FERREIRA, J. L. CARPIM, L.; BEHRENS, M. A. Do paradigma tradicional ao paradigma da complexidade: um novo caminhar na educação profissional. **B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof.**, Rio de Janeiro, v. 36, n.1, jan./abr. 2010.

FISCARELLI, S. H.; OLIVEIRA, L. A. A.; BIZELLI, M. H. S. S. **Desenvolvimento de animações para o ensino de Química: fundamentos teóricos e desenvolvimento**. Disponível em: <<http://www.calculo.iq.unesp.br/PDF/deseanima-teometodo.pdf>>. 2009. Acesso em: 20.07.2015.

FOLGAÇA, M. **Papel da inferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula**. 229f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FORGIARINI M. S.; AULER D. A Abordagem de Temas Polêmicos na Educação de Jovens e Adultos: o caso do "florestamento" no Rio Grande do Sul. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**. Vol. 8, nº2, 2009.

FRANÇA, S. B.; MELO, D. B.; NEVES, R. F. Percepção dos estudantes sobre célula através da análise de mapas conceituais. **Anais...** In: 4º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa (ENAS), GARANHUNS, 2012.

FREITAS, D. et al. **A natureza dos argumentos na análise de temas controversos**: estudo de caso na formação de pós-graduandos numa abordagem CTS. **Anais...** III Colóquio Luso-Brasileiro sobre Questões Curriculares. Universidade do Minho, Braga, 2006.

FREITAS, M. V. C. **A Célula**: Conhecimento dos Alunos do Ensino Médio, Antes/Após o Projeto "Por dentro da Célula", 2009.

FISCARELLI, R. B. O.; FISCARELLI, S. H. **Tecnologia na educação**: dos objetos reais aos objetos virtuais. In: Monteiro, S. A. I. et al. (Orgs). **Educações Contemporaneidade: reflexões e pesquisa**. São Carlos: Pedro & João editores, 2011.

FROTA-PESSOA, O. **Biologia na Escola Secundária**. Vol. I. São Paulo: CIA Editora Nacional, 1960.

GAMA, A. F. **A Célula no Divã**: Representações de Imagens de Células entre estudantes do Ensino Médio a partir de uma perspectiva cultural. 157f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

GOMES, A. J.; MENDES, A. J. A animação na aprendizagem de conceitos básicos de programação. **Revista de Enseñanza y Tecnología**- Enero - Abril 1999. p.23-33.

GONÇALVES, L. J.; VEIT, E. A.; SILVEIRA, F. L. Textos, Animações e Vídeos para o Ensino-Aprendizagem de Física Térmica no Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v1(1), pp. 33-42, 2006.

GONZÁLEZ, J. P. C. Los modelos explicativos del estudiantado acerca de la célula eucarionte animal. **Revista Eureka** sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 9(2), 196-212, 2012.

GOUVÊA, G.; MARTINS, I. **Imagens e educação em ciências**. In: ALVES, N; SGARBI, P. (Orgs.). Espaços e imagens na escola. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.

HECKLER, V.; SARAIVA, M. F. O.; OLIVEIRA FILHO, K. S. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, nº 2, p. 267-273, 2007.

HEERDT, B.; BRANDT, C. F. Webquest como instrumento de mediação pedagógica: A reformulação do conceito de célula. Anais... VIII Congresso Nacional de Educação (EDUCERE). 06 a 08 de outubro, Curitiba, PR, 2008.

HEIDEMANN, K. **Didaktische Analyse**. (2000). Disponível em:<http://www.ndl-medien.uni-kiel.de/Studium_Lehre/fachdidaktik/archiv/k-l-heidemann-didaktische-analyse/at_download/file>. Acesso em: 10.06.13.

HEIMBURG, T. **Membranes - An introduction**. In T. Heimburg (Ed.), Thermal Biophysics of Membranes, p. 1-19, 2007.

HEINICKE; S.; RIESS, F. **How to cope with gauss's errors? Learners' obstacles and their potential roots in the history of data treatment**. In: ÇAKMAKCI, G.; TAŞAR, M. F. Contemporary Science Education Research: Learning And Assessment. ESERA, 2009 Conference. p.23-31, 2009.

HEMMER, I; LORETH, P.; CYFFKA, B. **A Centre For Environmental Information And Education - Students Develop a New Theory-Based Concept To Present**

The Restoration Of Floodplain Dynamics And Floodplain Forests On The River Danube. In: Geographical Views on Education for Sustainable Development, Lucerne-Symposium, Switzerland, July 29-31, 2007, p. 51-57.

HILGE, C.; KATTMANN, U. **The significance of microbes for biology teaching - A study of scientific and students' conceptions.** 4^o ESERA Conference, p.1-3, 2003.

HOOKE, R. **Micrographia:** or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses with observations and inquiries thereupon. London: J. Martyn and J. Allestry, 1665.

ILICHEVA, S. **Cognitive Function of Multimedia Learning.** International Conference the Future of Education, 2011. Disponível em: <http://conference.pixelonline.net/edu_future/common/download/Abstract_pdf/pdf/ITL98-Ilicheva.pdf>. Acesso em: 25.03.14

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

JUUTI, K.; LAVONEN, J. Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology. **NorDiNa**, 4 (6), 54-68, 2006.

KAESTLE, C. F. The awful reputation of educational research. **Educational Researcher**, 22(1), 23-31, 1993.

KARAMANOU, M; POULAKOU-REBELAKOU, E.; TZETIS, M.; ANDROUTSOS, G. Anton van Leeuwenhoek (1632-1723): Father of micromorphology and discoverer of spermatozoa. **Revista Argentina de Microbiologia**, 42: 311-314, 2010.

KATTMANN, U.; DUIT, R.; GROPENGIESSER, H.; KOMOREK, M. Das Modell der didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung [The model of educational reconstruction – a framework

for science education research and development]. **Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften**, 3(3), 3–18, 1997.

KELLY, A. E. Design research in education: yes, but is it methodological? **The Journal of the Learning Science**, v. 13, n. 1, p. 115-128, 2004.

KELLY, A. E. Theme issue: the role of design in educational research. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 3-4, 2003.

KLAFKI, W. **Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung**. 10^a Ed. Hannover: Schroedel, 1958.

KOMOREK, M.; DUIT, R. The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. **INT. J. SCI. EDUC.** VOL. 26, NO. 5, 619–633, 2004.

KRASILCHIK, M. **Formação de professores e ensino de Ciências: tendências nos anos 90**. In: Menezes, L. C. *Formação Continuada de Professores de Ciências* Campinas: Autores Associados, 1996, p. 135-170.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4^a Ed. São Paulo: Edusp, 2005.

KRESS, G; VAN LEEUWEN, T. **Reading images: the grammar of visual design**. London; New York: Routledge, 1996.

LA FATA, L. **Progettazione e sperimentazione di un percorso di insegnamento/apprendimento per la scuola secondaria superiore: il Caos Deterministico**. 229f. Tesis (Dottorato Storia e Didattica della Fisica), Consorzio tra Università di Palermo, Palermo, 2010.

LAHERTO, A. **Nanoscience Education for Scientific Literacy: Opportunities And Challenges In Secondary School And In Out-of-school Settings**. Academic Dissertation, Faculty of Science University of Helsinki, Finland, 2012.

LEACH, J.; AMETLLER, J.; SCOTT, P. **Establishing and communicating knowledge about teaching and learning scientific content**: the role of design briefs. In: KORTLAND K.; KLAASSEN, K. *Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education* Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as Professor of Physics Didactics at Utrecht University, 2010.

LEGEY, A. P. et al. Avaliação de saberes sobre a célula apresentados por alunos ingressantes em cursos superiores da área biomédica. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências**, Barcelona, v. 11, n. 1, p. 203-224, 2012.

LEWONTIN, R. **A tripla hélice**. São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2002.

LIJNSE, P. **Didactics of science**: the forgotten dimension in science education research? In R. Millar, J. Leach and J. Osborne (eds.) *Improving Science Education: The Contribution of Research* (Buckingham: Open University Press), 308–326, 2000.

LIJNSE, P. L. La recherche-développement: une voie vers une "structure didactique" de la physique empiriquement fondée. **Didaskalia**, n 3, p. 93-108, 1994.

LIMA, L. **Ensino de Conceitos Biológicos**: a Relação entre Aprendizagem Significativa e Objetos Educacionais Digitais. XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Fortaleza, CE, 2009.

LIN, F. et al. **Adventuring Through Big Problems as Means of Innovations in Mathematics Education**. Keynote speech in APEC - Ubon Ratchathani International Symposium: Innovation on Problem Solving Based Mathematics Textbooks and E-textbooks, Ubon Ratchathani, Thailand, 2-5 November, 2011. Disponível: <http://apec-lessonstudy.kku.ac.th/upload/paper%20apec/FouLaiLin.pdf>>. Acesso em: 05.01.15.

LINHARES, I; TASCHETTO, O. **A Citologia no Ensino Fundamental**. (2012). Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1899-8.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2013.

LOCY, W. A. Primitive microscopes and some early observations. **Transactions of the American Microscopical Society**, 42 (2): 95-107, 1923.

LOMBARDI, S.; MONROY, G; SASSI, H E TESTA, I. **Design and development of a module about Optical properties of materials**. Conference Physics Curriculum Design, Development and Validation (GIREP). August 18-22, Nicosia, Cyprus, 2008. Disponível em <<http://lsg.ucy.ac.cy/girep2008/papers/DESIGN%20AND%20DEVELOPMENT%20OF%20A%20MODULE.pdf>>. Acesso em: 10.10.12.

LOPES, F. M. B. **Ciclo celular**: estudando a formação de conceitos no Ensino Médio. 101f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

LOPES, F. M. B. et al. **Obstáculos a Apropriação dos Conceitos de Ciclo Celular por Alunos do Ensino Médio**. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, São Paulo, 2005. CD ROOM.

LOPES, F. M. B. et al. Regulação do nível de glicose em humanos: uma sequência didática numa abordagem construtivista com licenciandos de biologia. 2º EREBIO/NE. João Pessoa: Editora da UFPB, 2006. CD ROOM.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Bio**. Vol. 1. 1ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

LOUGHRAN, J.; BERRY, A.; MULHALL, P. **Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge**. Sense publishers: rotterdam, 2006.

LUPO, L. **Progettazione e sperimentazione di un percorso di insegnamento/apprendimento per la scuola di base**: la modellizzazione del riscaldamento dei materiali. 2008. 239f. Tesis (Doutorado Storia e Didattica della Fisica) Consorzio tra Università di Palermo, Palermo, 2008.

LUZARDO, F. T.; QUEVEDO, Y. A. Selección y manejo de ilustraciones para la enseñanza de la célula: propuesta didáctica. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.30, n.3, p. 281-294, 2012.

MACHADO, N. J. **Interdisciplinaridade e Contextualização**. In: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM): Fundamentação Teórica-Metodológica. Brasília: O Instituto, 2005.

MACIEL, C. M.; NASCIMENTO, T. G. "Por que as células se dividem?": ideias dos estudantes do Primeiro ano do ensino médio como subsídio para o trabalho Docente. In: II - Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENE BIO) e I - Encontro Regional de Ensino de Biologia (ERE BIO). Uberlândia - MG, 2007. CD ROOM.

MALHEIROS, I. J. A.; LUZ, A. A. **A Importância dos Temas Sociais Contemporâneos na Formação do Professor de Ciências**. V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, São Paulo, 2005. CD ROOM.

MANZKE, G. R.; VARGAS, R. P.; MANZKE, V. H. B. **Concepção de célula por alunos egressos do ensino fundamental**: exercício 03 – indivíduos unicelulares. In: IV - Encontro Nacional do Ensino de Biologia (ENE BIO) e II - Encontro Regional de Biologia da Regional (ERE BIO). Goiânia, Goiás: SBenBio, 2012. CD ROOM.

MANZKE, V. **Genética e seus Temas Embasadores (no ensino médio)**. Pelotas: UFPel, 2000.

MARQUES, R. **A Pedagogia de Jerome Bruner**. Disponível em: <http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A%20Pedagogia%20de%20JeromeBruner.pdf>. Acesso em 20.12.2014.

MARTIN, A. Exposing Student Misconceptions about Cellular Structure: A Curriculum Topic Study. **Journal of Virginia Science Education**. v4, n2, 31-40, 2011.

MARTINS, R. A. Robert Hooke e a pesquisa microscópica dos seres vivos. **Filosofia e História da Biologia**, v. 6, n. 1, p. 105-142, 2011.

MATOS, S. A. et al. Referenciais teórico-metodológicos para a análise da relação texto-imagem do livro didático de biologia. Um estudo com o tema embriologia. **RBECT**. v. 3, n. 1, jan./abr. 2010.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. 2ª Ed. New York: Cambridge University Press, 2009.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. New York: Cambridge University Press, 2001.

MAYER, R. E. **Multimedia learning**. New York: Cambridge University Press, 2005.

MAYER, R. E.; MORENO, R. **A Cognitive Theory of Multimedia Learning: Implications for Design Principles**. University of California, Santa Barbara, 2007.

MÉHEUT, M. **Teaching-learning sequences tools for learning and/or research**. In: Research and Quality of Science Education. Holanda: Springer, 2005.

MEHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**. 26(5), 515-535, 2004.

MELLO-LEITÃO, C. **Curso Elementar de História Natural**. Vol. II. São Paulo: CIA Editora Nacional, 1934.

MELO, G. S.; ALVES, L. A. **Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem De biologia celular em iniciantes do Curso de graduação em ciências**

biológicas. 43p. Monografia (Ciências Biológicas), Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

MENDES, M. A. A. **Produção e utilização de animações e vídeos no ensino de biologia celular para a primeira série do ensino médio.** 103f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências), Brasília - DF. 2010.

MENDONÇA, V.; LAURENCE, J. **Biologia.** Vol. 1. São Paulo: Nova geração, 2010.

MENGASCINI, A. Propuesta didáctica y dificultades para el Aprendizaje de la organización celular. **Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.**, 3(3), p. 485-495, 2006.

MENGER, J. A Circular Model of Thinking Processes as a Basis of Technical Understanding Design and Technology Education: **An International Journal.**15.1, 2010.

MENGER, J. **Lastentransport mit einfachen mechanischen Maschinen Didaktische Rekonstruktion als Beitrag zum technischen Sachunterricht in der Grundschule.** Alemanha: BIS-Vlg, 2010a.

MEZA, U; ROMERO MÉNDEZ, A. C.; LINCÓN, Y.; SÁNCHEZ-ARMÁSS, S. La Membrana Plasmática: Modelos, Balsas y Señalización. **Revista de Educación Bioquímica**, 29(4), 125-134, 2010.

MOORE, J. Science as a Way of Knowing - Genetics. **Amer. Zool.**, 26:583-747, 1986.

MORIN, E. **A Cabeça Feita:** repensar a forma, repensar o pensamento. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

MÜLLER, M. Students' concepts about meteorite impacts on earth – geographical assessment and pedagogical consequences, *Geographie und ihre Didaktik*, **Journal**

of **Geography Education**. v4, p. 218-232, 2007.

NAVARRO, T. E. M.; URSI, S. **Utilização didática de imagens por Formadores de futuros professores de Ciências**. VIII - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), São Paulo, Campinas, 2011.CD ROOM.

NEVES, R. F. **A Interação do Ciclo da Experiência de Kelly com o Círculo Hermenêutico-Dialético para a Construção de Conceitos de Biologia**. 108f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2006.

NEVES, R. F.; CARNEIRO-LEÃO, A. M. A.; FERREIRA, H. S. A Interação do Ciclo da Experiência de Kelly com o Círculo Hermenêutico-Dialético para a Construção de Conceitos de Biologia. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 335-352, 2012.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v.5, n.1, p. 9-29, jan.-jun. 2010.

NURKKA, N. Use of Transfer Teachers in Developing a Teaching-Learning Sequence: A Case Study in Physiotherapy Education in Finland. **Nordina**, 4(1), 2008.

OLEQUES, N. M B N; OLIVEIRA, S. S.; OLIVEIRA, C. P. **Animações que contribuem para uma melhor aprendizagem da matemática na educação básica**.

OLIVEIRA, C. R. S. **Levantamento das concepções prévias de alunos do Ensino médio sobre conceitos básicos de citologia**: o lúdico como uma opção de ensino para a área. Curso de Especialização (Ensino de Biologia), Universidade de São Paulo Instituto de Biociências, São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, T. et al. Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica na formação de professores de ciências. **Educar**, Editora UFPR, Curitiba, n. 34, p. 19-33, 2009.

OLIVEIRA, V. L. B **Fronteiras do Conhecimento Escolar**: O tema da reprodução assistida e a Formação Continuada de professores de Biologia. 263f. Tese (Doutorado em Educação), Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

OLIVEIRA, V. L. B; REZLER, M. A. Temas contemporâneos no ensino de Biologia do ensino médio. **Acta Scientiae**, v.8, n.1, jan./jun., 2009. p. 45-59.

ORLANDO, T. C. et al. Planejamento, montagem e aplicação de Modelos didáticos para abordagem de Biologia celular e molecular no ensino Médio por graduandos de ciências Biológicas. **Revista Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular (RBBBM)**, n. 01, A1-A17, 2009.

PAGEL, U. R. et al. **A Utilização de Imagens como Recurso Metodológico no Ensino de Biologia**. IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4. Goiânia, 18 a 21 de setembro de 2012. CD ROOM.

PALMERO, M. L. R. La Célula Vista Por El Alumnado. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 229-246, 2003.

PALMERO, M. L. R.; MOREIRA, M. A. Modelos mentales de la estructura y el funcionamiento de la Célula: dos estudios de casos. **Investigações em Ensino de Ciências**. v4(2), p. 121-160, 1999.

PALMERO, M. L. R; MOREIRA, M. A. Modelos mentales vs Esquemas de Célula. **Investigação em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 7 (1). 30p.

PALMERO, M. Modelos Mentales de Célula. Revisión Bibliográfica Relativa a La Enseñanza de La Biología y la Investigación en el estudio de la Célula. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 3, p. 237-263, 2000b.

PALMERO, M. R. **Modelos mentales de célula**: una aproximación a su tipificación con estudiantes de COU. 775f. Teses Doutorado (Didáctica e Investigación Educativa y Comportamiento), Universidad De La Laguna, Portugal, 2000a.

PAULA, S. R. **Ensino e aprendizagem dos Processos de divisão celular no Ensino fundamental**. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

PEGORARO, O. M. E. et al. **A formação de conceitos em biologia celular**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC, 2003.

PEREIRA, I. C. B.; BARCELLOS, P.; FRANÇA, S. B. **Proposta de Estratégias Didáticas para construção do Conhecimento em divisão celular – biologia**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2003. CD ROOM.

PEREIRA, K. A. L. et al. **A Célula**: conhecimento dos alunos do Ensino Médio, antes/após o projeto “Por Dentro da Célula” In: Seminário PIBID UNEMAT, 2011.

PERNAMBUCO. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco**. Parâmetros Curriculares de Ciências Naturais – Ensino Fundamental. Governo de Pernambuco, 2013a

PERNAMBUCO. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco**. Parâmetros Curriculares de Biologia – Ensino Médio. Governo de Pernambuco, 2013b.

PICCININI, C.; MARTINS, I. Comunicação multimodal na sala de aula de ciências: construindo sentidos com palavras e gestos. **Ensaio: pesquisa em ensino de ciências**, v. 6 n. 1, p. 1-14, 2004.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PLOMP, T.; NIEVEEN, N. An Introduction to Educational **Design Research Proceedings of the seminar conducted at the East China Normal University.** Shanghai: 2007.

PPC. **Projeto Pedagógico do Curso.** Licenciatura em Ciências Biológicas Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico de Vitória. Vitória de Santo Antão: Colegiado de Ciências Biológicas, 2012.

PRESTES, M. E. B. **Teoria Celular: de Hooke a Schwann.** São Paulo: Scipione, 1997.

RAMBO, B. **Elementos de História Natural.** Porto Alegre: Globo, 1937.

RAMOS, P. **Ambiente Virtual Vivências: análise do processo de desenvolvimento na perspectiva da pesquisa baseada em design.** Tese (Doutorado em Educação em Ciência e Saúde). Brasil, 238 f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

RAW, I.; MENNUCCI, L.; KRASILCHIK, M. A **Biologia e o Homem.** São Paulo: EDUSP, 2001.

REEVES, T. C. **Design research from a technology perspective.** In J. van den Akker, K., Gravemeijer, S. McKenney & N. Nieveen (Eds.), Educational design research, London: Routledge, 2006. p. 52–66.

REINFRIED, S. Educational reconstruction – a key to progress in geoscience teaching and learning. *Geographie und ihre Didaktik*, **Journal of Geography Education**, 2007:4, p.233-245.

REIS P. G. R. **Controvérsias Sócio-científicas**: discutir ou Não discutir? Percursos de aprendizagem na disciplina de ciências da terra e da vida. 488f. Tese Doutorado (Educação), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Paris, 2004.

REIS, P. A Discussão de Assuntos Controversos no Ensino das Ciências. **Rev. Inovação**. n. 12, p. 107-112, 1999.

REIS, P. O ensino das ciências através da discussão de controvérsias: realidade ou ficção? In: B. D. Silva e L. S. Almeida (Org.). **Actas...** VI Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia (pp. 367- 379). Braga: Centro de Estudos em Educação e Psicologia da Universidade do Minho, 2001.

REIS, P.; GALVÃO, C. Controvérsias sócio-científicas e prática pedagógica de jovens professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, n.10, v. 2, 2005.

REIS, P.; PEREIRA, M. Discutindo o "admirável mundo novo". **Rev. Inovação**. n.3, 1998.

RIEMEIER, T.; GROENINGESSER, H. On the Roots of Difficulties in Learning about Cell Division: Process-Based Analysis of Students' Conceptual Development in Teaching Experiments. **International Journal of Science Education**. V. 30, n. 7, p. 923-939, Jun 2008.

ROGGE, C. **Students' Development Of Conceptual Knowledge Within The Topics Thermal Equilibrium And Heat Transfer**. In: G. ÇAKMAKCI, G.; TAŞAR, M. F. Contemporary Science Education Research: Learning And Assessment. ESERA 2009 Conference. p.79-84, 2009.

ROITH, C. **La teoría crítica en la teoría educativa y los diseños Curriculares de wolfgang klafki** (2006). Disponível em: <<http://www.ual.es/~chroith/pdf/Klafki.pdf>>. Acesso em: 10.06.13

RONAN, C. A. **História ilustrada da ciência**. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.

RUIZ, S. V.; NAVARRO Y TORRES, M. A. El papel de la imagen en la enseñanza. Análisis de las ilustraciones del proceso de la meiosis en fuentes de consulta utilizadas por alumnos de Biología del CCH Vallejo. **Nuevos Cuadernos del Colegio**, Número 3, 2014. Disponível: <http://memoria.cch.unam.mx/tmp/pdfarticulo/109/ANTONIETA_NAVARRO_SILVIA_VELASCO_1113_1390255583.pdf>. Acesso em: 05.01.14.

SÁ, R. G. B. et al. **Explorando a formação de conceitos em licenciandos de Biologia: A via glicolítica**. In: 2º EREBIO/NE. João Pessoa: Editora da UFPB, 2006. CR ROOM.

SAARELAINEN, M., VIRI, J. **University physics students' conceptualizations of optics - designing educational reconstruction on optics course for undergraduate physics teachers**. In M. Komorek, Behrendt, H., Dahncke, H., Duit, R., Graeber, W., Kross, A. (Ed.), *Research in Science Education - Past, Present, and Future Vol.1* (pp. 333-335). Kiel: IPN Kiel, 1999.

SAARELAINEN, M.; HIRVONEN, E. P. Designing a teaching sequence for electrostatics at undergraduate level by using educational reconstruction. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** Vol. 3, No. 3, Sept. 2009.

SACRAMENTO, A. C. R.; MUNHOZ, G. B. **Animações e jogos digitais uma alternativa pra auxiliar professores de geografia**. 10º Encontro Nacional de Prática de Ensino de Geografia (ENPEG), Porto Alegre, 2009.

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias em La educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis, 2009.

SANTAELLA, L.; NÖTH, W. **Imagem: cognição, semiótica, mídia**. 1ª Ed. São Paulo: Iluminuras, 2008.

SANTIAGO Jr., F. A. et al. **Ser Protagonista**. Biologia 1. São Paulo: SM, 2010.

SANTOS, G. H.; ALVES, L.; MORET, M. A. **Modellus: Animações Interativas mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. Revista Sientibus.** v. 02, Dez., 2006.

SANTOS, J. N. **Uso de ferramentas cognitivas para a aprendizagem de física.** Dissertação (Mestrado em Física). 130f. Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Física, Fortaleza, Ceará, 2005.

SCHEFFEL, L. Relations Between Structure and Properties of Matter an Educational Reconstruction in Chemistry. **ESERA Summer School.** IEC – Universidade do Minho, Braga, Portugal, 15-22 July, 2006.

SILVA, C. H. et al. **Modelos didáticos no ensino de Biologia Celular: uma experiência com a "célula-gel".**In: IV ENEBIO e II EREBIO da Regional 4. Goiânia, Goiás, 18 a 21 de setembro de 2012. CD ROOM.

SILVA, H. C. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Proposições**, v. 17, n. 1 (49) - jan./abr. 2006.

SILVA, L. S.; SILVA, J. A. N. **A concepção de célula apresentada por estudantes do ensino médio de uma escola pública estadual localizada na grande João Pessoa.** UFPB-PRAC, XII Encontro de Extensão, João Pessoa, 2010.

SILVA, M. O. **No desvelar de Polêmicas Contemporâneas: o desafio do Ensino de Biologia.** Brasil, 151f. Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2007.

SILVEIRA et al. **Concepção de célula por alunos egressos do ensino fundamental.** XVIII CIC - XI ENPOS, Universidade de Pelotas, RS, 2009.

SILVEIRA, M. L. **Dificuldades de Aprendizagem e Concepções Alternativas em Biologia: a Visão de Professores em Formação sobre o Conteúdo de Citologia.**

197f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2013.

SINGER, C. Notes on the early history of microscopy. **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, 7: 247-279, 1914.

SINGER, S. T.; NICOLSON, G. L. The Fluid Mosaic Model of the Structure of Cell Membranes Source. **Science, New Series**. Vol. 175, N. 4023, pp. 720-731, Published by: American Association for the Advancement of Science, 1972.

SOARES, R. F. **Sequências Didáticas como Instrumentos Facilitadores do Ensino de Ciências nas Séries Iniciais**. 144f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.

SORDEN, S. D. **The Cognitive Theory of Multimedia Learning**. In IRBY, B. J.; BROWN, G.; LARA-ALECIO, R. (Eds.) Handbook of Educational Theories. Charlotte: Information Age Publishing Inc. 2012.

SOUZA, L. H. P. **As Imagens Fotográficas de Saúde no Livro Didático de Ciências**. VIII ENPEC, Campinas, São Paulo, 2011.

SOUZA, L. H. P.; GOUVÊA, G. **Imagens da Saúde no Livro Didático de Ciências**. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). Florianópolis, 2009. CD ROOM.

SPIRO, R. J.; JEHNG, J. **Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the non-linear and multidimensional traversal of complex subject matter**. D. Nix & R. Spiro (eds.), Cognition, Education, and Multimedia. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1990.

STAVROU, D.; DUIT, R.; KOMOREK, M. A teaching and learning sequence about the interplay of chance and determinism in nonlinear systems. **Physics Education**. 43 (4), 2008.

STOIANOV, E. **Klafki modelo de análise de Didaktik**. Disponível em:<<http://www.educ.umu.se/~emdid06/etb10427.htm>>. Acesso em: 16.12.11

TAŞAR, M. F.; ÇAKMAKCI, G. **ESERA - Contemporary science education research: teaching**. Ankara, Turkey: Pegem Akademi, 2009.

TAŞAR, M. F.; ÇAKMAKCI, G. **ESERA - Contemporary science education research: preservice and inservice teacher education**. Ankara, Turkey: Pegem Akademi, 2009a.

TAŞAR, M. F.; ÇAKMAKCI, G. **ESERA - Contemporary science education research: learning and assessment**. Ankara, Turkey: Pegem Akademi, 2009b.

TAVARES, R. **Animações Interativas e Mapas Conceituais**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro, 2005.

TAVARES, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. **Ciências & Cognição**; vol 13 (2): 99-108, 2008.

TEIXEIRA, J. M.; LIMA, B. A.; FAVETTA, L. R. A. **O conceito de célula investigado numa sala de aula de Ensino Médio: um Estudo de Caso**. 2006. Disponível em: <<http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/4mostra/pdfs/229.pdf>>. Acesso em: 12.05.2014.

TEKKA YA, C.; OZKAN, O.; SUNGUR, N. **Biology concepts perceived as difficult by turkish high school students**. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi21: 145-150, 2001.

TOLEDO, T. F.; SOBJAK, R.; ARAÚJO, E. C. **Objetos de Aprendizagem para Auxiliar no Ensino de Algoritmos**. XI Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância. Florianópolis, SC, 2014.

TOMAZ JR.; O. P.; KLEIN, T. A. S. **Concepções sobre biologia celular de alunos de ensino Médio da cidade de Londrina, PR.** IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, São Paulo, 2003. CD ROOM.

TSAGLIOTIS, N. **Hands-on science activities for the teaching and learning of mechanical energy with 6th grade primary school children in Greece.** p1-5, 2005. Disponível em: <<http://www.clab.edc.uoc.gr/2nd/pdf/13.pdf>>. Acesso em: 20.04.13.

VAN DEN AKKER, J. et al. Introducing educational design research. In J. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenney, & N. Nieveen (Eds.). **Educational design research.** p. 03-07, 2006.

VAN DEN AKKER, J. **Principles and methods of development research.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.

VAN DIJK, E. M.; KATTMANN, U. A research model for the study of science teachers. PCK and improving teacher education. **Teaching and Teacher Education**, 23, 885–897, 2007.

VASCONCELOS, Y. **Até onde a vista alcança?** Maio de 2012. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/materia/ate-onde-a-vista-alcanca>>. Acesso em 10.05.2013.

VIENNOT, L. **Learning and conceptual understanding: Beyond simplistic ideas, what have we learned?**(2006). Disponível em:<<http://web.phys.ksu.edu/icpe/Publications/teach2/Viennot.pdf>>. Acesso em: 10.06.13.

VIIRI, J.; SAVINAINEN, A. Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** vol. 2, nº. 2, May, 2008.

VILELA, R. A.T. **A Presença da Teoria Crítica no Debate e na Pesquisa Educacional no Brasil e na Alemanha no Período de 1995 à Atualidade.**

Relatório técnico de pesquisa. Programa de pós-graduação em educação – PUC Minas, Minas Gerais, MG, 2009.

VILMAR, D. K. **Didaktische Analyse als Kern der Unterrichtsvorbereitung.**

18.10.2004. Disponível em <http://www.uni-kassel.de/fb1/KVilmar/ws_2003_2004/wolfgang_klafki.htm>. Acesso em: 10.10.12.

VOSNIADOU, S. Bridging culture with cognition: A commentary on „Culturing conceptions: From first principles” by Roth, Lee and Hwang. **Cultural Studies of Science Education**, 3, 277-282, 2008.

WANG, F.; HANNAFIN, M. J. Design-based research and technology-enhanced learning environments. **Education Technology Research and Development**, v. 53, n. 4, p. 5-23, 2005.

WESTBURY, L.; HOPMANN, S.; RIQUARTS, K. **Teaching as reflective practice.**

The German Didaktik tradition. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2000.

WOODRUFF, L. L. Hooke's Micrographia. **The American Naturalist**, 53 (626): 247-264, 1919.

WRIGHT, E. The irrelevancy of science education research: perception or reality?

NARST News, 35(1), 1-2, 1993.

YESILYURT, S.; KARA, Y. **Assessing the effects of tutorial and edutainment software programs on students' achievements, misconceptions and attitudes towards biology.** Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, Volume 8, Issue 2, Article 1, p.1, 2007a.

YESILYURT, S.; KARA, Y. The effects of tutorial and edutainment software programs on students' achievements, misconceptions and attitudes towards biology on the cell division issue. **J. Baltic Sci. Edu.** 6(2), 5-15, 2007.

YOREK, N. SAHIN, M.; UGULU, I. Students' representations of the cell concept from 6 to 11 grades: Persistence of the "fried-egg model". **International Journal of Physical Sciences**. V. 5 (01), p 15-24, January, 2010.

ZAFORAS, A. M. G. Estudio llevado a cabo sobre Representaciones de la respiracion Celular en los alumnos de Bachillerato y cou. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.9, n.2, p. 129-134, 1991.

ZUANON, A. C. A.; DINIZ, R. E. S. **Aulas de biologia e a participação dos alunos: conhecendo como um grupo de estudantes do ensino médio avalia uma experiência**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), Bauru, São Paulo, 2003. CD ROOM.

ANEXOS

**Anexo B - Programa de Componente Curricular (PCC) da disciplina
"Biologia da Célula" do Centro Acadêmico de Vitória (CAV)**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS ACADÊMICOS
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DO ENSINO**

PROGRAMA DE COMPONENTE CURRICULAR

TIPO DE COMPONENTE (Marque um X na opção)

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Disciplina | <input type="checkbox"/> Prática de Ensino |
| <input type="checkbox"/> Atividade complementar | <input type="checkbox"/> Módulo |
| <input type="checkbox"/> Monografia | <input type="checkbox"/> Trabalho de Graduação |

STATUS DO COMPONENTE (Marque um X na opção)

- OBRIGATÓRIO ELETIVO OPTATIVO

DADOS DO COMPONENTE

Código	Nome	Carga Horária Semanal		Nº. de Créditos	C. H. Global	Período
		<i>Teórica</i>	<i>Prática</i>			
	<i>Biologia da Célula</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>3</i>	<i>60</i>	<i>3º</i>

Pré-requisitos		Co-Requisitos		Requisitos CH	
----------------	--	---------------	--	---------------	--

EMENTA

A dinâmica da biologia molecular da célula. Processos moleculares e bioquímicos associados às estruturas que compõem a célula. A relação das células com o ambiente e com outras células. Os tipos de células relacionados à evolução dos organismos.

OBJETIVO (S) DO COMPONENTE

Desenvolver habilidades relacionadas ao reconhecimento dos componentes celulares e suas relações.
Desenvolver competências na compreensão da biologia molecular da célula e de sua comunicação com o meio

METODOLOGIA

A disciplina será desenvolvida com aulas experimentais em laboratório e em sala de aula na forma de exposições dialogadas e estratégias de ensino-aprendizagem que se julgar mais conveniente para o tema tratado em cada aula.

AVALIAÇÃO

A avaliação será estabelecida com base no andamento da disciplina e poderá usar de métodos alternativos de avaliação do processo de ensino-aprendizagem.

CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

1. Introdução à Biologia Celular: histórico e diferença entre células procariontes e eucariontes
2. Microscopias e métodos de estudos em Biologia Celular
3. Constituição Química das Células: ácidos nucleicos, carboidratos, lipídeos e proteínas
4. Duplicação do DNA e expressão gênica
5. Cromatina e cromossomos
6. Membrana plasmática: estrutura, composição e suas especializações
7. Junções intercelulares
8. Citoesqueleto
9. Compartimentos celulares, secreção celular e endocitose
10. Mitocôndrias e respiração celular
11. Cloroplastos e fotossíntese
12. Controle do ciclo celular e Mitose
13. Meiose

BIBLIOGRAFIA BÁSICA

ALBERTS e cols. *Biologia Molecular da Célula*. Porto Alegre: Artmed, 2010.
 ALBERTS e cols. *Fundamentos da Biologia Celular -* Porto Alegre: Artmed, 2011.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CARVALHO, Hernandes e RECCO-PIMENTEL, Shirley. *A Célula*. São Paulo: Manole, 2007.
 COOPER, Geoffrey M., HAUSMAN, Robert E. *A Célula – Uma abordagem molecular*. Porto Alegre: Artmed, 2007

DEPARTAMENTO A QUE PERTENCE A DISCIPLINA
 PELO COLEGIADO DE CURSO

NÚCLEO DE BIOLOGIA

HOMOLOGADO

LICENCIATURA EM CIÊNCIAS
 BIOLÓGICAS

 ASSINATURA DO CHEFE DO DEPARTAMENTO

 ASSINATURA DO COORDENADOR DO CURSO OU ÁREA

Anexo C - Questões da Análise Didática de Klafki

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO – UFRPE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS - PPGE

Professores da Disciplina “Biologia da Célula” e Estudantes de Ciências Biológicas

Ricardo Ferreira das Neves – rico.neves2010@gmail.com

Prezado (a) Professor (a) Dr (a) e Estudantes de Ciências Biológicas:

Gostaria de sua contribuição em minha Tese de Doutorado intitulada: **ABORDAGEM DO CONCEITO CÉLULA: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**

A mesma discute sobre a abordagem do conceito de célula, numa perspectiva didática e pedagógica, envolvendo Livros Didáticos e Acadêmicos, Orientações Legais e Visão Docente. Nesse caso, a sua contribuição para esse momento, seria responder as arguições a seguir. Desde já agradeço a sua colaboração.

A - Qual é a ideia geral que está representada pelos conteúdos nesses tópicos de interesse? Quais são os fenômenos ou princípios básicos? Quais são as leis gerais que podem ser consideradas como essenciais para que as pessoas possam lidar com esse conteúdo?

B - O que é preciso saber para se trabalhar numa forma imediata com esse conteúdo? Quais são as experiências, os conhecimentos, as habilidades, as competências que devem ser desenvolvidas quando os estudantes lidam com esse conteúdo? Qual deve ser a significância desse conteúdo do ponto de vista pedagógico?

C - Qual a significância desse conteúdo para o futuro dos estudantes?

D - Qual é a estrutura desse conteúdo quando se considera a perspectiva pedagógica?

E - Quais são os casos particulares, os fenômenos ou as situações, que podem ajudar a fazer desse conteúdo específico interessante, questionável, acessível e entendível para os estudantes?

APÊNDICES

**Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)
entregue aos Docentes e aos Estudantes participantes da pesquisa**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPP
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS - PPGEC**

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Eu, **Ricardo Ferreira das Neves**, doutorando do Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) estou desenvolvendo a minha pesquisa doutoral intitulada - **ABORDAGEM DO CONCEITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE)**, sob a orientação da Profa. Dra. Helaine Sivini Ferreira e da Profa. Pós-Dra. Ana Maria dos Anjos Carneiro-Leão.

Objetivo Geral: Analisar a abordagem do conceito de célula mediante a utilização do Modelo de Reconstrução Educacional na elaboração, aplicação e validação de Sequências de Ensino Aprendizagem com Licenciandos em Ciências Biológicas.

Objetivos Específicos (síntese): Analisar o conceito de célula a partir da ótica do MRE; Elaborar Sequências de Ensino Aprendizagem a partir do MRE; Aplicar Sequências de Ensino Aprendizagem com os licenciandos em Ciências Biológicas e Identificar possibilidades e limites das Sequências de Ensino Aprendizagem sobre o conceito de célula em função do arcabouço teórico metodológico escolhido.

Desta forma, solicito a vossa colaboração direta ou indiretamente, que para o desenvolvimento da nesta pesquisa, constar-se-á de respostas sobre argutivas do questionário (Análise Didática) e/ou participação nas Sequências de Ensino Aprendizagem (SEA), com possibilidades de filmagens, e entrevistas gravadas, preservando-se a identidade dos participantes.

Ressaltamos que, o participante poderá desistir da pesquisa, cuja recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a UFRPE. Você receberá uma cópia deste termo no qual consta do telefone e do endereço do pesquisador, podendo esclarecer suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Por fim, solicito a devolução deste documento assinado.

Dados do Pesquisador:

Ricardo Ferreira das Neves
Fone: (81) ou (81)
Email: rico.neves2010@gmail.com

Declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios de minha participação na presente pesquisa e concordo em participar.

Recife, de de 2015.

Nome completo do Participante

Assinatura

Endereço

Telefone: E-mail:

Grato por sua colaboração.

Apêndice B – Ofício de Autorização para à Diretoria do Centro Acadêmico de Vitória (CAV) para realização da pesquisa de doutorado



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA – CAV

CI nº. 001/2015 – Coordenação Administrativa / CAV / UFPE

Vitória de Santo Antão, 22 de janeiro de 2015.

Ao Professor Ricardo Ferreira das Neves

Prezado Professor,

De ordem da Professora Florisbela Campos, informamos que autorizamos e estamos de acordo com as coletas necessárias para a finalização da pesquisa de tese intitulada: **ABORDAGEM DO CENECITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional (MRE).**

Atenciosamente. 



Diretoria
Centro Acadêmico de Vitória/UFPE

Apêndice C – Questionário

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO ACADÊMICO DE VITÓRIA - CAV
NÚCLEO DE BIOLOGIA

ABORDAGEM DO CONCEITO DE CÉLULA: uma investigação a partir das contribuições do Modelo de Reconstrução Educacional.

Perguntas iniciais

1. Por que se estuda a célula?

2. Conceitue célula

3. Quando pensamos numa célula, pensamos em:

A _____

B _____

C _____

4. Todas as células são microscópicas? Justifique e exemplifique.

5. Esboce um modelo mental (desenho) de uma célula

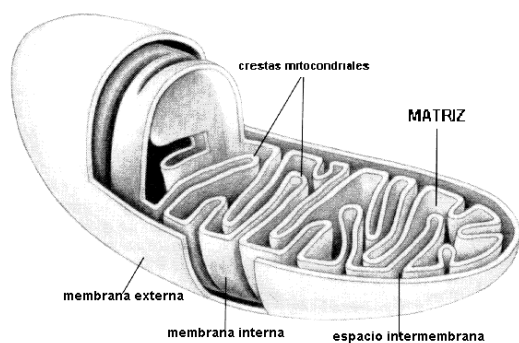
6. Elabore uma linha de “tamanho” entre os elementos listados na caixa abaixo. Destaque também, qual a relação entre esses elementos observados através da visão humana, do microscópio ótico e do microscópio eletrônico.

Humano, maçã, abelha, formiga, fio de cabelo, célula, bactéria, vírus, DNA, glicose, átomo, elétron orbital.
--

7. Qual(is) pesquisador(es) contribuiu(iram) para o desenvolvimento e expansão do conceito de célula até os tempos de hoje? Justifique.

8. Em nosso dia a dia é muito comum encontramos indagações do tipo: o ovo de uma ave é exemplo de uma célula gigante. Para você essa afirmação poderia ser considerada correta? Justifique.

9. Em livros das Ciências Biológicas é comum vermos organelas citoplasmáticas apresentando algum tipo de coloração. Como exemplo, sugerimos um esboço (desenho) de uma mitocôndria.



Pergunta-se: Qual cor você pintaria essa organela? Porque escolheu essa cor? Você acredita que essa cor é característica dessa organela? Justifique.

10. Faça um mapa conceito que expresse o que você conhece sobre a estrutura e funcionamento de uma célula.

CÉLULA

Apêndice D - Texto para elaboração da linha temporal

HISTÓRICO DA CITOLOGIA/BIOLOGIA CELULAR

Abordagem Histórica da Célula: Breves Considerações

Difícilmente pode-se atribuir uma autoria individual para a descoberta da célula. Todas as discussões da comunidade científica da época convergiram para o crescimento científico sobre o conceito, sendo necessários 176 anos para que a Teoria Celular fosse formulada, ressaltando pela primeira vez que as células são estruturas fundamentais no processo da vida. Entretanto, observamos que a primazia científica quanto ao estudo das células destaca em maior ênfase o nome do pesquisador Robert Hooke; físico inglês e integrante da Royal Society, como um grande colaborador para as discussões iniciais sobre a célula e o mundo microscópico.

Robert Hooke investigava fenômenos da física e da química, sendo inventor do diafragma em câmeras e tendo descrito ainda, os princípios da elasticidade. Publicou em 1665, o livro *Micrographia* (palavra latina para "pequenos quadros"), com reproduções detalhadas de imagens de animais e plantas obtidas a partir de suas observações, utilizando um microscópio composto. Abriam-se, então, novas perspectivas para olhar o mundo microscópico.

Para Hooke a célula representava apenas um elemento de curiosidade, entre tantos outros observados em seu microscópio, não havendo um interesse teórico específico. Ou seja, as observações ocorreram sem intencionalidade do pesquisador. Entretanto, devemos a ele o pioneirismo da observação e o termo "célula", universalizada como a estrutura básica dos seres vivos.

Dentre tantas perspectivas que estas imagens proporcionaram à Ciência daquela época, para a Biologia, a observação de secções de rolhas ao microscópio permitiu citar pela primeira vez o termo "célula" - câmaras, celas ou caixas. Esse material foi cortado transversal e perpendicularmente e a projeção da imagem através do microscópio mostrou a cortiça com poros (inúmeros tubos paralelos com divisões transversais).

Embora muitos tradicionalmente relatem a cortiça como elemento fundamental das discussões sobre a célula, a primeira observação em nível microscópico de Hooke foi com uma briófito (musgo) no dia 8 de abril de 1663, através de um teste experimental para os membros da *Royal Society*. Entretanto, foi à análise do fragmento de cortiça em 15 de abril de 1663, numa demonstração final aos membros da academia, que expandiu maiores discussões ao campo da Biologia.

As observações de Hooke a partir da cortiça trouxeram, então, poucas contribuições para a Teoria Celular, pois não havia um interesse direto sobre a célula, pois representava apenas mais um elemento descrito, oriundos de uma visualização no microscópio.

Embora seja comum mencionar as observações de Hooke nas histórias dos estudos sobre a célula, lembramos que ele estava interessado em explicar as propriedades da cortiça, e em nenhum momento estabeleceu relação entre as suas observações e uma constituição universal dos seres vivos.

O valor dos trabalhos de Hooke estava relacionado aos fatos da natureza, à importância das ilustrações, a exatidão e a riqueza dos detalhes percebidos, ou seja, ao fato de que suas contribuições estavam mais relacionadas ao desenvolvimento do microscópio do que ao interesse em descobrir as premissas da célula.

Nesta perspectiva, após descrever a experiência da cortiça, Hooke continuou suas pesquisas delineando e ilustrando objetos como: a cabeça de um alfinete; pequenos insetos; penas; nematódeos; partes de plantas; cabelo; bolores; papel; madeira petrificada; escamas de peixe; seda; areia, flocos de neve e urina. Esses foram reunidos e publicados na mesma obra - *Micrographia*. Muitas dessas observações se restringiam aos vegetais, visualizando as cavidades constituídas pela parede celulósica (observável por ser relativamente maior), pois a resolução do microscópio ainda era baixa e a lente causava algum grau de distorção.

Estas colocações contribuíram para os estudos do botânico inglês Nehemiah Grew, também membro da *Royal Society*, que publicou em 1682 uma monografia contendo imagens de estruturas microscópicas de plantas. Suas pesquisas fortaleceram a ideia de que os seres vivos são formados por células, sendo estendida para os animais.

Assim, após estas considerações históricas, oportunizamos discutir sobre a evolução do conceito de célula, a partir das contribuições relatadas e impulsionadas pela descoberta e análise do fragmento de cortiça.

Conforme comentamos anteriormente, as contribuições de Robert Hooke quanto ao fragmento de cortiça e sobre outras estruturas e seres vivos não forneceram indicações sobre o núcleo e as organelas celulares. Entretanto, conjuntamente com Antony van Leeuwenhoek (primeiro homem a testemunhar uma célula viva sob um microscópio), as observações de Schleiden, Schwann, Virchow e outros levaram ao desenvolvimento da Teoria Celular, generalizando que todos os seres vivos são constituídos por células.

Buscando a compreensão do conceito de célula, não podemos considerar que os primeiros microscopistas viram o que compreendemos como células na atualidade. As estruturas descritas e ilustradas por desenhos variavam bastante quanto à denominação: “poros microscópicos” (Hooke, Grew); “utrículos”, “sáculos” (Malpighi), “bolhas”, “bexigas” (Grew) ou “células” (Hooke, Leeuwenhoek). Assim, muitos desses nomes poderiam estar relacionados a outras estruturas e não especificamente à célula.

Hoje o conceito de célula como sendo a unidade básica da vida foi estabelecido após anos de pesquisas e discussões científicas, passando a ser um importante objeto de estudo. À medida que os estudos estruturais evoluíram, outras concepções surgiram permitindo traçar um processo de “evolução” conceitual sobre a célula.

A partir do Século XV ocorreu a descoberta da célula e com esta ideias iniciais sobre sua estrutura viva. O interessante é que todo o pensamento sobre a célula era puramente abstrato; ou seja, as concepções da época eram fomentadas a partir de uma percepção abstrata, pois as dimensões reduzidas e a falta de instrumentos e técnicas mais acuradas dificultavam inferir detalhes sobre o conceito. Assim, este começou a ter expansão na medida em que áreas da Biologia (botânica, bioquímica, biofísica, anatomia, fisiologia) começaram a elucidar os elementos mais perceptíveis e obter informações mais conclusivas, passíveis de serem evidenciadas como reais.

