



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL de LONDRINA

---

TÂNIA APARECIDA DA SILVA KLEIN

**PERSPECTIVA SEMIÓTICA SOBRE O USO DE IMAGENS  
NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE  
BIOTECNOLOGIA POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

TÂNIA APARECIDA DA SILVA KLEIN

**PERSPECTIVA SEMIÓTICA SOBRE O USO DE IMAGENS  
NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE  
BIOTECNOLOGIA POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutora em Ensino de Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú

Londrina  
2011

Catálogo Elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina

### Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

K64p Klein, Tânia Aparecida da Silva.  
Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia por alunos do ensino médio / Tânia Aparecida da Silva Klein. – Londrina, 2011. 197 f. : il.

Orientador: Carlos Eduardo Laburú.

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2011. Inclui bibliografia.

1. Ciência – Estudo e ensino – Teses. 2. Biotecnologia – Formação de conceitos – Teses. 3. Semiótica e ciência – Teses. 4. Biotecnologia – Representação – Teses. I. Laburú, Carlos Eduardo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 50:37.02

TÂNIA APARECIDA DA SILVA KLEIN

**PERSPECTIVA SEMIÓTICA SOBRE O USO DE IMAGENS NA  
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE  
BIOTECNOLOGIA POR ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para obtenção do Título de Doutora em Ensino de Ciências.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú  
UEL – Londrina – PR

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Evelyse dos Santos Lemos  
FIOCRUZ – Rio de Janeiro – RJ

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Maria de Andrade Caldeira  
UNESP – Bauru – SP

---

Prof. Dr. Miguel Luiz Contani  
UEL – Londrina – PR

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Bahl de Oliveira  
UEL – Londrina – PR

---

Profa. Dra. Ana Heloísa Molina  
Membros Suplentes  
UEL – Londrina – PR

---

Dr. Osmar Henrique Moura da Silva  
Membros Suplentes  
UEL Londrina PR

Londrina, 10 de junho de 2011

Para Mateus e Maria Julia

Alegrias do coração

Alegrias sempre

## AGRADECIMENTOS

Minha trajetória profissional se iniciou em casa, com a convivência e o incentivo dos meus pais. Na Universidade, na qual atualmente atuo, tive inúmeros exemplos não só profissionais, mas exemplos de valores humanos e de amizade: Viviane, Martinha, Karina, Patrícia, Marcilei, Nilza, Gislayne, Laurival, Silmara, Mariana, Patrícia, Virginia, Vera Bahl, Alvaro e os tantos mais amigos do Departamento de Biologia Geral, especialmente a Profa. Mary Pegoraro, que tanto me auxiliou nesses anos de realização da pesquisa. Não posso esquecer dos meus alunos, peças-chave na decisão de investir em uma tese de doutorado.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina e, com estima, ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú.

Ao Prof. Alberto Klein pelas orientações e encaminhamentos que tanto auxiliaram na proposta do trabalho.

Agradeço também aos amigos da IPB Vila Judith e da célula de casais, pelo companheirismo e pelas orações.

Agradeço com carinho aos amigos Aletéia, Marcelo (da Téia), Fernanda, e Marcelo (da Fer) pelo auxílio nas traduções, nas revisões e pela paciência comigo.

À minha família: meu pai Manoel, meus irmãos Josi (pelo auxílio das digitações) e Flavio, meus cunhados, Marcio, Aline, Ligia e Eduardo, meus sogros Nelsa e Carlos e minhas lindas sobrinhas, Laís, Aline e Nicole, pelo apoio.

Agradeço imensamente à minha mãe, Odeth, pela presença constante.

Aos meus filhos, Mateus e Maria Julia, simplesmente por existirem e por serem a razão do meu viver, em todos os sentidos.

Acima de tudo, agradeço a Deus, criador da vida e da sabedoria humana.

O amor jamais acaba  
As profecias desaparecerão  
As línguas cessarão  
A ciência passará  
Porque conhecemos em parte e  
Em parte profetizamos [...]  
Agora conheço somente em parte  
Mas virá o tempo que conhecerei como sou conhecido.  
(I Co 13.8, 9)

SILVA KLEIN, Tania Aparecida da. **Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia por alunos do ensino médio**.2011. 197 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina PR. 2011.

## RESUMO

Este estudo problematiza a relação estabelecida entre os códigos imagéticos e o processo de construção de significação do conceito de biotecnologia. A pesquisa buscou articular os aspectos da Teoria Semiótica de Charles S. Peirce com os fundamentos da Teoria da Aprendizagem Significativa, no intuito de oferecer uma ferramenta analítica na direção de identificar elementos presentes no processo de conceituação e à produção de significados científicos. Foram analisadas leituras de imagens e mapas conceituais sobre DNA, enzima de restrição, transgênico, clonagem e biotecnologia de nove alunos do nível médio de ensino. Os resultados foram analisados segundo o modelo proposto e categorizados em domínios e níveis de significação. Os termos utilizados na produção dos aprendizes foram categorizados em três domínios interpretativos: *domínio interpretativo descritivo*, *domínio interpretativo científico* e *domínio interpretativo valorativo*. Os mapas conceituais analisados apresentaram uma maior interação entre os domínios e houve maior exploração da amplitude do tema da biotecnologia do que na atividade de leitura de imagens, cujos resultados demonstraram uma maior concentração no domínio científico. Observou-se dificuldades na construção de relações socioculturais, éticas e ambientais com a biotecnologia, mas constatou-se que não há uma interação dependente entre os domínios e níveis de significação, ou seja, o percurso de conceituação evidencia-se idiossincrático. Uma reflexão em torno do papel da imagem no discurso e no ensino de ciências também é explorada neste trabalho e o instrumento de análise imagética proposto mostra-se eficiente para o entendimento de como os códigos do modo da imagem convertem-se no modo verbal escrito, ou vice-versa, e quais as implicações para o processo de aprendizagem.

**Palavras-chave:** Aprendizagem significativa. Semiótica. Imagem. Ensino de ciências. Biotecnologia.

SILVA KLEIN, Tania Aparecida da. **Semiotic perspective on the use of images in the significant learning of the concept of biotechnology by high school pupils.** 2011. 197 f. Thesis (Doctoral in Science and Teaching and Mathematics Education Mathematics Education) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

### **ABSTRACT**

This study discusses the relation between pictorial codes and the process of building the meaning of the concept of biotechnology. The research sought to articulate the aspects of semiotic theory of Charles S. Peirce with the fundamentals of the Theory of Meaningful Learning, in order to offer an analytical tool towards identifying the elements present in the process of conceptualization and production of scientific meanings. Readings were analyzed images and concept maps on DNA, restriction enzyme, GM elements, cloning and biotechnology from nine high school students. The results were analyzed according to the proposed model and categorized into domains and levels of significance. The terms used in the production of learners were categorized in three areas of interpretation: interpretive descriptive domain, interpretive scientific domain and interpretive evaluation domain. The concept maps analyzed showed a greater interaction between the fields and there was further exploration of the breadth of the subject of biotechnology than the process of reading images, whose results showed a higher concentration in science. There were difficulties in building socio-cultural, ethical and environmental relationships with biotechnology, but it was found that there is not an interaction between subject areas and levels of significance, ie, the path of idiosyncratic concept is evident. A reflection on the role of imagery in the discourse and the teaching of science is also explored in this paper and the proposed imagery analysis tool has proved effective for the understanding of how the codes of the image mode are converted into written verbal, or vice versa, and the implications for the learning process.

**Keywords:** Meaningful learning. Semiotics. Image. Science education. Biotechnology.

SILVA KLEIN, Tania Aparecida da. **La perspectiva semiótica sobre el uso de imágenes en la aprendizaje significativa del concepto de biotecnología por estudiantes de secundaria.** 2011. 197 f. Tesis (Doctorado de las Ciencias y Educación Matemática, Universidad Estadual de Londrina, Londrina, 2011).

## RESUMEN

Este estudio analiza la relación entre los códigos pictóricos y el proceso de construcción del significado del concepto de la biotecnología. La investigación buscó articular los aspectos de la teoría semiótica de Charles S. Peirce con los fundamentos de la teoría del aprendizaje significativo, con el fin de ofrecer una herramienta analítica para la identificación de los elementos presentes en el proceso de conceptualización y producción de significados científicos. Se analizaron las lecturas de las imágenes y los mapas conceptuales en el ADN, enzimas de restricción, elementos genéticamente modificados, clonación y biotecnología de nueve estudiantes de secundaria. Los resultados fueron analizados de acuerdo con el modelo propuesto y clasifican en dominios y niveles de significación. Los términos utilizados en la producción de los alumnos fueron clasificados en tres áreas de interpretación: dominio interpretativo descriptivo, dominio interpretativo científico y dominio interpretativo valorativo. Los mapas conceptuales analizados mostraron una mayor interacción entre los campos y no había mayor exploración de la amplitud del tema de la biotecnología que el proceso de imágenes de la lectura, cuyos resultados mostraron una mayor concentración en la ciencia. Hay dificultades en la construcción de las relaciones socio-culturales, la biotecnología ética y medioambiental, pero se encontró que existe una interacción entre las áreas y niveles de significación, es decir, el camino del concepto idiosincrásico es evidente. Una reflexión sobre el papel de las metáforas en el discurso y la enseñanza de la ciencia también se explora en este trabajo y la herramienta de análisis de las imágenes propuestas ha demostrado su eficacia para la comprensión de cómo los códigos con el fin de convertir el modo de imagen escrita verbal, o viceversa, y las implicaciones para el proceso de aprendizaje.

**Palabras-clave:** Aprendizaje significativo. Semiótica. Imagen. Educación científica. Biotecnología.

## LISTA DE IMAGENS

<b>Imagem 1</b> – Revista Época: Decifrei meu DNA .....	153
<b>Imagem 2</b> – Nature: O genoma humano.....	155
<b>Imagem 3</b> – Revista Veja: A Medicina que faz milagres .....	157
<b>Imagem 4</b> – Super Interessante: O Curativo Genético .....	159
<b>Imagem 5</b> – Ciência Hoje: DNA Nova arma nos Tribunais .....	161
<b>Imagem 6</b> – Tomate com boca .....	162

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1A</b> –Inter Relação Entre os Domínios Descritivo, Interpretativo Científico e Interpretativo Valorativo, Enfatizando o Processo de não Dependência entre tais Domínios, Mas o Possível Efeito entre um e Outro Domínio. ....	83
<b>Figura 1B</b> –Domínios Interpretativos e níveis de significação estabelecidos a partir da Representação do objeto imagético .....	88
<b>Figura 2</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	100
<b>Figura 3</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema DNA .....	101
<b>Figura 4</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Enzima de Restrição .....	101
<b>Figura 5</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Transgênico .....	102
<b>Figura 6</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Clonagem .....	103
<b>Figura 7</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema de Biotecnologia (final) .....	104
<b>Figura 8</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	105
<b>Figura 9</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema DNA .....	105
<b>Figura 10</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Enzima de Restrição .....	106
<b>Figura 11</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Transgênico.....	107
<b>Figura 12</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Clonagem .....	108
<b>Figura 13</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Biotecnologia (final) .....	109

<b>Figura 14</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	110
<b>Figura 15</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema de DNA .....	111
<b>Figura 16</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema de Enzima de Restrição .....	112
<b>Figura 17</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema Transgênico .....	113
<b>Figura 18</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema Clonagem .....	114
<b>Figura 19</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema de Biotecnologia (final) .....	115
<b>Figura 20</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Biotecnologia (inicial) .....	116
<b>Figura 21</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema DNA .....	117
<b>Figura 22</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Enzima de Restrição .....	118
<b>Figura 23</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Transgênico .....	118
<b>Figura 24</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Clonagem .....	119
<b>Figura 25</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema de Biotecnologia (final) .....	120
<b>Figura 26</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	121
<b>Figura 27</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema DNA .....	121
<b>Figura 28</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Enzima de Restrição .....	122
<b>Figura 29</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Transgênicos .....	122
<b>Figura 30</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Clonagem .....	123

<b>Figura 31</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Biotecnologia (final) .....	124
<b>Figura 32</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	125
<b>Figura 33</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema DNA .....	125
<b>Figura 34</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Enzima de Restrição .....	126
<b>Figura 35</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Transgênicos .....	126
<b>Figura 36</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Clonagem .....	127
<b>Figura 37</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema de Biotecnologia (final) .....	128
<b>Figura 38</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	129
<b>Figura 39</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema DNA .....	129
<b>Figura 40</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Enzima de Restrição.....	130
<b>Figura 41</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Transgênico .....	130
<b>Figura 42</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Clonagem .....	131
<b>Figura 43</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Biotecnologia (final) .....	131
<b>Figura 44</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema de Biotecnologia (inicial) .....	132
<b>Figura 45</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema DNA .....	133
<b>Figura 46</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Enzima de Restrição.....	133
<b>Figura 47</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Transgênico .....	134

<b>Figura 48</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Clonagem .....	134
<b>Figura 49</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Biotecnologia (final) .....	135
<b>Figura 50</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Biotecnologia (inicial) .....	136
<b>Figura 51</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema DNA .....	137
<b>Figura 52</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Enzima de Restrição .....	137
<b>Figura 53</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Transgênico .....	138
<b>Figura 54</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Clonagem .....	139
<b>Figura 55</b> – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Biotecnologia (final) .....	140
<b>Figura 56</b> – Distribuição Percentual dos Níveis de Significação Identificados nas Leituras das Imagens Realizadas pelos Estudantes do Ensino Médio .....	165

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Definição das Três Categorias Peircianas (SILVEIRA, 2007, p. 41) .....	75
<b>Quadro 2</b> – Tema Proposto, Estratégia Metodológica E Modo Representacional Utilizados Nas Atividades Desenvolvidas Durante A Oficina De Biotecnologia .....	92
<b>Quadro 3</b> – Manchete, Descrição Inicial E Referência Das Imagens Utilizadas Para As Práticas E Leituras Imagéticas .....	94
<b>Quadro 4</b> – Características Dos Domínios Interpretativos e Níveis De Significação Elencados Para Análise Das Representações Imagéticas Sobre Biotecnologia .....	97
<b>Quadro 5</b> – Níveis de Significação Identificados Durante as Atividades Desenvolvidas sobre o Tema Transgênicos no Modo Representacional Verbal-Oral (A1: Aluno 1; A2: Aluno 2; A3: Aluno3; A4: Aluno 4; P: Professor; as setas indicam a sequência das falas no episódio discursivo) .....	169
<b>Quadro 6</b> – Níveis de Significação Identificados Durante as Atividades Desenvolvidas Sobre o Tema Transgênicos, nas atividades de construção de mapa conceitual e leitura da imagem 6 (A1: Aluno 1; A2: Aluno 2; A3: Aluno3; A4: Aluno 4) .....	175

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 1, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.....	141
<b>Tabela 2</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 2, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	142
<b>Tabela 3</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 3, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	143
<b>Tabela 4</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 4, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	144
<b>Tabela 5</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 5, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	145
<b>Tabela 6</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 6, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	145
<b>Tabela 7</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 7, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	147
<b>Tabela 8</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 8, sobre os temas	

Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	149
<b>Tabela 9</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 9, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem .....	150
<b>Tabela 10</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 1.....	154
<b>Tabela 11</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 2 .....	156
<b>Tabela 12</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 3 .....	158
<b>Tabela 13</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 4 .....	160
<b>Tabela 14</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 5.....	162
<b>Tabela 15</b> – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 6 .....	163

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>CAPÍTULO 1 – SOBRE OS ASPECTOS DA BIOTECNOLOGIA COMO ÁREA DE CONHECIMENTO</b> .....	26
1.1 INTRODUÇÃO .....	26
1.2 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA BIOTECNOLOGIA .....	27
1.3 BIOTECNOLOGIA NA MÍDIA .....	29
1.4 BIOTECNOLOGIA NA ESCOLA .....	31
1.4.1 Aspectos Valorativos do Conteúdo de Biotecnologia .....	33
1.5 CONCLUSÃO .....	36
<b>CAPÍTULO 2 – TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA</b> .....	39
2.1 INTRODUÇÃO .....	39
2.2 MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO E APRENDIZAGEM .....	40
2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .....	42
2.3.1 Linguagem e Aprendizagem Significativa de Conceitos .....	44
2.3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa e Representação Conceitual: Possíveis Aproximações Semióticas .....	47
2.4 CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA .....	53
2.4.1 Formas Representacionais e Aprendizagem de Biotecnologia .....	54
<b>CAPÍTULO 3 – SOBRE O USO DE IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS</b> .....	58
3.1 INTRODUÇÃO .....	58
3.2 A IMAGEM NO DISCURSO CIENTÍFICO .....	60
3.3 IMAGEM E ENSINO DE CIÊNCIAS .....	64
3.4 MAPAS CONCEITUAIS COMO REDES DE SIGNIFICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA .....	66
<b>CAPÍTULO 4 – SOBRE A TEORIA SEMIÓTICA E O ESTUDO DO MODO IMAGÉTICO</b> .....	70
4.1 INTRODUÇÃO .....	70

4.2	TEORIA SEMIÓTICA PEIRCIANA .....	72
4.2.1	Definição das Três Categorias Peircianas .....	73
4.3	TEORIA SEMIÓTICA PEIRCIANA E O ESTUDO DA IMAGEM .....	75
4.3.1	Proposta de um Instrumento Analítico para o Estudo da Imagem.....	79
<b>CAPÍTULO 5 –METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....</b>		<b>85</b>
5.1	INTRODUÇÃO .....	85
5.2	INSTRUMENTO PARA ANÁLISE VISUAL .....	85
5.3	ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO .....	89
5.4	INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DOS DADOS .....	90
5.4.1	Oficina de Biotecnologia .....	90
5.4.2	Construção de Mapas Conceituais .....	93
5.4.3	Leitura de Imagens .....	93
5.4.4	Discussão Oral .....	94
5.5	ANÁLISE DOS DADOS .....	95
<b>CAPÍTULO 6 –APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>		<b>98</b>
6.1	INTRODUÇÃO .....	98
6.2	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS .....	98
6.2.1	Análise 1: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 1 .....	100
6.2.2	Análise 2: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 2 .....	104
6.2.3	Análise 3: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 3 .....	110
6.2.4	Análise 4: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 4 .....	115
6.2.5	Análise 5: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 5 .....	120
6.2.6	Análise 6: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 6 .....	124
6.2.7	Análise 7: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 7 .....	128
6.2.8	Análise 8: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 8 .....	132
6.2.9	Análise 9: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 9 .....	135
6.2.10	Discussão e Análise Comparativa dos Mapas Conceituais .....	140
6.3	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS LEITURAS DAS IMAGENS .....	151
6.3.1	Análise 1: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 1 .....	153
6.3.2	Análise 2: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 2 .....	154
6.3.3	Análise 3: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 3 .....	156

6.3.4	Análise 4: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 4 .....	158
6.3.5	Análise 5: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 5 .....	160
6.3.6	Análise 6: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 6 .....	162
6.4	ANÁLISE COMPARATIVA DAS LEITURAS DAS IMAGENS .....	164
6.5	ANÁLISE COMPARATIVA VERBAL-VISUAL .....	167
6.5.1	Júri Simulado “Transgênicos” .....	167
6.5.2	Triangulação e Discussão dos Resultados.....	170
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>		<b>176</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>		<b>180</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>195</b>
ANEXO 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido .....		196

# INTRODUÇÃO

**A** pesar de comumente considerada uma ciência dura, a Biologia trata de conteúdos não absolutos, resultantes de uma história plural, contínua e social. Um exemplo são as questões que permeiam o tema da biotecnologia, um campo de conhecimento que envolve elementos científicos básicos ao mesmo tempo que integra técnicas e protocolos específicos para a obtenção de produtos do uso cotidiano, seja na indústria alimentícia, farmacológica ou na área da saúde e reprodução.

A manipulação do material genético de diversos organismos constitui o cerne do desenvolvimento das pesquisas da atual biotecnologia e, inevitavelmente, indagações sobre o uso ou não dos produtos agregam implicações de cunho ético, moral, sócio-econômico e ambiental. A amplitude e a complexidade do tema, que envolve uma gama de elementos e conceitos de campos de conhecimento científicos distintos permite que, neste momento, a biotecnologia seja considerada um *campo conceitual*<sup>1</sup>.

A preocupação decorrente da experiência profissional nas áreas de formação docente e aprendizagem efetiva, levou a autora deste trabalho propor um diagnóstico sobre a construção do conceito de biotecnologia, além de suas reverberações socioculturais, entre alunos do ensino médio. Do mesmo modo, que busca traçar os trajetos cognitivos operados por tais alunos no desenvolvimento deste conceito, a partir de códigos imagéticos, considerando a estreita relação do tema da biotecnologia com a imagem, através dos diversos suportes midiáticos.

---

<sup>1</sup> Neste trabalho o termo “campo conceitual” apresenta um caráter organizacional no que se refere ao tema da Biotecnologia, ligada à área de conhecimento da Genética.

O pensar científico se faz dentro de uma variedade de signos e o intercâmbio comunicativo deste pensar se dá por meio de uma multiplicidade de modos discursivos. Muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender o conceito científico, seja no sentido de associar os diferentes tipos de conhecimentos que permeiam o tema ou no sentido de compreender as representações utilizadas na descrição de processos e mecanismos, o que não ocorre de forma diferente na biotecnológica.

Desta forma, prestar atenção à construção do registro simbólico, enquanto se estimula o trânsito e o trabalho dos estudantes por diversas linguagens de representação para promoção dessa construção, é uma forma de patrocinar aproximações com as estruturas cognitivas individuais e contribuir para que a aprendizagem se torne não arbitrária e substantiva. Nesta perspectiva, aprender métodos e conceitos científicos envolve a capacidade do aprendiz em ligar e coordenar diferentes modos representacionais, como formas gráficas, verbais, matemáticas, cinestésicas, experimentais ou diagramáticas.

Em particular, o uso de imagens na investigação científica pode tornar possível o estudo de estruturas ou organismos que não existem mais, como por exemplo, os dinossauros. Da mesma forma, imagens esquemáticas podem dar visibilidade a moléculas químicas facilitando sua análise e pesquisa. Por isso é verdadeiro dizer que através das imagens representamos e entendemos o mundo, pois desde tempos remotos a imagem é adotada pelo homem como expressão da sua própria cultura (SANTAELLA; NÖTH, 2005), permeando, nos dias atuais, praticamente todas as áreas da ação humana e, particularmente, o campo científico.

Especificamente, quando há referência à pesquisa sobre o uso da representação visual e educação científica, são inúmeros os enfoques e as metodologias encontradas na literatura. As investigações percorrem um espectro que vão desde a análise da estrutura de ilustrações que compõem os manuais didáticos até abordagens sobre o papel da imagem e aprendizagem (MAYER; GALLINI, 1990; PERALES PALACIOS, 2006). No entanto, poucos trabalhos têm como foco a relação entre as representações visuais e outros modos representacionais, como os modos textual e oral, ou ainda, as facilidades ou dificuldades em representar um conceito em um ou outro modo. Além disso, as

pesquisas se centram no estudo específico da construção de alguns modos representacionais visuais, como gráficos, tabelas e esquemas.

Cabe ressaltar ainda, a falta de consenso sobre uma metodologia de análise que abarque, simultaneamente, os elementos que constituem a imagem e os aspectos cognitivos mobilizados no processo de uma aprendizagem efetiva de conceitos, levando em conta que é importante conhecer os recursos necessários para a interpretação de imagens, bem como as dificuldades existentes na análise de imagens e aprendizagem significativa.

Muitas teorias têm como escopo a análise visual, como os estudos da imagem em matemática, em filosofia, em estética, em psicologia, ou em retórica, por exemplo. Este trabalho envereda-se por uma perspectiva semiótica, pois ela permite reconciliar os vários empregos da imagem e, também, enxergar a complexidade de sua natureza. A Semiótica é considerada uma teoria mais globalizante, que permite ultrapassar as categorias funcionais, pois, a partir de uma abordagem analítica, privilegia a imagem sob o ângulo da significação, seu modo de produção de sentidos e de interpretações.

O problema que esta pesquisa procura enfrentar pode-se enunciar da seguinte maneira: *Que trajetórias cognitivas se efetuam na construção do conceito de biotecnologia entre alunos do ensino médio?* A partir da problemática identificada durante o delineamento desta investigação, optou-se pelo uso dos referenciais da Teoria da Aprendizagem Significativa e da Teoria Semiótica como escopo para a construção de uma metodologia que permitisse identificar qual a relação existente entre a leitura ou a construção de uma imagem e a aprendizagem significativa de conceitos, especificamente aos ligados à Biotecnologia.

Para isso, recorreu-se à Teoria Semiótica Peirciana e à construção de significados durante o processo de conceituação, dentro de uma perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel (1968).

Dentro do panorama exposto, os objetivos da investigação foram o de estabelecer um instrumento analítico a partir da Teoria Semiótica e Teoria da Aprendizagem Significativa e elucidar os percursos cognitivos do processo de construção do conhecimento de Biotecnologia, a partir da sua categorização em domínios e níveis de significação, identificados em leituras de imagens, construção de mapas conceituais e discussão oral.

A estrutura final da pesquisa apresentada compõe-se de seis capítulos distintos. O espaço ocupado pela biotecnologia, tanto na sociedade quanto nos currículos escolares, é o tema do primeiro capítulo, que também aborda suas várias nuances conceituais. De maneira similar, o capítulo trata da capilaridade social que tal conceito alcançou em razão da alta velocidade de transformações tecnológicas experimentadas no campo da ciência, com seu forte impacto nos meios de comunicação de massa.

O Capítulo 2 enfoca a aprendizagem de conceitos científicos, colocando a biotecnologia como objeto, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa e Representação Multimodal (Duval, 2004). Este último foi inserido como referencial teórico porque foram utilizados diferentes modos representacionais na constituição dos dados (modo visual, verbal-textual e verbal-oral). Portanto procurou-se, neste capítulo e na discussão dos dados obtidos, estabelecer as relações possíveis entre essas duas teorias de aprendizagem.

Já o Capítulo 3 tem como tema central a *Imagem*, e enfatiza a relação entre seus aspectos constitutivos e o seu papel no discurso científico e nos processos de ensino e aprendizagem de ciências.

As contribuições da teoria semiótica de Charles S. Peirce para o estudo da imagem, bem como sua aplicabilidade para a construção de ferramentas de análise desta pesquisa são discutidas no capítulo 4. Também são abordadas as possíveis relações com a Teoria da Aprendizagem Significativa.

O delineamento experimental da pesquisa (tipo de pesquisa, sujeitos participantes, descrição das intervenções didáticas e dos modos representacionais utilizados na constituição dos dados) é exposto no Capítulo 5, que discorre sobre os procedimentos metodológicos utilizados. Na primeira parte do Capítulo o modelo instrumental para a análise dos dados é apresentado e discutidas as categorias propostas dentro da ferramenta analítica proposta pela autora.

Os resultados obtidos pelos modos representacionais utilizados nas intervenções didáticas (modo visual, verbal-textual e verbal-oral) são apresentados e discutidos no Capítulo 6.

Dessa maneira este trabalho enfrenta trincheiras da pesquisa que não são facilmente aproximáveis: biotecnologia, ensino, imagem, semiótica e aprendizagem significativa. O percurso estabelecido com suas intervenções

teórico-metodológicas, aproximações conceituais sugeridas, discussão de seus resultados e soluções apontadas, oferecem-se desde já ao exame crítico.

# CAPÍTULO 1

## SOBRE OS ASPECTOS DA BIOTECNOLOGIA COMO ÁREA DE CONHECIMENTO

### 1.1 INTRODUÇÃO

A temática da moderna biotecnologia está presente constantemente no cotidiano das pessoas, mas o homem lida com produtos biotecnológicos antes mesmo de entender os processos químicos ou celulares. A produção de vinhos e pães são exemplos clássicos. Até mesmo a modificação genética das espécies já ocorria desde o início da humanidade, com a seleção de indivíduos para o melhoramento de culturas agrícolas.

A proposição do modelo da estrutura da molécula do DNA por Watson e Crick em 1953 (WATSON & CRICK, 1953; WATSON, 2005) abriu caminhos a novas pesquisas e a engenharia genética, através da manipulação da molécula, possibilitou o desenvolvimento de inúmeras técnicas além a obtenção de diversos produtos. As técnicas agora têm como principal alvo a molécula do DNA, que por se constituir em uma estrutura química comum entre os seres vivos, permite que a própria barreira da formação de espécies biológicas seja rompida, pois o DNA, como molécula fundamental portadora da informação gênica, codifica as mesmas proteínas em animais, plantas ou microrganismos.

O rápido crescimento do conhecimento de biotecnologia durante as décadas passadas tornou necessário repensar os conteúdos do currículo escolar e provocou uma consideração sobre a questão ética e social, relacionada ao uso de aplicações biotecnológicas. A provável insegurança quanto à utilização de produtos biotecnológicos ocorre pela alta velocidade com que as pesquisas acontecem e também pela atenção da mídia sobre o assunto. Atualmente são frequentes as

notícias sobre a manipulação do DNA e obtenção de organismos geneticamente modificados, assim como questões sobre fertilização ou inseminação artificial além de pesquisas com células-tronco. Tais questões suscitam dilemas também entre professores e alunos que precisam estar capacitados a discutir e explorar os conteúdos que envolvem o tema.

Neste capítulo tem-se a pretensão de indicar os aspectos que envolvem o desenvolvimento da biotecnologia como área do conhecimento, bem como as articulações para o ensino e a aprendizagem do tema.

## 1.2 DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DA BIOTECNOLOGIA

O século XX foi marcado por diversos eventos históricos e políticos, mas com certeza será também lembrado pelos avanços científicos e tecnológicos. Mais especificamente pela Genética, que surgiu no início do século, com a redescoberta das leis de Mendel. Juntamente com as descobertas de Morgan, esta época envolveu a busca de mutações em uma grande variedade de animais e plantas e o estudo da herança biológica, seguida da busca da localização de genes (WATSON, 2005).

O Projeto Genoma Humano iniciou-se nos EUA em 1990. Em seguida, outros países, inclusive o Brasil, passaram a participar do projeto, cujos objetivos foram o mapeamento dos genes e o sequenciamento de todo o genoma humano. Assim, identificando genes específicos, pode-se diagnosticar inúmeras doenças genéticas (PASSOS-BUENO, 1997; PEREIRA, 2001). As inseguranças a respeito do sequenciamento de genes humanos incluem a possibilidade de discriminação entre as pessoas, o abuso de seguros de saúde com a identificação de portadores de genes alterados, ou ainda, a disponibilidade ou não dos testes para a população.

Um outro exemplo é o caso da terapia gênica, definida como o tratamento de doenças genéticas ou não genéticas através da introdução, em células específicas do paciente, de cópias de genes com objetivos terapêuticos. Neste caso, o problema ético surge, quando há a terapia gênica em células germinativas ou no zigoto, pois é alterado, por definitivo, o genoma de um indivíduo, antes de seu nascimento. Os argumentos contrários centram a discussão na manipulação da identidade genética de um organismo. Já os

argumentos favoráveis incluem a obrigação moral da disponibilidade de métodos para tratamento de doenças, o direito dos pais em gerar filhos saudáveis, o menor custo da terapia gênica em células germinativas que nas somáticas, a liberdade de pesquisa e o valor intrínseco do conhecimento (AZEVEDO, 1997).

Um exemplo da aplicação de técnicas de engenharia genética é a obtenção de culturas da bactéria *Escherichia coli* que sintetizam insulina humana, disponível no mercado atualmente. Esta técnica facilitou o processo de obtenção de hormônio e favoreceu o paciente com possíveis riscos de alergia a uma insulina não humana.

Uma outra questão bastante conhecida e com grande divulgação na sociedade são os alimentos *transgênicos*. São considerados organismos geneticamente modificados (OGMs) ou produtos transgênicos aqueles que receberam *in vitro* um ou mais genes não pertencentes ao organismo, ou seja, exógeno. Nesse sentido, a *transgênese* pode ser definida como uma técnica de melhoramento genético, pela qual são inseridos genes exógenos em um indivíduo, que naturalmente não possuiria tal gene (ARANTES, 2003). Segundo os pesquisadores da área, tais alimentos têm produção agrícola maior, são resistentes a pragas, o que diminui o uso de pesticidas ou herbicidas e podem ter um maior valor nutricional do que de plantas convencionais (BRANDNER, 2002). Um bom exemplo seria o milho-Bt, que possui um gene da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt). Este gene é responsável pela produção de uma proteína que mata lagartas de insetos. Assim, o milho-Bt possui um inseticida natural em sua estrutura genética e pode eliminar lagartas que normalmente afetariam a cultura (VILAS-BÔAS; VILAS-BÔAS, 2006).

Há grupos políticos ou ambientalistas, no entanto, que têm opiniões contrárias ao uso de alimentos geneticamente modificados, o que não impediu a ampla inserção destes no mercado mundial<sup>2</sup>. Alguns riscos apontados incluem a exposição a possíveis alergênicos e toxinas, maior resistência a antibióticos e cruzamento não controlado entre as plantas geneticamente modificadas e as espécies naturais (SLOVIC, 1987). Apesar de vários testes realizados antes que se

---

<sup>2</sup> De acordo com o Boletim 2009 da ISAAA (*International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications*, James, Clive, 2009), dos 134 milhões de hectares com cultivos transgênicos, 62,4% corresponderam a cultivos tolerantes ao herbicida glifosato (soja, milho, algodão, canola e alfafa), 16,2% a cultivos resistentes ao inseto-Bt (milho, algodão e álamo), e 21,4% a cultivos com ambas as características acumuladas (milho e algodão). Também foram observados cultivos resistentes à vírus (papaya e abóbora).

cultive em larga escala determinada planta com modificação genética, a União Europeia e outros países exigem a certificação de alimentos livres de organismos geneticamente modificados (BRANDNER, 2002).

A relação entre genética e meio ambiente torna-se estreita quando lembramos que o conhecimento genético adequado de um organismo é muito importante para a sua preservação. Como por exemplo, o estudo da *variabilidade genética* de uma espécie na população fornece informações sobre o tamanho populacional e a sua variação nas gerações, indicando quais fatores interferem em sua adaptação, como no caso de mutações causadas por mudanças drásticas no ambiente, como poluentes (SALZANO, 1997). A genética pode auxiliar também no monitoramento da poluição, como da água ou danos causados pela radiação. Além disso, a aplicação da genética está presente na indústria, agricultura, produção de alimentos e indústria farmacêutica.

### 1.3 BIOTECNOLOGIA NA MÍDIA

Se há pouco tempo atrás só se discutia biotecnologia dentro das universidades ou escolas, hoje a esta ciência extrapolou os limites da academia e está presente no dia-a-dia das pessoas, interferindo em questões sociais. É muito raro um telejornal sem uma notícia que envolva um mapeamento de algum gene, uma inovação técnica ou uma aplicação biotecnológica.

O conhecimento na área tem avançado assustadoramente e é praticamente impossível manter-se atualizado sobre todos os aspectos. Apesar de tais avanços proporcionarem inúmeros benefícios para a humanidade, há uma preocupação para que esses avanços não conduzam a uma discriminação genética ou a uma eugenicização irracional, ou ainda, a um pensamento reducionista e linear sobre o desenvolvimento humano. Esses conhecimentos devem se unir à discussão ética e filosófica levando a uma reflexão para sabermos lidar com desafios tão diferentes que abordam as questões genéticas (OPITZ, 1997; COSTA & DINIZ, 1997).

Toda discussão e o crescente número de informações que são “despejadas” sobre a população, da forma como são colocados, geram mitos, incertezas e medo causando o que) chama de “genetização” e “genomania”. Genetização reflete uma crescente preocupação com as partes anormais ou

potencialmente anormais do corpo e o medo de que isso possa afetar na saúde ou na qualidade de vida, inclusive dos filhos. Já genomania é a crescente consciência quanto à quantidade absoluta de genes que podem causar doenças ou a morte (como se fosse uma obsessão ocidental) (OPITZ, 1997).

Os meios de comunicação de massa têm um papel importante na divulgação da ciência. Se há bons exemplos, de um lado, de outro, podemos perceber que a mídia em muitos casos desvia-se de sua função para criar mitos, estimular o medo e gerar ilusões e distorções. As reflexões e dilemas sobre técnicas e produtos biotecnológicos aparecem em filmes, programas de TV, jornais e revistas de grande circulação. Termos, até então de uso restrito ao meio científico, como DNA, célula-tronco, transgênico e outros, passaram a fazer parte da linguagem de uso comum e, rapidamente, estes conteúdos misturaram-se em discussões presentes também no universo escolar.

Um clássico cinematográfico é o filme GATTACA (ANDREW NICOLL, 1997), que narra a condição de um jovem biologicamente inferior em uma sociedade eugênica e suas tentativas de subverter a ordem social, a fim de galgar uma posição de trabalho a que jamais poderia ter acesso. A produção pode servir de alerta aos ufanistas das biotecnologias ao desnudar as implicações éticas, sociais e morais da ciência. Um outro típico exemplo é a Novela “O Clone” (GLÓRIA PERES, 2002), que discute de forma estereotipada a construção científica. Levando em consideração o papel de formação de opinião, a Rede Globo poderia fornecer, muito além de um produto de entretenimento, informações relevantes acerca dessa nova biotecnologia, bem como alimentar uma discussão acerca da clonagem terapêutica. Reforçou-se um mito, desviando-se da informação.

Em fevereiro de 1997, quando a notícia o primeiro clone animal (ovelha Dolly) foi dada, a mídia se dispôs a fantasiar o futuro com o advento da clonagem. Falou-se muito das consequências negativas da técnica, sem mencionar quaisquer benefícios. Em uma pesquisa sobre matérias jornalísticas e a clonagem, Costa e Diniz (2001), constataram que os jornalistas demonstraram sentimento de medo, proteção e defesa contra a clonagem, sem uma reflexão ética e crítica dos usos e abusos da técnica.

#### 1.4 BIOTECNOLOGIA NA ESCOLA

Toda a discussão em torno da biotecnologia leva à reflexão sobre como tais conteúdos estão organizados ou são discutidos dentro do contexto da escola, pois normalmente, há uma maior ênfase dentro dos programas curriculares, de conceitos relacionados às técnicas e à obtenção de produtos biotecnológicos.

No entanto, pressupondo a educação como a base para a formação de valores e formação de um ser humano capaz de intervir como cidadão, o ensino da biotecnologia deve ocorrer no formato de eixo transdisciplinar (SOUZA, 1994, p. 28).

A Constituição Brasileira (Art. 205), deixa claro que a educação deve garantir o pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho. Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) que norteiam a nova base do ensino fundamental e médio no País, há a orientação para o ensino de ética (BRASIL, 1997). O objetivo maior deste programa é a formação do cidadão, baseado no princípio da dignidade do ser humano, como prescreve a Constituição Brasileira, num país cuja diversidade social, econômica, racial e cultural difere significativamente. Os conteúdos priorizados nos parâmetros incluem o respeito mútuo, a justiça, o diálogo e a solidariedade, estando diretamente ligados ao exercício da cidadania, que não se traduz apenas pela defesa dos direitos e interesses.

A educação para a cidadania requer que questões sociais sejam apresentadas para a aprendizagem e reflexão dos alunos. Há uma preocupação de se incluir questões sociais no currículo escolar. Os PCNs incorporaram essa tendência e a incluem na forma de eixos transversalizados, com o intuito de criar um currículo mais articulado e flexível. Dentre os temas transversais propostos, a ética é o mais trabalhado, já que faz parte do cotidiano de cada um:

A reflexão ética traz à luz a discussão sobre a liberdade de escolha. A ética interroga sobre a legitimidade de práticas e valores consagrados pela tradição e pelo costume [...] Trata-se portanto de discutir o sentido ético da convivência humana nas suas relações com várias dimensões da vida social: o ambiente, a cultura, a sexualidade e a saúde. (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, 1997).

A sociedade depende da biotecnologia tanto na produção de alimento quanto no tratamento médico. Além disso, essa área conquistou um espaço privilegiado entre as disciplinas da Biologia, permeando e direcionando as pesquisas e o desenvolvimento científico-tecnológico, não somente da produção alimentícia e de medicamentos, mas auxiliando nos campos da zoologia, botânica, imunologia, entre outros. Essas são as primeiras razões da importância e da necessidade de se incluir o tema no currículo do ensino fundamental e médio.

Há um consenso entre os pesquisadores na área de ensino e aprendizagem de ciências, sobre a importância e relevância da inclusão da biotecnologia no nível médio de ensino. Chen e Raffan (1999) em uma pesquisa com alunos ingleses indicam uma compreensão limitada do tema biotecnologia entre os alunos. Mas enfatizam que apesar disso o objetivo de ensino de biotecnologia deve ultrapassar o nível científico e discutir benefícios e riscos nos diversos campos de aplicação da biotecnologia.

Dawson e Taylor (2000) afirmam que o ideal é formar alunos capazes de discutir as implicações éticas e sociais do uso de produtos obtidos a partir de técnicas de biotecnologia moderna. Schibeci (2000) sugere a importância de se compreender os impactos da biotecnologia na saúde, na economia e no ambiente. Os tópicos de biotecnologia que deveriam estar inseridos na disciplina de biologia no ensino médio incluem: bioética, biotecnologia na agricultura, na medicina, na indústria, questões ambientais e biotecnologia, engenharia genética, projeto genoma e DNA "*finger printing*". Mas há o problema emergente de formação continuada de professores de biologia, que não se consideram aptos a tratar todos os temas referentes à biotecnologia (KIDMAN, 2009).

Deve-se considerar, no entanto, que o principal objetivo do ensino de Biologia no nível médio é o preparo para a cidadania e que o homem do século XXI, científica e tecnologicamente alfabetizado<sup>3</sup>, precisa responder às questões

---

<sup>3</sup> A National Science Teachers Association (Santos, 2001 conforme Pavão & Freitas, 2008) considera que uma pessoa está científica e tecnologicamente alfabetizada quando ela: 1) Usa conceitos de ciência e tecnologia e recorre a uma reflexão informada por valores éticos na solução de problemas do dia a dia e na tomada de decisões responsáveis na vida quotidiana, incluindo trabalho e lazer; 2) Empenha-se de forma pessoal e responsável em ações cívicas, depois de ter pesado as possíveis consequências de opções alternativas; 3) Defende decisões e ações usando argumentos racionais baseados em evidências; 4) Empenha-se na ciência e tecnologia pelo incitamento e explicações que proporcionam; 5) Implica-se com curiosidade na apreciação do mundo natural e do mundo feito pelo homem; 6) Usa ceticismo, métodos cuidadosos, raciocínio lógico e criatividade na investigação do universo observável; 7) Valoriza a investigação científica e a resolução de problemas tecnológicos; 8) Localiza, colige, analisa e avalia fontes de informação científica e tecnológica e usa-as na

éticas e valorativas que se interpõem com a tecnologia cada vez mais presente no dia-a-dia das pessoas.

#### 1.4.1 Aspectos Valorativos do Conteúdo de Biotecnologia

Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa, é preciso fazer uma análise do conteúdo e das dificuldades de aprendizagem em função das características dos alunos, para concretizar os objetivos, os conteúdos educativos e as estratégias didáticas. O alcance de tal objetivo só se fará possível numa proposta curricular na perspectiva sociocultural baseada numa aprendizagem crítica dos fenômenos naturais e sociais, globais e locais, considerando que o papel da cultura científica é a formação e capacitação para compreender e modificar o mundo, extrapolando a visão reducionista e parcial da informação que chega ao cotidiano escolar.

Pesquisas na área de ensino de biologia (GOODRUM et al., 2001; DAWSON, SCHIBECI, 2003) sugerem que muitos alunos do ensino médio não compreendem os processos ou implicações da biotecnologia moderna. Deve-se considerar que a prioridade da educação científica seja a formação da cidadania e auxilia o aluno do ensino médio a entender o mundo ao seu redor e seja capaz de opinar e discutir questões atuais sobre o desenvolvimento científico e suas implicações ambientais e socioeconômicas.

A revisão desenvolvida por Sáez et al. (2008) mostra alguns resultados de pesquisadores espanhóis quando identificaram e exploraram diferentes contextos culturais em que o ensino e aprendizagem de biotecnologia estão incorporados, estando principalmente preocupados com as atitudes e valores emergentes de estudantes relativamente a essas questões. Os resultados

---

resolução de problemas, na tomada de decisões e nas ações que levam a efeito; 9) Distingue entre evidência científica e tecnológica e opinião pessoal e entre informação segura e não segura; 10) Permanece aberta a novas evidências e a tentativas de conhecimento científico e tecnológico; 11) Reconhece que a ciência e a tecnologia são esforços humanos; 12) Pesa os benefícios e maléficis do desenvolvimento científico e tecnológico; 13) Reconhece a força e as limitações da ciência e da tecnologia para o avanço e bem-estar da humanidade; 14) Analisa interações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade; 15) Liga a ciência e a tecnologia a outros esforços humanos, por exemplo, história, matemática, artes e humanidades; 16) Considera o aspecto político, econômico, moral e ético da ciência e tecnologia e relaciona-os às questões pessoais e globais; e 17) Proporciona do mundo natural que possam ser testadas para sua validação.

identificam quatro principais valores: o “princípio do natural”, o “princípio do bem-estar”, o “princípio da solução tecnológica” e o “princípio das decisões individuais”.

Neste estudo foi observado que, mesmo embora quase ninguém seja contra os testes clínicos para diagnosticar doenças hereditárias, a maioria dá razões de “autoridade” em suas posições contra escolher o sexo dos filhos, quando se “brincaria de Deus”. Há também um forte pragmatismo das possibilidades tecnológicas, como por exemplo, usar batatas modificadas geneticamente para acabar com a fome em países em desenvolvimento. Surpreendentemente, o valor do “natural” é minimizado pelos alunos nas áreas rurais, os quais subordinam o princípio ao “pragmatismo” que tem sua origem no princípio do bem-estar, iniciado mais tarde.

Em conclusão, o referido estudo mostrou que as pessoas entrevistadas fazem uma avaliação moral de um modo geral sobre a biotecnologia. Eles apoiam suas aplicações em seres vivos de acordo com o grau de similaridade com humanos.

Foi desenvolvido um módulo com alunos do ensino médio em Israel, com conteúdos que envolviam os dilemas de pesquisas em biotecnologia e os impactos na sociedade e no ambiente, com estratégias baseadas em estudos de caso controversos sobre o tema. Os alunos participantes foram capazes de construir argumentos baseados em aspectos médicos, religiosos, da natureza humana, a partir de um módulo proposto de biotecnologia. No entanto, os alunos relataram dificuldade na tomada de decisão dos estudos de caso propostos, pela enorme complexidade e interdisciplinaridade encontrada no tema da biotecnologia (DORI et al., 2003).

Outro estudo, com alunos de 12 anos, na Austrália, identificou que os alunos têm curiosidade em aprender sobre os clones ou como identificar um criminoso através do DNA, mas questões éticas parecem não despertar o interesse dos mesmos estudantes, pois a ideia de responsabilidade não é atraente (KIDMAN, 2008). Segundo Kidman (2008), normalmente os alunos têm interesse em temas relacionados à biotecnologia, mas infelizmente não têm conhecimento específico para basear suas argumentações.

Da mesma forma, Araújo e Aquino (2001), defendem que o ensino de valores deve ocorrer de maneira transversal, partindo da premissa de que a participação da educação escolar na construção da democracia e da cidadania

“deve se dar enfocando conteúdos estreitamente vinculados ao cotidiano, às preocupações sociais e aos interesses da maioria da população” (p. 16).

Segundo Opitz (1997), a grave fragilidade da civilização contemporânea tem sua origem nos currículos escolares, sendo, portanto, necessária uma reforma nos sistemas educacionais em todos os níveis. Cabe aos educadores a tarefa de disseminação de informações corretas, sendo os meios de comunicação de massa uma solução parcial para a alfabetização e educação genética.

A busca da *hominização* operaria um novo nascimento do homem. O primeiro nascimento foi o dos começos [...]; o segundo veio com a emergência da linguagem e da cultura [...]; o terceiro foi o da sociedade arcaica [...]; o quarto foi o nascimento da história [...]. O quinto nascimento, possível, mas não ainda provável, seria o nascimento da humanidade, que nos faria sair da idade de ferro planetária, da pré-história do espírito humano, que civilizaria a Terra e veria o nascimento da sociedade/comunidade planetária dos indivíduos, das etnias, das nações. (MORIN; KERN, 2002, p. 101).

Para que tal humanização aconteça será necessária uma reflexão em todos os setores da nossa sociedade. É importante que se discuta todas as questões humanísticas para a reconstrução da existência humana numa sociedade caracteristicamente pluralista, tanto no sentido cultural, étnico e econômico.

Neste sentido, Flores e Tobin (2003), apontam que as implicações sociais e conflitos sobre alimentos geneticamente modificados são conteúdos que o professor também tem que discutir em sala de aula, pois os alunos precisam ter o acesso de como esta tecnologia é representada pela mídia e interpretada pelo público, e não ter somente a instrução científica para construir sua própria opinião.

Os valores humanos afetam diretamente o desenvolvimento de pesquisas na área e as questões éticas e morais desempenham um papel significativo na formação de atitudes em relação às aplicações da biotecnologia moderna (DINIZ, GUILHERME, 2002). A perspectiva aqui enfocada é de que a abordagem da biotecnologia deve-se fazer entrelaçada à bioética, com o propósito de levar a reflexão sobre o desenvolvimento dinâmico da ciência e os valores éticos e sociais que o envolve (PESSINI; BARCHIFONTAINE, 1997; COHEN, FERRAZ, 1999).

Para Gouvêia (2002), as questões éticas e sociopolíticas envolvem direitos e deveres, justiça e injustiça, lei e punição, proibição e liberdade, responsabilidade e marginalidade, conduta pessoal e relacionamentos humanos, assim, tais questões não podem ser desprezadas, uma vez que fazem parte do cotidiano do indivíduo:

A plena consciência da cidadania como parte da formação educacional de cada indivíduo é absolutamente necessária para a construção de um país democrático e bem sucedido [...] cabe, portanto, aos pensadores e educadores que se empenhem para que a plena consciência da cidadania torne-se uma realidade (2002, p. 12).

Segundo Sirota (1994), uma sala de aula é uma pequena sociedade e assim o cotidiano escolar constitui-se como uma esfera definida no tempo e no espaço, sendo socialmente autônoma. A interação dos que fazem parte do cotidiano escolar dá lugar a uma troca de saberes, valores e ideologias, onde o comportamento de cada um cria uma nova dinâmica e redefine o contexto. Assim, o professor em sala de aula deve mobilizar, além dos conteúdos curriculares, esses conhecimentos que permeiam o processo de ensino, pautando toda a formação do aluno (KLEIN, 2000).

## 1.5 CONCLUSÃO

A autonomia e o desenvolvimento de um país dependem fundamentalmente do investimento na ciência e na tecnologia (OLIVEIRA; FALTAY, 2008). Deve-se ressaltar que o objetivo de se ensinar ciências, nos níveis fundamental e médio, não é treinar futuros cientistas, mas contribuir para a formação intelectual e de cidadania, sem menosprezar o desenvolvimento de um raciocínio lógico-matemático e analítico.

Neste sentido, a biotecnologia coloca-se não apenas como uma nova área no domínio das ciências, mas constitui-se como epicentro de transformações que se processam na vida contemporânea, reconfigurando economicamente o mundo, desde o agronegócio à indústria farmacêutica, tomando parte do cotidiano dos consumidores com seus produtos nas gôndolas de mercado, criando novas possibilidades de tratamentos medicinais, mas, sobretudo,

agendando midiaticamente debates públicos em torno de questões éticas sobre transgênicos ou terapias genéticas.

Se a biotecnologia demonstra-se onipresente no espaço público, contraditoriamente os currículos escolares, com sua rígida estrutura, estão em descompasso com as rápidas mudanças que são intrínsecas do contexto tecnológico. Daí o desafio de recriar novas condições para uma educação científica aberta e flexível que consiga integrar um conhecimento complexo e crítico sem a pressa e os solavancos das transformações tecnológicas.

Iozzi (1979) propõe que seja incorporada no processo educacional uma perspectiva de ensino de valores integrados ao sistema cognitivo e aos componentes conceituais, privilegiando assim a integração da argumentação, da ética, da moral e da ciência no contexto da sala de aula. Dessa forma as discussões podem ser bem informadas quanto às implicações das novas tecnologias genéticas e os estudantes terão a capacidade de sustentar questões sociais e éticas levantadas. Assim elementos de atitudes serão construídos respeitando a amplitude e a complexidade de decisões pessoais relacionadas aos processos da biotecnologia.

Uma das finalidades fundamentais da educação é o preparo dos alunos para serem cidadãos ativos e críticos, membros solidários e democráticos de e para uma sociedade similar. Para isso, tornam-se necessários recursos e experiências de ensino e aprendizagem inovadores, com formas de avaliação e metodologias que promovam a construção dos conhecimentos, habilidades, atitudes e valores importantes para o exercício da cidadania.

Assim, no próximo capítulo serão enfatizadas as contribuições da Teoria da Aprendizagem Significativa e as possíveis articulações com o uso de múltiplas representações para se facilitar a aprendizagem de conceitos científicos. Neste trabalho, no entanto, a ênfase maior se dá no modo representacional imagético, considerando que foi a forma de representação escolhida para investigar os processos de aprendizagem na pesquisa proposta.

O uso de problemas reais relacionados à discussão de dilemas inerentes à biotecnologia é uma ferramenta que auxilia na análise de ação individual e social, pois *quanto mais o aluno reflete sobre a realidade, sobre sua situação concreta, mais emerge plenamente consciente e comprometido a intervir para modificá-la* (FREIRE, 2000).

Para isso, a abordagem de conceitos e teorias científicas deve ser realizada de forma contextualizada e crítica. Em geral a ciência é mistificada e confundida. Em sala de aula, os movimentos que compõem a construção da ciência, como a ética, o poder, as contradições não são explorados. Diferentemente a ciência é posta como um método lógico-intrínseco e vista como salvadora dos problemas sociais e tecnológicos.

# CAPÍTULO 2

## TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA

### 2.1 INTRODUÇÃO

O Capítulo 2 discorre sobre as interconexões possíveis entre os elementos da Teoria da Aprendizagem Significativa e a construção do conceito da biotecnologia. Neste sentido, será enfatizado o uso de múltiplas representações como facilitador de tal construção cognitiva. Considera-se que adquirir novas significações não é um processo exclusivamente dependente da linguagem (escrita ou falada), mas é o resultado da interação entre diversos sistemas de representação que incluem imagens, gráficos e diagramas, passando pelo uso de gestos e atividade física, como a observação e manipulação de objetos.

Consequentemente, o aprendizado ultrapassa a esfera puramente conceitual e envolve simultaneamente a compreensão dos diferentes modos representacionais e a capacidade do aprendiz em passar de um modo representacional para outro, características que também envolvem o conceito da biotecnologia.

Por isso é importante um modelo curricular que priorize o conteúdo em si, mas que também privilegie uma abordagem baseada nas múltiplas representações possíveis de um conceito, em um eixo multidisciplinar. Considerando que cada modo comunicativo contribui de maneira especializada e cooperativa para dar significado e explicitar conceitos, o uso de modos diversificados de representação contribui de forma direta para a aprendizagem significativa destes. Um episódio de ensino-aprendizagem se caracteriza pelo

compartilhar de significados entre aluno e professor sobre conhecimentos veiculados por materiais educativos do currículo, onde há a busca da congruência de significados. Para que haja o intercâmbio e *negociação* de significados, a linguagem torna-se um instrumento básico e essencial (MOREIRA, 2003).

## 2.2 MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO E APRENDIZAGEM

Nas pesquisas em educação científica há um crescente reconhecimento de que a aprendizagem dos conceitos e dos métodos da ciência são realçados quando permanecem associados à compreensão de diferentes formas representacionais. Duval (1993 e 2006) enfatiza que a compreensão de um conceito depende da coordenação de pelo menos dois registros de representação desse conceito. Assim, pode-se deduzir que a aprendizagem de um novos conceitos e das representações simbólicas não são processos dissociáveis e estão diretamente relacionados com a produção de significados (TYLER et al., 2007; DUVAL, 2006).

Representação Multimodal refere-se à prática de rerepresentar um mesmo conceito de várias maneiras ou em diferentes linguagens, sejam elas descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, fotográfica, por mapas ou cartas), experimentais e matemáticas, figurativas (pictórica, analógica e metafórica), gestuais ou corporais. Há um crescente reconhecimento de que a aprendizagem de conceitos e métodos científicos pode ser realçada quando associada à compreensão e integração dessas diferentes formas de representação (KOZMA, RUSSEL, 1997; KEIG, RUBBA, 1993).

De orientação cognitivista e semiótica, tal programa de pesquisa procura aprofundar a compreensão dos aspectos fundamentais envolvidos na relação entre as representações e a aprendizagem de conceitos (DUVAL, 2004; GODINO, 2003). O uso de representações multimodais de conceitos e descobertas no discurso científico possibilita ao aprendiz captar o significado dos conceitos, na medida em que ligam e compreendem os diferentes modos representacionais (PRAIN; WALDRIP, 2006). É consenso que os diferentes modos de representação apresentam diferentes níveis de eficácia e fraqueza em relação à precisão, clareza e capacidade de dar significado associativo às representações.

Os estudantes logo se veem com a tarefa de entender os diferentes aspectos das representações e seu uso integrado, no momento em que estão aprendendo ciência. Eles têm necessidade de compreender que diferentes modos encerram distintos propósitos, como o caso das representações gráfica, tabular ou algébrica usadas para indicar medidas extraídas num experimento para identificar a relação entre elementos.

Entre os trabalhos com este enfoque, há os que se preocupam com o papel da imagem para a compreensão e auxílio na interpretação de textos (PERALES PALACIOS, 2006; MAYER; GALLINI, 1990), os que fazem uso de desenhos (PACCA et al., 2003) para explicitar os modelos dos alunos, os que consideram as representações simbólicas criadas pelos próprios alunos, para substituir inicialmente os símbolos oficiais (GOUVEIA; LABURÚ, 2005), ou, por fim, os que estudam as dificuldades de ler e entender representações gráficas (TYTLER et al., 2006; SHAH; HOEFFNER, 2002). A dificuldade dos alunos do ensino básico em ler imagens e dar-lhes interpretação coerente e compatível com a significação vem sendo objeto de outros estudos (COLIN; VIENNOT, 2002; STYLIANIDOU et al., 2002; PINTÓ; AMETLLER, 2002).

No que se refere à dimensão cognitiva do uso de diferentes modos para representar um conceito, Ainsworth (apud PRAIN; WALDRIP, 2006) aponta três pontos principais de relação comum. Primeiramente, uma nova representação convém para complementar, confirmar ou reforçar conhecimentos passados. Segundo, uma nova representação propicia restrição e refinamento de uma interpretação, por delimitação do foco sobre os conceitos-chave. Finalmente, diferentes representações capacitam o aprendiz a identificar um conceito subjacente ou abstração através de diferentes modos representacionais ou dentro do mesmo modo.

Além disso, uma nova representação serve como um elo entre o conhecimento prévio e o conhecimento novo que está sendo apresentado para o aprendiz. Assim, a multiplicidade de tipos e funções de comunicação deve ser aproveitada no âmbito didático em função das necessidades cognitivas individuais (PERALES PALACIOS, 2006; LABURÚ; CARVALHO, 2005).

### 2.3 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

É preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos ou fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, que torna-se capaz de explicar situações ou resolver problemas com suas próprias palavras. Dessa forma, a aprendizagem significativa caracteriza-se pela *interação* entre o novo conhecimento e o conhecimento prévio de forma não literal e não arbitrária: o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, adquirindo mais estabilidade. O relacionamento não arbitrário ocorre quando conhecimentos especificamente relevantes para o sujeito, denominados de subsunçores, ancoram ao conhecimento a ser aprendido (AUSUBEL, 1980).

Para que ocorra aprendizagem significativa é necessário que o material a ser aprendido seja incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz também de modo não literal, com significado. Novas ideias e informações podem ser aprendidas e retidas, na medida em que os conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura do indivíduo e funcionem, dessa forma, como ponto de ancoragem às novas ideias e conceitos.

Um aspecto a se considerar é o material, que necessita ser potencialmente significativo caso se apresente logicamente e psicologicamente significativo (MOREIRA, 1999). Entende-se como logicamente significativo aquele material que não se apresenta suficientemente aleatório e arbitrário, e que seja passível de estabelecer conexões com as ideias relevantes do sujeito, ou seja, com os seus conceitos subsunçores específicos disponíveis. Aí há possibilidade de substantividade quando se congrega a estrutura cognitiva à essência do novo conhecimento, das novas ideias e não as palavras literais usadas para expressá-las.

Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma hierarquia conceitual, onde elementos mais específicos de conhecimento são ligados a conceitos mais gerais e inclusivos. Segundo Ausubel (2000, p. 41):

A essência do processo de aprendizagem significativa é que idéias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe [...], que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição já significativos.

Nesse sentido, Moreira (1999, p. 20) enfatiza a importância de um material educativo *potencialmente significativo*, que seja capaz de se relacionar ou se incorporar à estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal. Tal processo depende tanto da natureza do próprio material como da natureza da estrutura cognitiva do indivíduo, onde devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material poderá se relacionar. Por isso, na perspectiva ausubeliana, o conhecimento prévio (já existente na estrutura cognitiva do aprendiz) é a variável crucial para a aprendizagem significativa.

Quanto à organização cognitiva dos conceitos, Ausubel divide a aprendizagem significativa em dois tipos: *aprendizagem significativa subordinada* e *aprendizagem significativa superordenada*. A primeira compreende uma organização hierárquica conceitual em relação ao nível de abstração, generalidade e inclusividade, onde a emergência dos novos significados reflete uma subordinação do novo conhecimento à estrutura cognitiva. Já a aprendizagem superordenada ocorre indutivamente, quando o material é organizado ou envolve a síntese das ideias, ou seja, neste caso há a incorporação de significados conceituais ou proposicionais mais inclusivos ou mais gerais que os já existentes na estrutura cognitiva. Assim à medida que ocorre a aprendizagem significativa, além da elaboração dos conceitos subsunçores é possível a ocorrência concomitante de interações entre os conceitos (AUSUBEL, 1968).

Ainda no que diz respeito à aprendizagem subordinada, esta pode subdividir-se em *derivativa*, quando o material aprendido ilustra especificamente um conceito estabelecido na estrutura cognitiva, ou *correlativa*, quando o novo conceito apresenta-se como uma extensão, uma elaboração, uma modificação ou qualificação dos conceitos ou proposições previamente aprendidos. Neste caso, cabe ressaltar um outro conceito importante, a *diferenciação progressiva*, que é o princípio segundo o qual as ideias mais amplas ou gerais são progressivamente diferenciadas em seus pormenores ou suas especificidades. A organização de certo conhecimento na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica, onde os conceitos mais inclusivos estão no topo da estrutura e, progressivamente,

incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados. Dessa forma, a aprendizagem significativa se constitui em um processo contínuo no qual adquirem significados mais abrangentes na medida em que são estabelecidas novas relações entre os conceitos.

Outro importante princípio da aprendizagem significativa é a *reconciliação integradora*, o princípio programático segundo o qual a instrução deve também explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes e reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. Para facilitar esse processo, o material instrucional deve procurar integrar qualquer material novo com material anteriormente apresentado. Seguindo este raciocínio ausubeliano, a estrutura conceitual se mantém de forma não rígida, mas busca as relações entre as significações conceituais e proposicionais, de acordo com as diferenças e similaridades, na busca de uma *reconciliação integrativa* entre os conceitos prévios e os que estão sendo incorporados. (AUSUBEL, 2000).

Ausubel é um representante do cognitivismo, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. Como outros teóricos do cognitivismo, ele se baseia na premissa de que existe uma estrutura (a estrutura cognitiva) na qual essa organização e integração se processam.

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva e nesse caso pode-se dizer que a nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal.

Em uma aprendizagem significativa não acontece apenas a retenção da estrutura do conhecimento, mas se desenvolve a capacidade de transferir esse conhecimento para a sua possível utilização em um contexto diferente daquele em que ela se concretizou.

### 2.3.1 Linguagem e Aprendizagem Significativa de Conceitos

Nesse sentido, orientações atuais das pesquisas em educação científica têm mostrado a importante contribuição das investigações que privilegiam a integração de diferentes linguagens, em particular as dimensões discursivas e

imagéticas, nos processos de ensino e aprendizagem de ciências. As pesquisas nesta área consideram que a construção de um conceito pode ser desenvolvida a partir da compreensão dos diversos modos utilizados para representá-lo. Há um reconhecimento entre os pesquisadores da área que os significados das representações estão diretamente relacionados ao processo de construção e abstração de um conceito científico (LEMKE, 2003; LAHORE, 1993; GALAGOVSKY et. al., 2003). Entretanto, muitas vezes, os alunos não têm a oportunidade de trabalhar com um modo específico ou diferentes modos de representação de um conceito (MÁRQUEZ et. al., 2003; GARCIA; PERALES PALACIOS, 2006).

A percepção e a compreensão das características que definem um conceito são imprescindíveis para o aprendizado, pois tais características também são conceitos. Nesse sentido, um aspecto a se considerar é a relevância da linguagem no processo de construção de significados, que vão sendo captados e internalizados progressivamente (MOREIRA; CABALLERO; RODRÍGUEZ PALMERO, 2004).

Toda palavra, assim como cada figura, digrama, equação, simbolismo envolvidos por detrás das ações e procedimentos, pertence a um contexto e é parte de uma possível troca de significados entre diferentes membros de uma comunidade, como afirma Lemke (2003) a respeito da aprendizagem científica:

Aprender ciência envolve, forçosamente, um desafio representacional em uma variedade de contextos, onde um conceito científico é, simultaneamente, um sinal em um discurso semântico verbal, num sistema operacional de significados de ação e, usualmente também, num sistema de representação matemático e visual.

Nesse sentido, alguns pesquisadores (EDWARDS; MERCER, 1987; MARTINS et al., 1999; KRESS, 1997) consideram que as dificuldades do aprendizado de ciências transcendem os problemas advindos das tentativas de apropriação da chamada "linguagem da ciência", pois consideram que aprender ciências não significa se apropriar do discurso científico ou aprender determinados termos e como eles se relacionam através da identificação de padrões temáticos e da percepção das relações semânticas entre termos específicos, devendo existir

um intercâmbio ou negociação de significados e, evidentemente, para que o processo se dê de forma efetiva, a *linguagem* torna-se o instrumento básico para um modelo de aprendizagem que seja significativo.

Moreira (2003) enfatiza que sem a linguagem não haveria a captação e o compartilhar de significados, pois esta subjaz o *significado, interação e conhecimento*:

O significado está nas pessoas, não nas coisas ou eventos. É para as pessoas que sinais, gestos, ícones e, sobretudo, palavras (e outros símbolos) significam algo. Está aí a linguagem, seja ela verbal ou não. Sem a linguagem o desenvolvimento e transmissão de significados compartilhados seria praticamente impossível (MOREIRA, 2003).

Os conceitos estão na base do pensamento humano, do raciocínio, do desenvolvimento cognitivo. Segundo Ausubel (2000), em virtude das cruciais contribuições que tanto o poder representacional dos símbolos como os aspectos refinadores da verbalização trazem para a conceituação, a linguagem, evidentemente, determina assim como reflete, as operações mentais.

Esse processo de interiorização/apropriação é mediado por interações e intercomunicações sociais, nas quais a linguagem é fundamental. As funções psíquicas humanas têm origem nos processos sociais. Para Moreira (2003): cada linguagem, tanto em termos de seu léxico como de sua estrutura, representa uma maneira singular de perceber a realidade. Praticamente tudo o que chamamos de "conhecimento" é linguagem. Isso significa que a chave da compreensão de um "conhecimento", ou de um "conteúdo" é conhecer sua linguagem.

Na medida em que as reflexões anteriores reforçam o argumento de que um conceito, para fazer sentido, passa pela pluralidade de linguagens, e admitindo que a significação só seja alcançada pela negociação de diferentes interpretações, justifica-se a afirmação de que ensinar é em primeiro lugar, um processo dialógico (LEMKE, 2003; MORTIMER; MACHADO, 2000). Nesse sentido, considera-se que a linguagem oral favorece a produção de novos significados e o encaminhamento dos pensamentos dos aprendizes, pois um conhecimento gerado por outro modo representacional pode ser coordenado e organizado.

### 2.3.2 Teoria da Aprendizagem Significativa e Representação Conceitual: Possíveis Aproximações Semióticas

Uma preocupação inerente à Psicologia Cognitiva é determinar a evolução da construção pessoal de determinado conhecimento. Ausubel, na proposição de sua teoria de aprendizagem, admite que o fator principal para a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe, que torna-se o ponto de ancoragem para novos conceitos, formando cognitivamente *uma rede de conceitos interligados* (AUSUBEL, 2000). Giordan e Vecchi (1996) denominaram de *patamares de integração* os níveis onde os conceitos são organizados de acordo com os elementos que os compõem, assumindo que a aquisição de um conceito se constrói progressivamente.

É possível observar os alunos aprendendo por meio de representações que eles construíram por si mesmos, e experienciando com essas representações, e comunicando com elas. (BAKKER; HOFFMANN, 2005). Quando se reflete sobre o papel dos signos de um ponto de vista da semiótica, as seguintes tarefas tornam-se claras: a possibilidade do conhecimento matemático depende da possibilidade de representá-lo; quaisquer que possam ser os objetos do conhecimento matemático, o acesso a esses objetos pode ser descrito, de uma perspectiva epistemológica, como *mediado* por signos e, entender matemática pressupõe a habilidade tanto de transformar representações *dentro de* 'sistemas representacionais' dados, quanto de alternar entre *diferentes* sistemas (DUVAL, 1999).

Blown e Bryce (2010) em um estudo sobre o ensino e a aprendizagem de conceitos de astronomia, puderam pesquisar cinco aspectos relacionados à tais processos: a coerência conceitual mostrada como padrões de alta *correlação* de representações de conceito entre a mídia usada para acessar a compreensão do sujeito *dentro da* pesquisa; a coerência revelada como *consistência* de representação daqueles conceitos por meio da mídia e das modalidades; a compreensão do desenvolvimento conceitual e a similaridade cultural em representações de sujeitos a respeito de conceitos básicos de astronomia. Os resultados são compatíveis tanto com uma interpretação de conotação representacional como com uma interpretação de habilidade cognitiva dos conceitos. Ressaltando que os elementos, estruturas e os processos

conceituais investigados foram, por sua própria natureza, tênues e que requerem metodologias perceptivas e bem ajustadas para revelar sua composição.

Como forma um corpo de conhecimento multidisciplinar e transdisciplinar, a complexidade das Ciências Biológicas requer que os alunos adquiram consideráveis entendimentos conceituais de tópicos extraídos de uma gama de disciplinas tradicionais – química, matemática, física e tecnologia – e exibir o conhecimento procedimental e as habilidades analíticas necessárias para resolver complexos problemas multidisciplinares (WATTERS; WATTERS, 2007).

Como a aprendizagem deve partir de representações mais próximas do aprendiz, o que significa considerar a estrutura cognitiva prévia do aluno, a diversificação dos modos de representação permite proporcionar condições favoráveis para que haja o estabelecimento de relações entre o conhecimento pré-existente do sujeito e o novo conhecimento a ser ensinado. Para Ausubel et al. (1980), esse relacionamento deve ser não arbitrário e ocorre quando conhecimentos especificamente relevantes para o sujeito e já presentes em sua estrutura cognitiva, vinculam-se ao conhecimento a ser aprendido.

É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz (AUSUBEL, 1968), isso ocorre de maneira idiossincrática porque há uma diferenciação na estrutura cognitiva quando novos conceitos interagem de forma substantiva e não arbitrária com as ideias âncoras (MOREIRA, 1999).

Ao oportunizar multimodos de representação de um mesmo conceito, propiciam-se para o sujeito formas representacionais mais intuitivas e assimiláveis, uma vez que modos de representação específicos podem vir a funcionar como potenciais fontes de subsunçores para a construção de novos conceitos. (MOREIRA, 1999).

Nesta perspectiva, a aprendizagem de conceitos científicos implica, necessariamente, um desafio representacional nos diferentes contextos, onde um conceito é, simultaneamente, um sinal em um discurso semântico verbal, num sistema operacional de significados de ação e, usualmente também, num sistema de representação matemático e visual. Seus significados não se levantam simplesmente da adição ou da justaposição de cada sistema de representação com o outro, mas da combinação integrada e da multiplicação do significado

(LEMKE, 1998 e 2003). Para isso, os aprendizes precisam negociar e consolidar entendimentos de como as ideias científicas são construídas e interpretadas.

É preciso ressaltar, entretanto, que muitas vezes, nas aulas de ciências, os alunos não têm a oportunidade de trabalhar com um modo específico de representação de um conceito. Márquez et al. (2003), após observações sistemáticas das aulas de uma professora secundarista de Barcelona, constataram que a palavra (linguagem verbal) é o modo semiótico com a frequência absoluta mais alta entre as atividades observadas, sendo a linguagem visual, o modo comunicativo com menor frequência absoluta. Já Garcia e Perales Palacios (2006), em um trabalho similar, puderam comparar as aulas de professores de diferentes níveis de ensino, onde os resultados obtidos mostram que os grupos de docentes estudados expressam preferir o uso de alguns tipos de representações semióticas, como a verbal, dando pouca ou nenhuma oportunidade para que os estudantes possam trabalhar com outros modos representacionais semióticos, como, por exemplo, representações gráficas ou equações.

Em uma pesquisa a respeito das crenças do uso de múltiplas representações na prática diária de um grupo de professores de ciências do ensino fundamental da Austrália, Prain e Waldrip (2006) afirmam que os professores tendiam a focar sua atenção nos recursos e estilos de aprendizagem em vez de se preocuparem, propriamente, com os modos de representação. Houve uma tendência dos professores em imaginar que os diferentes estilos de aprendizagem dos seus estudantes ditam quais dos diferentes modos representacionais deveriam ser usados num mesmo tópico.

Para eles, ensinar é adequar o modo correto a um estilo particular de aprendizagem do sujeito. Os resultados desta pesquisa demonstram, ainda, que a mencionada propensão em igualar o tipo de atividade à qualidade da aprendizagem leva os professores a variadas considerações. Entre elas, a confiança na opinião de que, quanto maior o número dos sentidos envolvidos mais a aprendizagem se torna realçada. Outra consideração é a postura de que o engajamento em múltiplos modos de representação encoraja os estudantes a manipular a informação, fazendo com que seus conhecimentos e experiências prévios sejam relacionados, ao mesmo tempo em que estimula o desenvolvimento de ulteriores compreensões.

A pluralidade de modos de representação, como meio auxiliar para construções de novos conceitos, permite a formação de pontes entre os conhecimentos prévios do sujeito e os novos conceitos, possibilitando a formação de sentidos e relações argumentativas. Com uso de multimodos fica favorecida, portanto, a constituição de uma base de elementos cognitivos (subsunçores), que participam da ligação para a entrada nos modos representacionais mais abstratos exigidos pelo conhecimento científico (GOUVEIA et al., 2007), como consequência da confiabilidade e segurança do sujeito no modo. A possibilidade de trabalhar em diversos modos com os alunos, encaminhando para que traduzam entre si os significados dos modos e as representações oficiais, facilita que novos entendimentos sejam construídos e permite maior aprofundamento cognitivo, fugindo de uma instrução estereotipada, mecânica e de pouco significado.

Perales Palacios (2006) comenta que a possibilidade de aprendizagem fica acrescida quando o aprendiz dispõe de uma informação em várias formas, como a verbal ou visual, por exemplo. No incentivo aos estudantes a participarem de atividades que incorporam múltiplos modos de representação estabelece-se uma aproximação potencial com a sua estrutura cognitiva, com as suas dimensões psicológicas particulares e estilos subjetivos de aprendizagem.

Vale ressaltar, entretanto, que a compreensão de um conceito científico é um processo que ocorre na mente do aprendiz, a partir de atividades de aprendizagem, seja esta formal ou informal. Relacionados aos processos cognitivos, os conceitos de esquema e representações externas e internas podem ser analisados a partir dos aspectos teóricos dos sistemas semióticos e sua articulação com as representações internas.

Duval (1993) se interessa pelos problemas de manipulação das representações dentro de um sistema matemático de signos e sobre os problemas de conversão de representações entre dois ou mais sistemas de signos. Em seus trabalhos distingue as representações semióticas das representações mentais: as representações mentais dizem respeito a um conjunto de imagens e as concepções que um indivíduo tem sobre um objeto, sobre uma situação e sobre o que a isto está associado.

Para Duval (2000) “não há conhecimento sem representação”, sendo que o uso de diferentes representações semióticas para um objeto é absolutamente necessário para sua compreensão, ressaltando que os registros

semióticos não têm uma mera função de exteriorização ou comunicação das representações mentais, mas são fundamentais para o funcionamento cognitivo, ou seja, para a conceitualização. As representações semióticas são produções constituídas pelo emprego de signos que pertencem a um sistema de representação que tem as suas próprias regras de significado e de funcionamento. Uma figura geométrica, um enunciado na língua natural, uma fórmula ou um gráfico são representações semióticas que pertencem a sistemas semióticos diferentes (DUVAL, 1978)<sup>4</sup>.

Como consequência, uma das formas que existem para explicar a construção dos conceitos consiste em fazer uso de vários registros de representação e promover a articulação entre as representações desses registros, pois uma das ideias fundamentais é que as representações dos objetos são parciais com respeito ao que pretendem representar. Portanto, contar com atividades de conversão entre, pelo menos, dois registros de representação torna-se uma tarefa fundamental para promover suporte para a construção de um conceito, sendo importante que as concepções dos estudantes integrem diferentes representações, como a gráfica e a numérica.

Todo processo representacional envolve uma tradução ou conversão entre diferentes sistemas signos e este processo complexo de construção do significado tem um impacto importante sobre o que se conhece. A latitude representacional visual, por isso, não é somente um problema do produtor, isto é, não é somente um problema de decidir como expressar a variação, de escolher o nível correto de iconicidade ou abstração para certo propósito, mas igualmente é uma questão que envolve o leitor, suas expectativas, vivências e que elementos em uma representação específica, são *motivados* por uma realidade percebida ou contexto de produção (PAUWELS, 2006a).

A primeira e mais imediata aproximação entre multimodos e aprendizagem significativa pode ser deparada junto ao conceito de

---

<sup>4</sup> Duval enuncia que, como cada representação é parcial com respeito ao que representa, deve-se considerar como absolutamente necessária a interação entre diferentes representações para a formação de um conceito. Por outro lado, a aquisição de um conceito pelo indivíduo se dará no momento em que haja uma coordenação entre diferentes representações do objeto. Assim, o conceito sempre estará em construção. Segundo Duval (1978), uma aprendizagem que considere a relação estreita que existe entre noesis e semiosis deve colocar os aprendizes em condições que permitam uma tomada de consciência global com tarefas específicas que priorize a apreensão de representações semióticas, o tratamento de uma certa categoria de registro e a produção de representações complexas.

substantividade. Na medida em que este conceito denota incorporar à estrutura cognitiva a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las, isso significa dizer que uma aprendizagem significativa passa a existir quando um mesmo conceito ou uma mesma proposição conseguem ser expressos de diferentes maneiras, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, equivalentes em termos de significados (MOREIRA, 1999).

A segunda aproximação entre os referenciais se estabelece quando se imagina que o emprego de formas representacionais mais intuitivas, portanto, mais cognitivamente idiossincráticas para o sujeito, funcionam como subsunçores, tornando-se fontes precursoras para a construção de novos conceitos. A princípio, a prática multimodal tende a favorecer a manifestação de ressonâncias entre formas de pensar e de expressão individuais e certos correspondentes modos de representação. Tal ressonância é decorrência da existência de relações entre a arquitetura cognitiva prévia do sujeito e alguns modos representacionais mais intuitivos ou significativos já apropriados por ele.

Em síntese, como reconhece Presmeg (2006, p. 163), é através da construção das conexões negociadas entre as representações alternativas e as escolásticas que se estabelece a significância desta última e é por meio da instalação multimodal ou transmediação que se cria uma condição ótima para maximizar o entendimento dos conceitos.

Assim, do ponto de vista da aprendizagem significativa, pode-se afirmar que um estudante aprendeu, no momento em que ele for capaz de converter e expressar congruência, em termos de significados, entre distintas linguagens ou formas representativas e não permaneça dependente da exclusividade de um signo em particular para exprimir suas ideias (AUSUBEL, 1980).

Similarmente, para Ausubel aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva, estrutura esta que pode ser entendida como conteúdo total organizado de ideias de um certo indivíduo. Tal estrutura cognitiva seria, desta feita, uma estrutura hierárquica de conceitos, que são abstrações da experiência do indivíduo, que podem servir de base para a ancoragem de novas ideias ou conceitos (MOREIRA; MASINI, 1982).

Os conceitos “não são nem construções mentais na cabeça nem ideias abstratas no mundo; eles devem ser considerados como *capacidades* que

os indivíduos utilizam, ou, esquematicamente falando, como uma maneira de realizar coisas” (AMORETTI; TAROUÇO, 2000). Assim, as propriedades estruturais subjacentes comuns dos conceitos fazem deles *objetos semióticos* desempenhando um papel social e cultural revelador do indivíduo e do seu grupo.

No modelo da Aprendizagem Significativa os conceitos estão hierarquicamente organizados na estrutura cognitiva de um sujeito e a aprendizagem depende do vínculo de um conceito com conceitos inclusores existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Pode-se ampliar as características da Teoria da Aprendizagem Significativa com a descrição em rede da estrutura cognitiva, onde o aspecto “reticular” deriva dos conceitos (que seriam os “nós”) e as relações construídas entre eles (a própria “rede”). Galagovsky e Muñoz (2002) assumem a perspectiva de que a construção dos significados conceituais depende de esquemas cognitivos prévios de cada aluno e da interação discursiva com o professor, que seleciona, organiza, sequencia e comunica certo conteúdo.

#### 2.4 CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia é entendida como um conhecimento tendo um forte caráter multidisciplinar, pois é uma área que envolve as tradicionais disciplinas de microbiologia, biologia celular, bioquímica, imunologia, genética, engenharia química e biologia molecular, incluindo os aspectos econômicos, legais e sociais. As questões sociais e ambientais relacionadas são afetadas tanto pelo conhecimento desenvolvido neste campo e pelas ações derivadas dela.

Os fenômenos dos organismos biológicos são derivados de propriedades específicas, que incluem mecanismos físico-químicos, organização e interação de moléculas bem como a produção de substâncias específicas, particulares de cada organismo. Por esta razão admite-se que a identidade de um ser biológico é a sua totalidade que emerge de uma relação dinâmica entre o físico-químico, o ser vivo e o meio externo. Nesse sentido, a análise e as discussões sobre objetos da biologia incluem a complexidade de uma linguagem simbólica e holística das relações entre a estrutura, a ordem e os níveis de organização inerentes à natureza dos fenômenos e sistemas biológicos.

Segundo o geneticista e filósofo Ivanhoé Baracho: “[...] a teoria identifica processos de diversos níveis, classifica-os hierarquicamente do mais

simples ao mais complexo e estabelece que esses processos se relacionam de tal modo que os mais simples estão imbricados nos mais complexos” (BARACHO, 1997, p. 75). Segundo o autor, tais premissas caracterizam a teoria do processo vital, que através de uma linguagem científica específica e simbólica procura situar a análise biológica como um todo. Por isso a compreensão de um processo biológico deve partir da determinação e classificação dos elementos que constituem sua estrutura, sem desconsiderar sua identidade e sua relação com outros elementos existentes.

O entendimento de muitos processos biológicos que são explicados a partir da química ou da física, como a *biologia molecular*, depende essencialmente da apreensão de símbolos específicos e da organização conceitual dos mecanismos e processos de um organismo. O desenvolvimento da biologia como ciência se deu através da apropriação de signos necessários para a demonstração de hipóteses, compreensão de fenômenos ou na construção de modelos científicos.

Dentro de uma filosofia reducionista (MAYR, 2005), um fenômeno complexo não pode ser completamente entendido, a não ser que seja dissecado em componentes menores, que devem ser entendidos separadamente. Vale ressaltar que, na própria história das ciências, houve a alusão de que isolar todas as partes, mesmo que menores, não seria suficiente para uma explicação completa, sendo necessário compreender ainda a *interação* entre os componentes de um todo (MAYR, 2005, p. 83).

#### 2.4.1 Formas Representacionais e Aprendizagem de Biotecnologia

Comparado com muitos tópicos biológicos, há muita literatura de pesquisa sobre o ensino e aprendizagem de genética e biotecnologia. Mais recentemente tem havido um foco mais forte sobre as compreensões dos alunos sobre as estruturas, os processos e os mecanismos biológicos e as implicações para o ensino. Lewis (2004) realizou estudos que usaram metodologias diferentes para coleta e análise de dados, para identificar potenciais obstáculos ao desenvolvimento conceitual e considerar suas implicações para o ensino. Os resultados permitem admitir que, uma vez que os estudantes desenvolvem um quadro conceitual seguro da natureza química dos genes e suas expressões

fisiológicas, que podem ser usadas para explicar o modelo científico de genética e herança, eles podem continuar a usar aquele quadro para explicar as complexidades de genética no nível molecular – incluindo a influência de genes sobre a bioquímica, a fisiologia e a embriologia de um organismo.

Para tratar das questões científicas, éticas e sociais das aplicações da biotecnologia é necessário a implementação de materiais que utilizem diversas linguagens e a translação entre tais linguagens, facilitam a aprendizagem dos conceitos que envolvem a temática da biotecnologia (SÁEZ et al., 2008).

Várias metodologias e estratégias de ensino são discutidas quando se fala em ensinar biotecnologia no ensino fundamental e médio. Para Homenshell et al. (2004), construir textos auxilia o estudante a aprender conceitos complexos, como o de biotecnologia.

Em uma pesquisa qualitativa, Homenshell et al. (2004) convidaram alunos do ensino secundário a escrever um texto científico sobre DNA, biotecnologia e aspectos sociais e econômicos da biotecnologia. Um modelo para a estrutura textual foi disponibilizada aos grupos. Nas entrevistas, os estudantes indicaram que a construção textual auxiliou na compreensão dos principais conceitos científicos discutidos. Já France (2000) enfatiza o uso de modelos para o ensino de biotecnologia no nível secundário.

O trabalho de Verhoeff et al. (2008) relata sobre a pesquisa de plano educacional relacionada à estratégia de aprendizagem e ensino para a biologia celular no final do ensino médio introduzindo a *modelagem de sistemas* como uma competência-chave. A estratégia consiste de quatro fases modelares em que os alunos subsequentemente desenvolvem modelos de células de vida livre, um modelo geral de células bidimensional, um modelo tridimensional de células de planta e finalmente eles estão comprometidos com um pensamento formal modelando o fenômeno da vida a um modelo de sistemas hierárquico.

Os resultados mostram que embora adquirir competência de pensamento de sistemas no nível metacognitivo necessite de mais esforço, a estratégia contribuiu para melhorar os resultados de aprendizado; isto é, a aquisição de compreensão conceitual coerente da biologia celular e a aquisição de competência inicial de pensamento de sistemas, com a modelagem sendo a atividade-chave.

Os autores concluem que, contudo, aos alunos é ensinada uma grande variedade de estruturas e processos de vida no nível celular, mas não há uma integração entre os níveis subcelular, com os conceitos no nível celular e do organismo, o que resulta em problemas conceituais associados com uma falta de inter-relação dos níveis da organização biológica quando se referem a um entendimento problemático das relações entre eventos de uma respiração celular e fenômenos biológicos vários, tais como respiração, circulação e fluxo de energia em ecossistemas naturais.

Fatos ligados à ciência forense auxilia na construção interdisciplinar de conceitos, pois implica em aspectos da biotecnologia, física e química. Assim, Dramas e cenas de crime são oportunidades para que educadores envolvam seus alunos em assuntos científicos, pois auxiliam no desenvolvimento de raciocínio científico e crítico. Kurowski e Reiss (2007) sugerem que trabalhar tais aspectos da identificação de pessoas através do DNA também admite aspectos da biotecnologia moderna (métodos de obtenção e comparação do material genético) e integrada à genética clássica (mendeliana).

Ressalta-se, no entanto, que problemas linguísticos estão relacionados à aquisição de uma cultura científica (JACOBI, 1993), pois o aluno precisa aprender a usar termos científicos específicos, mas às vezes não possuem familiaridade com tais termos ou desconhecem o significado do conceito. Além disso o conhecimento científico é complexo e estruturado. Para construí-lo os alunos precisam traduzi-lo ou decodificá-lo com base no seu conhecimento prévio, e muitas vezes não têm conhecimento prévio do processo, considerando que a dimensão social está entrelaçada aos aspectos cognitivos da produção individual de um conceito, como o da biotecnologia (GIORDAN, 1992).

Em uma pedagogia centrada nos conhecimentos, o contrato do aluno é escutar, tentar entender, fazer os exercícios com aplicação e restituir suas aquisições por intermédio do referencial de testes de conhecimentos, na maioria das vezes, individuais e anotados. Entretanto, o que se espera é que o aprendiz, de alguma maneira, em seu ofício de aluno, torne-se um prático reflexivo e assim é convidado para um exercício constante de metacognição e de metacomunicação.

Só há competência estabilizada quando a mobilização dos conhecimentos supera o tatear reflexivo ao alcance de cada um e aciona esquemas constituídos. Em sua concepção piagetiana, o esquema, como estrutura

invariante de uma operação ou de uma ação, não condena a uma repetição idêntica. Ao contrário, permite, por meio de acomodações menores, enfrentar uma variedade de situações de estrutura igual. É uma trama da qual nos afastamos para levar em conta a singularidade de cada situação.

Ligar o desconhecido ao conhecido, o inédito ou já visto, está na base de nossa relação cognitiva com o mundo; porém, a diferença está em que, às vezes, a assimilação ocorre instantaneamente, a ponto de parecer confundir-se com a própria percepção da situação e, outras vezes, precisa-se de tempo e de esforços, ou seja, de um trabalho mental, para aprender uma nova realidade e reduzi-la, ao menos em certos aspectos e de maneira aproximativa, a problemas que se sabe resolver. O problema deve estar organizado em torno da superação de um obstáculo pela classe, obstáculo previamente identificado e também deve oferecer uma resistência suficiente, que leve o aluno a investir seus conhecimentos anteriores disponíveis, bem como suas representações, de maneira que leve ao seu questionamento e à elaboração de novas ideias.

Nesta pesquisa, o pressuposto principal gira em torno da relevância da imagem como promissora representação na construção conceitual e construção de significados que abarcam o tema da biotecnologia. Por isso, o Capítulo 3 deter-se-á na explanação do uso da imagem no discurso e na aprendizagem significativa de conceitos.

# CAPÍTULO 3

## SOBRE O USO DE IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

### 3.1 INTRODUÇÃO

Este capítulo tem como objetivo discutir o papel da imagem na educação científica. Em um mundo que se expressa cada vez mais visualmente, a imagem, em seus múltiplos suportes, se coloca como um modo expressivo e comunicativo cada vez mais utilizado em nosso cotidiano, seja pelo contato com a comunicação massiva, como a publicidade, jornalismo, cinema, entretenimento, ou pelo contato diário com imagens técnicas permeando as relações sociais, como a comunicação mediada por telas nas onipresentes fotografias digitais ou nas próprias redes sociais da internet. Este avanço das imagens sobre demais formas expressivas, como os textos (a despeito da natureza visual dos textos), faz-se também sentir no campo científico.

Tal fato deriva do deslocamento sofrido pela escrita, que cede cada vez mais espaço também para outras formas de expressão visual. Desde a invenção das imagens técnicas, como a fotografia no século XIX, ocorre uma aceleração destes deslocamentos ao ponto da escrita não ser mais considerada o modo central de representação nos materiais produzidos para fins didáticos.

Tanto as imagens estáticas como as em movimento estão se tornando cada vez mais proeminentes como veículos, convidando o olhar mais atento para a decifração de suas mensagens.

Bezemer e Kress (2008) enxergam este fenômeno com certa cautela. Para os pesquisadores, o uso e formas da escrita têm passado por

profundas mudanças nas últimas décadas, o que requer uma explicação semiótica, pedagógica e social. Entretanto, conforme Flusser (2002), ao longo da história ocidental essa relação texto-imagem entra em uma luta dialética, em que há um reforço mútuo entre texto e imagem:

Embora textos expliquem imagens a fim de rasgá-las, imagens são capazes de ilustrar textos, a fim de remagicizá-los. Graças a tal dialética, imaginação e conceituação que mutuamente se negam, vão mutuamente se reforçando. As imagens se tornam cada vez mais conceituais e os textos, cada vez mais imaginativos (FLUSSER, 2002, p. 10).

Independente de tal movimento entre a imagem e a escrita, desde tempos remotos a imagem é adotada pelo homem como expressão da sua própria cultura (SANTAELLA; NÖTH, 2005) e em seus diversos suportes tem sido cada vez mais requisitada como um recurso discursivo. Além do papel facilitador na explicação de conceitos, a interface imagética constitui um importante veículo para a comunicação das ideias, pois símbolos, fotografias, figuras e esquemas são elementos essenciais na descrição e desenvolvimento de significados do conhecimento científico, que sempre se caracterizou pela pluralidade das formas de expressão.

Representações visuais, verbais, numéricas, além de outros tipos, são inerentes ao discurso científico que, segundo Lemke (1998, apud PAUWELS, 2006a), caracteriza-se como um discurso do gênero multimodal, cujos conceitos formam “híbridos semióticos”. As práticas representacionais na ciência, muitas vezes, não procuram apenas fenômenos visuais ou não visuais, mas também fornecer representações visuais de dados ou aspectos destes fenômenos baseados em algum tipo de mediação. Na esfera do ensino as imagens desempenham um papel facilitador na explicação de conceitos e constituem importantes recursos para a comunicação das ideias científicas (MARTINS et al., 2005; MARTINS, 1997).

Nem sempre é uma escolha do educador a inclusão do recurso imagético em sua prática escolar, pois a imagem faz parte da educação científica, tanto no que se refere à produção científica em si, como no âmbito pedagógico, já que figuras, esquemas ou fotos, além de outras expressões visuais são amplamente difundidos em manuais didáticos de ciências.

Alguns aspectos da representação podem, por exemplo, se referir de uma maneira icônica a uma realidade visual observada e ao mesmo tempo incluir estruturas conceituais ou elementos simbólicos. Nesse sentido, elementos visuais passam a ser um meio para a aprendizagem, divulgação e sensibilização científica, pois a comunicação através de uma imagem ocorre de forma mais rápida que através de palavras: “enquanto em um texto escrito a leitura é linear, em uma imagem, pelo contrário, a ‘leitura’ pode partir de qualquer ponto, e a quantia vasta de informação em um espaço compacto faz exigências instantâneas ao olho e à mente” (MASON et al., 2006).

### 3.2 A IMAGEM NO DISCURSO CIENTÍFICO

A função das imagens, tanto na construção como na representação dos conceitos científicos, tem sido estudada por educadores em ciências de forma ampla e sob uma variedade de perspectivas (MARTINS, 1997 e MARTINS et al., 2005). Em seu papel pedagógico, as imagens científicas fazem parte do cotidiano midiático, em um amplo espectro de objetos como jornais, revistas, reportagens, programas televisivos e cinema, abarcando variados suportes e formas representacionais (esquemas, fotografias, símbolos, animações computacionais, filmes, entre outras). A questão é como ocorre a interação entre o indivíduo e a imagem e como se dá o processo de interpretação das mensagens.

Neste sentido, deve-se entrever algumas dificuldades, pois uma imagem pode não expressar apropriadamente um princípio científico, como também pode se tornar incompreensível para uma audiência não especializada. Além disso, a corriqueira relação com as informações visuais tende a impedir uma reflexão mais profunda e crítica sobre seu conteúdo e seus sentidos, por esta razão, neste contexto, a alfabetização visual é um construto holístico que inclui o processo de aprendizagem visual estabelecida pela capacidade de análise e interpretação imagética.

Considerar a imagem como uma mensagem visual composta de diversos tipos de signos equivale considerá-la como uma linguagem, ou seja, como uma ferramenta de expressão e de comunicação. Seja ela expressiva ou comunicativa, é possível admitir que uma imagem sempre constitui uma *mensagem para outro*, mesmo quando esse outro somos nós mesmos. Por isso,

uma das precauções necessárias para compreender da melhor forma possível uma mensagem visual é buscar para quem ela foi produzida (JOLY, 1996).

A exemplo de outros textos contemporâneos, pode-se afirmar que um texto científico típico é um híbrido semiótico (LEMKE, 1998; KRESS et al., 1997), isto é, se utiliza de linguagem verbal escrita que interage e coopera com elementos pictóricos e gráficos em um espaço comum. Em textos científicos, as imagens, na forma de diagramas ou desenhos desenvolvidos para propósitos interpretativos específicos, são consideradas indispensáveis para a comunicação de ideias e conceitos e não devem ser vistas como meros complementos ilustrativos aos textos escritos. Por esta razão pode-se afirmar que cada vez mais as imagens se tornam protagonistas no esforço de compreensão de um conceito de maneira significativa.

Para Pauwels (2006b), o valor de uma imagem científica é julgado pela sua funcionalidade em resolver problemas, preencher lacunas presentes no desenvolvimento do conhecimento científico, ou facilitar a construção e a transferência de conhecimento. Para o autor, as representações visuais diferem significativamente quanto ao seu *status* ontológico e representacional, isto é, o que pretendem representar. Do mesmo modo diferem quanto aos meios, processos e métodos pelos quais são produzidas, contextos normativos envolvidos e propósito a que servem. O uso de imagens também influencia o modo como os sentidos são produzidos, pois as leituras dos diferentes objetos (texto escrito e imagético) são realizadas por diferentes indivíduos, o que influencia as possibilidades de interpretação.

Deve-se considerar, ainda, que nos diversos campos científicos as imagens são, antes de tudo, visualizações de fenômenos, podendo ser reais ou simulações numéricas. Abrangem desde registros de satélites, microcâmeras, ecografia até telescópios e microscópios e por isso, a interpretação das imagens produzidas exige o apoio de processamentos numéricos e um olhar especialista para a análise. Portanto, as representações visuais não devem ser consideradas meras adições ou formas de popularizar um raciocínio complexo, pois são uma parte essencial do discurso científico (PAUWELS, 2006a) e muitos aspectos do desenvolvimento social e técnico das representações visuais assim como os modos pelos quais eles estão sendo empregados têm sido abordados a partir de

distintos paradigmas teóricos e metodologias de pesquisa, como a etnografia, fenomenologia ou a semiótica.

As representações visuais não somente servem propósitos analíticos e de intermediação, mas são também são usadas para sintetizar um pensamento teórico ou uma descoberta científica, como traduções de argumentos verbais. Não podem ser reduzidas a suplementos textuais, pois as figuras gráficas são capazes de fornecer uma visão geral, mostrar resultados ou relações conceituais em sua organização espacial.

O uso de modelos que representam fenômenos naturais distintos, como órbitas planetárias, membranas celulares, estratos geológicos, anticorpos ou estruturas moleculares, invariavelmente inclui aspectos que não caracterizam o que um ser humano hipotético veria se estivesse longe o suficiente, se fosse pequeno o bastante ou em uma posição outra para observar os fenômenos (LYNCH, 2006b). Os instrumentos óticos possibilitam imagens de objetos não acessíveis ao olho nu, e assim, as amostras visuais são insubstituíveis como documentos que permitem aos objetos de estudo serem percebidos e analisados cientificamente, mesmo que sejam artificiais na medida em que dependem do uso de tecnologias, cujas amostras podem ser acusadas de ilusões, enganos ou distorções. (LYNCH, 2006a, 2006b).

Nesse sentido, o autor enfatiza que a visualização está interligada com práticas observacionais e experimentais, representações literais e métodos para disseminação de resultados científicos, pois o uso de tecnologias complexas para a produção de dados científicos inclui artefatos materiais e práticas comunicativas que dependem de interpretações específicas que não possuem, necessariamente, uma relação direta com mecanismos perceptivos e cognitivos, quando teorias e conceitos são propostos.

Mason et al. (2006) distinguem as imagens da cultura popular das imagens científicas, de acordo com a função de cada uma. Como a intenção principal das primeiras seria capturar a atenção e comunicar uma informação rapidamente, tendem a ser chamativas e facilmente compreendidas, mas não demonstram muitas vezes uma complexidade interna, e, em um intenso fluxo de mídias visuais, tais imagens podem ser facilmente esquecidas.

As imagens científicas são similares às cotidianas pelo fato de comunicarem uma ideia específica ou um conceito, mas se oferecem como

veículos para o pensamento analítico e à interpretação profunda. Por isso são excepcionalmente ricas em conteúdo porque os conceitos que elas carregam são significativos dentro do contexto de uma rede de procedimentos e princípios científicos. Pode-se afirmar que em uma imagem científica, a significação é certamente intencional, na medida em que leva a uma ação precisa e deve ser transmitida de forma clara, a despeito do caráter polissêmico de toda imagem. De um ponto de vista operacional, a produção de signos, nesta área, deve ter o intuito de facilitar a leitura imagética de uma mensagem de caráter franco e enfático (BARTHES, 1990).

O processo de criação das imagens tem sido convencionado e institucionalizado e, assim, as imagens científicas atravessam limites linguísticos e contextuais. O significado é mediado removendo toda informação que não contribui com aquilo que se tenta comunicar. Por exemplo, a maioria das imagens científicas é preta e branca porque a cor não acrescenta nada ao significado da imagem; outras não possuem perspectiva porque do mesmo modo não contribuem para o sentido proposto (MASON et al., 2006).

Panese (2006) esclarece que no final do século XV e no decorrer do século XVI, os registros tinham a intenção de apresentar o mundo natural. As imagens encontradas eram, em geral, uma mistura de fatos empíricos, conhecimento popular, crenças e ditados populares, que influenciavam de maneira direta a construção do significado. Pouco a pouco surgiu a ideia de que uma representação visual deveria reproduzir as características visuais do objeto em detrimento de seus significados essenciais. Tais fatos justificam a razão da prática da representação científica estar fundada em um código evolutivo que é desenvolvido para conferir veracidade a um argumento e estabelecer um regime de credibilidade no que diz respeito à realidade, mesmo que uma imagem tenha referência a um objeto real ou a construtos abstratos, simulações mentais ou conceituais e entidades imateriais.

Assim, não se deve esperar que uma representação pictórica tenha a finalidade de replicar a realidade, pois seus propósitos vão além da tentativa de reproduzir os fenômenos da natureza.

### 3.3 IMAGEM E ENSINO DE CIÊNCIAS

Pesquisadores da área de ensino de ciências (GIRALDI; SOUZA, 2006; MONTEIRO; JUSTI, 2000; PERALES; JIMÉNEZ, 2002; OTERO et al., 2002 e 2003), no entanto, questionam o crescente uso de imagens presentes em livros didáticos de ciências, pois muitas vezes as relações entre o texto escrito e as ilustrações são desarticuladas ou errôneas e podem reforçar erros conceituais, contribuindo de maneira negativa para a construção de sentidos e significados científicos. Além disso, a polissemia de representações imagéticas e gráficas, não garante que os leitores estabeleçam, por eles mesmos, os vínculos necessários entre os conceitos científicos e a imagem.

Otero et al. (2002) em um trabalho que analisa como as imagens são utilizadas em livros de texto de física, constataram que há uma escassa interação entre as imagens e o texto, o que evidencia certa “crença” nos benefícios do uso de recursos visuais. Não é possível afirmar que a superabundância de imagens externas, por si só, melhorem o desempenho dos estudantes. Segundo os pesquisadores, devido ao caráter analógico e simbólico das imagens mentais, elas são muito importantes na cognição, mas sua construção deve diferenciar-se adequadamente da percepção de imagens externas., pois as representações externas expressam conhecimento por meio de símbolos, objetos e dimensões.

Se os modelos mentais se originam parcialmente na percepção, seria razoável que as imagens externas em geral colaborassem em sua construção, mas também o processo interpretativo que “extrai” informação conceitual contida nas imagens seria relevante na evolução dos modelos. Os resultados de um outro estudo (Otero et al., 2003) indicam que o tratamento clássico dado às imagens externas (estáticas, animações e simulações) não originam diferenças estatisticamente significativas, e sugerem que os processos de significação e as crenças do sujeito afetam a visualização mental e a imaginação física, o que evidencia a complexidade e relevância do problema de estudar a relação entre as imagens externas e a construção do conhecimento.

Globalmente pode-se afirmar que existem evidências suficientes de que é necessário dirigir, mediante palavras e tarefas específicas, a leitura de imagens a fim de otimizar os efeitos sobre a aprendizagem de ciências.

Um outro aspecto a se considerar é que as habilidades para a compreensão integral do sentido, presentes em um recurso visual, geralmente permanecem além da capacidade de alunos e professores. A razão é que eles não tiveram a oportunidade de aprender a ler ou avaliar as imagens de um modo similar ao texto escrito, ou seja, não houve uma alfabetização ou o desenvolvimento da capacidade de compreensão de determinado sistema de representação, associada à capacidade de expressão através de tal sistema.

Alfabetização visual é, neste sentido, “a habilidade para ler e compreender imagens de um modo semelhante à nossa habilidade para ler e compreender textos escritos” (MASON et al., 2006, p. 9). É interessante notar que nos primeiros anos de escola a atenção sobre a aprendizagem escrita é muito maior do que a habilidade de ler e fazer desenhos.

A necessidade de se debater questões pertinentes ao ensino através de objetos como “conceitos” não pode prescindir da discussão em torno da imagem, até porque mesmo a apreensão conceitual contemporânea é em algum nível moldada pela imagem. Só recentemente, entretanto, pesquisadores da área de ensino de Ciências abraçaram campos de discussão em que a imagem tinha um estatuto como objeto de pesquisa tradicionalmente definido, como a semiótica e demais teorias da imagem no âmbito da comunicação, estética e filosofia.

A partir do momento em que se admite que as imagens materiais são sistemas de representação, pode-se utilizar de maneira mais efetiva, a propósito da linguagem visual, e com toda a pertinência, os conceitos de leitura, alfabetismo e aprendizagem dos conceitos envolvidos. Deste ponto de vista, o uso de imagens passa do meramente ilustrativo para um papel essencial na construção de conceitos científicos.

Do ponto de vista do discurso, a imagem admite uma pluralidade de sentidos (SANTAELLA, 2005). Quando um leitor vê uma imagem apropriadamente, ele estimula efeitos óticos, onde outras figuras e aspectos sociais podem auxiliar na visualização do que se pretende dizer. Por isso a análise imagética é uma atividade complexa, influenciada pelos princípios que regem as “possibilidades de representação e de significação de certa cultura” (GOUVÊA; MARTINS, 2001, p. 42).

Assim, as imagens oferecem aos seus receptores um espaço interpretativo de símbolos conotativos e o significado decifrado resulta da síntese

entre as intencionalidades do emissor e do receptor. No que se refere às imagens técnicas ou fotográficas, entretanto, seu caráter aparentemente não simbólico e objetivo faz com que seu observador as olhe como se fossem janelas, e não imagens.

Mas, para Flusser (2002), a aparente objetividade das imagens técnicas é ilusória, pois na realidade “são tão simbólicas como são todas as imagens”. Dessa forma devem também ser decifradas para que se possa reconstruir os textos que significam: “[...] quando as imagens técnicas são corretamente decifradas, surge o mundo conceitual como sendo o seu universo de significado” (p. 14).

#### 3.4 MAPAS CONCEITUAIS COMO REDES DE SIGNIFICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DO CONCEITO DE BIOTECNOLOGIA

Moreira (2006) define os mapas conceituais como diagramas bidimensionais que derivam diretamente das relações hierárquicas de determinado conceito. É um modelo que indica a subordinação entre os conceitos relacionados e os conceitos com nível de generalidade semelhante e inclusividade aparecem na mesma posição vertical do mapa. Desta forma, quanto mais relações horizontais forem apresentadas, mais estruturado mostra-se o mapa e, eixos simples verticais, demonstram um diagrama menos complexo e com poucas interações.

Os mapas conceituais decorrem naturalmente da Teoria da Aprendizagem Significativa, que destaca a aquisição de conceitos diferenciados como fator preponderante na aprendizagem subsequente. São considerados instrumentos que, quando bem utilizados, permitem analisar a estrutura conceitual de uma fonte de informações ou de uma atividade de investigação.

Novak e Gowin (1984) defendem a representação através de mapas conceituais como um dispositivo que pode ajudar no processo de ensino, apresentando uma organização hierárquica que pode ser utilizada para a identificação de conceitos mais gerais e ajudando na preparação de tarefas de aprendizagem para a recepção de novos conceitos, mais específicos (AUSUBEL, 2000; CAÑAS et al., 1999 e 2004). Desta forma, mediados pela linguagem, os aprendizes processam novas significações que devem estar organizadas progressivamente para que possam ancorar seu conhecimento.

Para Novak e Gowin (1984), os mapas conceituais são dispositivos esquemáticos para representar um conjunto de significados de conceitos encaixados em um sistema de referência proposicional, pois os conceitos mostram-se ligados e expressam significados atribuídos às relações entre conceitos, como proposições. Nesse aspecto, os mapas de conceitos são particularmente úteis, uma vez que permitem identificar rapidamente quais são os conceitos prévios e os conceitos subordinados necessários ao aprendizado de um conceito novo (NOVAK, 1980). A forma de representação depende dos conceitos, das relações entre os conceitos e dos critérios utilizados para organizá-los, por isso são chamados de diagramas hierárquicos que procuram refletir a organização de determinado conceito que deriva da estrutura cognitiva de um indivíduo.

Partindo da ideia de que a estrutura cognitiva de um indivíduo em certa área de conhecimento apresenta-se de forma organizada hierarquicamente, os mapas conceituais podem ser usados como instrumento para representar tal estrutura cognitiva, por isso é possível investigar, através da análise de mapas conceituais, as mudanças que ocorrer durante a instrução, das relações de significado de certo conceito abordado.

A *subordinação* e *superordenação* entre os conceitos também são explicitados em mapas conceituais, assim como a diferenciação progressiva entre os níveis de significação conceitual e proposicional. A medida que o uso de setas seja para cima ou para baixo, pode-se evidenciar também, no enfoque ausubelliano, a reconciliação integrativa dos conceitos envolvidos na construção do mapa. Isso significa que exemplos e novos significados podem estar relacionados, apesar do topo do mapa se iniciar com conceitos mais gerais.

Para haver uma leitura metódica de um mapa de conceitos, os códigos precisam ser conhecidos e de domínio social, pois as leituras dependem dos grupos sociais em que os destinatários estão inseridos; como trajetória acadêmica e currículo. A análise da construção dos mapas de conceitos serve como suporte para a identificação dos conhecimentos prévios e as relações estabelecidas sobre o tema. A aprendizagem significativa passa a existir quando um mesmo conceito ou uma mesma proposição conseguem ser expressos de diferentes maneiras, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, equivalentes em termos de significados (AUSUBEL apud MOREIRA, 1999).

Os mapas conceituais têm a ver com as relações significativas entre conceitos na forma de proposições, considerando que um conceito comunica o significado de alguma coisa e representa uma série de características, propriedades, atributos, regularidades e observações de um objeto, fenômenos ou evento. Assim, pode-se afirmar que a teoria de Ausubel está baseada na suposição de que as pessoas pensam com conceitos, o que revela sua importância para aprendizagem (AUSUBEL, 1980).

As contribuições da abordagem semiótica de cunho cognitivo têm sido amplamente pesquisadas nos processos de ensino de aprendizagem das ciências. Sobre os registros semióticos (DUVAL, 1995), a hipótese de aprendizado é que as relações entre diferentes registros semióticos do mesmo conceito (linguagem natural, esquemas, gráficos, etc.) favorecem a construção de conceito do aprendente. A essência representacional não é característica única da matemática, mas se estende nos campos de conhecimento da Biologia, Química e Física, o que implica no fato de que para aprender ciências é necessário primeiro aprender a utilizar as linguagens ou representações inerentes de tal ciência.

Para Duval (2011), não há domínio do conhecimento que não se desenvolva em um conjunto de conceitos mais ou menos complexos, por isso é essencial compreender a importância das representações semióticas para o desenvolvimento da matemática: “[...] além dos sistemas de números, há as figuras geométricas, notações algébricas e formais, representações gráficas e linguagem natural, mesmo se usados de modos diferentes além da linguagem do dia a dia” (DUVAL, 2011, p. 2).

Como os estudantes têm grandes dificuldades em construir gráficos, tabelas ou fórmulas por si próprios, os professores normalmente os fazem trabalhar com problemas prontos e abstratos, o que não permite uma exploração de significado, dificultando que ocorra uma aprendizagem significativa de determinado conceito, considerando que aprender é captar o significado conceitual. Tal pressuposto principal da Teoria da Aprendizagem Significativa explicita a responsabilidade de toda prática educativa e apesar de depender do aprendiz a disposição em aprender, cabe ao professor explorar maneiras de facilitar a construção de significado a partir da relação dos novos acontecimentos com o que o aluno já sabe e explanar formas de utilizar tais conhecimentos em contextos diferentes.

Por isso, neste trabalho, considera-se um mapa de conceito como uma “imagem”, pois neste tipo de representação esquemática, há uma construção conceitual no formato visual com elementos verbais acoplados, onde o conhecimento explorado mostra-se como um “todo”, trazendo à tona diferentes campos conceituais que formam tal conhecimento, assim como ocorre em outros tipos imagéticos, como uma fotografia ou imagens midiáticas (AGUILAR TAMAYO, 2006 e 2008).

De acordo com Moreira e Buchweitz (1993), os mapas conceituais podem ser elaborados com diferentes graus de extensão que são dependentes de fatores educacionais, culturais, sociais e diferenças individuais da estrutura cognitiva, por isso não existe uma representação única de uma certa estrutura.

Considerando a proposta de uma análise da construção de significado efetuada pelo aprendiz durante a leitura de imagens propostas e construção de mapas conceituais, a Teoria Semiótica mostra-se condizente e apropriada para tal estudo, pois a Semiótica procura fornecer modelos de leitura e chaves interpretativas para objetos que se situam nos domínios da natureza e da cultura, ou em trânsito entre estas duas esferas.

As noções chave de significação só podem ser elucidadas a partir de uma perspectiva semiótica, pois, seja compreendida como uma metodologia, área do conhecimento ou até mesmo uma metaciência, tal abordagem suscita uma análise de linguagem simbólica e de categorizações de fenômenos científicos (SILVEIRA, 2007).

# CAPÍTULO 4

## SOBRE A TEORIA SEMIÓTICA E O ESTUDO DO MODO IMAGÉTICO

### 4.1 INTRODUÇÃO

A Semiótica ou ciência dos signos é o estudo de como são construídos significados usando recursos culturais de sistema de palavras, imagens, símbolos e ações. Dada a sua grande extensão como ciência, ela enxerga cada objeto ou ação como signo e portadores de um significado, extrapolando as propriedades do objeto material, mas interpretando o significado existencial destes.

O estudo dos signos começa com as origens dos homens, pois entender e interpretar o mundo e os homens significa estudar signos. Porém, o advento da ciência geral dos signos é de tempos mais recentes.

O uso do termo semiótica para designar a ciência dos signos, correspondendo, nesse sentido, à lógica tradicional, foi proposto pelo filósofo inglês John Locke (1632-1704), no século XVII e, em seguida, retomado por Lambert, no século XVIII, como título da terceira parte da obra *Novo Organon*. Entretanto, por iniciativas independentes, a semiótica, por um lado, na designação de origem anglo-saxã e a semiologia, de outro, na vertente neolatina da cultura europeia, vão ser propostas como disciplinas autônomas: no primeiro caso, pelo filósofo norte-americano Charles Sanders Peirce (1839-1914) e, no segundo, pelo linguista suíço Ferdinand de Saussure (1857-1913) (NÖTH, 2006).

Tomando como base o código linguístico, as correntes influenciadas por Saussure, concentram-se, de modo mais restrito, na análise dos processos de significação na esfera social e cultural, considerando objetos

privilegiados de estudo os diversos modos de linguagem e expressão humanas, tais como imagens, gestos, fotografia, cinema, música. Nesta linha destacam-se contribuições que se concentraram, sobretudo, na língua francesa: a antropologia estrutural de Lévi-Strauss, a análise semiológica da moda, culinária, literatura, de Roland Barthes, além das provocações filosóficas de Jean Baudrillard.

Os processos significativos podem ser mediados pela palavra escrita ou falada, pelos símbolos ou gestos e sempre ocorrem na medida em que alguma coisa significa algo para alguém (PEIRCE, 2005), por isso é necessário que o signo seja percebido e compreendido. Nesse sentido, a proposta peirciana tende a ser mais globalizante uma vez que se estrutura epistemologicamente como uma fenomenologia e, portanto, encara todo o universo, não apenas humano, como fontes dos processos de significação. Sua definição de signo conduz ao centro das discussões e dos argumentos do pragmatismo, cuja função é estabelecer a natureza da relação sígnica, isto é, determinar o significado dos signos (NÖTH, 2006).

Por isso, neste trabalho optou-se pelo uso da Teoria Semiótica Peirciana como base teórica no auxílio da elucidação de percursos de construção conceitual e de significado trilhados por alunos durante episódios de ensino sobre o tema biotecnologia. Desta forma, pretende-se oferecer um instrumento de análise construção conceitual e de significado, para melhor compreender como se processa a aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia.

Tal escolha se deve ao fato de que esta linha de teoria semiótica conserva um caráter sistemático, filosófico e formal, não para o esclarecimento de problemas particulares de determinada área de conhecimento, mas oferece um referencial teórico de ampla magnitude que poderá auxiliar na resolução futura de outras questões que venham a existir.

Como a imagem é o objeto central de pesquisa deste trabalho, neste Capítulo pretende-se explicar como a teoria semiótica contribui para o estudo da imagem, no intuito de auxiliar na construção de uma ferramenta de análise visual, que será apresentada ao final do capítulo.

## 4.2 TEORIA SEMIÓTICA PEIRCIANA

A realidade na forma que se apresenta, foi denominada por Kant de *fenômeno*, sendo que a ciência da experiência da consciência foi denominada por Hegel de *Fenomenologia*. Peirce, então, denomina de Fenomenologia o quadro de categorias capaz de expressar a aparência em toda a sua universalidade (SILVEIRA, 2007, p. 39).

Peirce define, pragmaticamente, o signo como um “meio para a comunicação de uma forma”, ou um hábito, incorporado no objeto, de tal modo a restringir o comportamento de um intérprete. É uma questão empírica, aplicável até mesmo aos sistemas biológicos ou artificiais, que usam signos para “comunicar formas” incorporadas em objetos (QUEIROZ, 2007). São apresentadas a seguir as principais características de cada componente do signo peirciano: o *representamen*, o objeto e o interpretante.

O *Representamen*, como primeiro correlato da tríade proposta por Peirce, exerce o papel de potencialidade e força que um pensamento faz através dos signos que apresenta. Apesar disso, é o elemento mais simples e sempre se apresentam tal como ele é. O *objeto* do signo, como segundo correlato, exerce o papel do outro, ao qual o signo se refere: *Dada sua intrínseca alteridade e relativa independência face às suas representações, o objeto implica em uma maior complexidade ao se inserir no processo semiótico* (SILVEIRA, 2007).

O interpretante do signo, como terceiro correlato, dentre os três, é o mais complexo em sua constituição pois se constitui em uma cadeia semiótica e modifica-se progressivamente, dando lugar a séries de interpretantes que tenderão a um *interpretante final* do signo (SILVEIRA, 2007). O *interpretante* constitui um dos vértices de uma relação triádica estabelecida com o *representamen* (signo) e *objeto*. Segundo Lúcia Santaella (1994), a cadeia triádica é a forma lógica de um processo que revela o modo de ação envolvido na cooperação diferencial entre três termos. O modo de ação típico do signo é o do crescimento através da autogeração. Por isso, os interpretantes, na perspectiva peirciana se dividem em três tipos: a) interpretante imediato; b) interpretante dinâmico e c) interpretante final. Copley e Jansz (1980) descrevem exemplificam claramente estes conceitos, tomando como *representamen* (signo) o apontar do dedo ao céu em uma noite estrelada:

Interpretante imediato é aquele que se manifesta como a compreensão mais correta do signo (olhar o céu e ver precisamente a estrela que o dedo aponta). Interpretante dinâmico é aquele que se dá como resultado direto do signo (olhar ao céu em geral em resposta à ação do dedo). Interpretante final é aquele que se dá como resultado relativamente raro de um signo que age inteiramente em todas as instâncias de seu uso (ver precisamente a estrela que o dedo aponta e perceber que o apontar do dedo indica que a estrela é especificamente *Proxima Centauri*) (p. 24).

As conexões lógicas entre os elementos sígnicos, *objeto, representamen e interpretante* evidencia a ação gerativa do interpretante, que em sua própria transformação, gera outro signo, promovendo o crescimento e a evolução da cadeia semiótica. Este processo, denominado por Peirce de *semiose*, se caracteriza pela interdependência entre tais elementos sígnicos.

Segundo Santaella (2007), o signo, nesta perspectiva, destina-se ao crescimento e desenvolve-se em um interpretante que irá, posteriormente, desenvolver-se em outro e assim, ad infinitum ou ilimitado, uma vez que o interpretante pode suscitar novas cadeias de significação, gerando novos interpretantes.

Do mesmo modo exige-se distinguir o Interpretante Imediato, isto é, o Interpretante representado ou significado no Signo, do Interpretante Dinâmico, ou efeito atualmente produzido na mente pelo signo; distinguindo ambos do Interpretante Normal, ou efeito que seria produzido na mente pelo Signo após o desenvolvimento suficiente do pensamento. (CP 8.343) (SILVEIRA, 2007).

#### 4.2.1 Definição das Três Categorias Peircianas

Para uma compreensão eficiente do empreendimento peirciano, convém destacar o quadro de categorias proposto com base na cadeia sígnica (exposto no item anterior). A determinação de tais categorias permitiu que formas proposicionais fossem representadas como realizações específicas dentro do quadro proposto, apresentando, ainda, “múltiplas relações em suas diversas “camadas” de formação e possibilidade de serem comparadas com outras formas de representação, de modo estritamente sistemático” (SILVEIRA, 2007, p. 40).

Segundo Silveira (2007), o quadro de categorias, proposto por Peirce no final do século XIX, possui certo grau de universalidade para a

representação do pensamento, pois foi formalmente construído a partir da capacidade combinatória de elementos componentes do universo das aparências, e não mais de um determinado modo de representar a realidade, tornando-se válido para qualquer mente que o integrasse através da experiência.

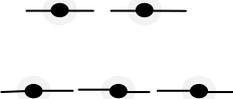
Assim, Peirce define as três categorias do seguinte modo: *Primeiridade* é o modo de ser daquilo que é como tal, sem a referência ao outro. *Secundidade* é o modo de ser daquilo como é, mas com respeito ao outro, a um segundo. *Terceiridade* é o modo de ser daquilo em relação recíproca a um segundo e um terceiro (PEIRCE, 2005).

Com o auxílio de um diagrama gráfico composto por pontos e traços, Peirce propõe as seguintes configurações para as três categorias (PEIRCE CP, §328 apud SILVEIRA, 2007, p. 41):

Se o *objeto* corresponde a um elemento externo referido pelo *representamen*, o *interpretante* corresponderia ao efeito que a relação entre *representamen* e *objeto* produz na mente de um hipotético intérprete. Ao *signo* assim criado, Peirce denomina *interpretante do primeiro signo*.

Ainda dentro de tais categorias, Peirce propõe a seguinte classificação para os interpretantes - imediato, dinâmico e final -, a qual enfatiza atributos do interpretante que torna possível uma rede semiótica estendida à infinitude e intimamente ligada ao processo de significação. O *interpretante imediato* determina a potência interpretativa do signo (neste caso há a predominância da categoria da Primeiridade). O *interpretante dinâmico* caracteriza-se por interpretações operadas de fato no processo da semiose (predominância da categoria de Secundidade). O *interpretante final* demonstra um caminho inacabado de interpretação sígnica, com a possibilidade futura de interpretação, o que implica uma continuidade do processo da formação de hábitos gerais e leis (predominância da categoria da Terceiridade) (SILVEIRA, 2007).

**Quadro 1** – Definição Das Três Categorias Peircianas (SILVEIRA, 2007, p. 41).

categoria	diagrama	aspectos sógnicos
PRIMEIRIDADE		Base primeira de toda realidade. Pode ser atribuída ao <i>representamen</i> como primeiro correlato da tríade sógnica, com características de espontaneidade e potencialidade.
SECUNDIDADE		Se constitui a partir da <i>Primeiridade</i> , Se caracteriza pela ligação de dois elementos que se confrontam. Faz referência ao <i>objeto</i> , com características de resistência, alteridade, existência e causalidade.
TECEIRIDADE		Podem-se formar redes relacionais. Se refere ao <i>interpretante</i> da cadeia sógnica e é caracterizado pela lei, generalidade e necessidade.

#### 4.3 TEORIA SEMIÓTICA PEIRCIANA E O ESTUDO DA IMAGEM

A linguagem da imagem, ou *semiologia da imagem*, surgiu em meados do século XX com a preocupação do estudo das mensagens visuais e aí a imagem tornou-se sinônimo de “representação visual”, tema amplamente abordado por Barthes, que questiona como o sentido chega às imagens e como a linguagem visual é constituída. Como resposta percebeu que mesmo as imagens fixas e únicas podiam possuir mensagens bastante complexas.

Como a Semiótica é uma ciência rigorosa, construtora de formas ideais e seu objeto, o *signo*, tem caráter fenomênico (PEIRCE, 2005), compreender um signo é chegar ao seu âmago e “[...] enfrentar a desafiadora dificuldade de encontrar um meio de distingui o que é comum a todo signo, do que é próprio ou exclusivo de alguma de suas classes” (SILVEIRA, 2007, p. 22).

No que se refere ao estudo da imagem, Santaella e Nöth (2005) salientam que, na polissemia do conceito, na linguagem comum, existe uma extensão da definição do conceito de imagem que se aproxima do conceito

peirciano de ícone, pois além de sua circunscrição simbólica, as imagens mantêm como características clássicas, a semelhança e a imitação (PEIRCE, 2005).

Tal complexidade pauta-se no princípio da heterogeneidade, considerando que uma imagem reúne em seus limites diferentes categorias de *imagens*, seja no sentido teórico (signos icônicos ou analógicos), seja no sentido visual (signos plásticos, como as cores, formas, composição interna, textura), ou ainda no sentido da linguagem verbal (signos linguísticos) (JOLY, 1996).

Segundo Joly (1996), os signos não representam apenas informações diretas ou denotativas, mas também uma estrutura de sentidos complexa que possibilita outras leituras dos elementos representados, ou seja, a imagem é constituída de características que provocam uma significação segunda a partir de uma significação primeira.

Neste sentido, Barthes (1971, 1990) indica que o sentido, percebido em um primeiro momento, indica até que ponto a própria percepção das formas e dos objetos é cultural e correspondem a uma analogia perceptiva e não a uma semelhança entre a representação e o objeto. Desta forma, torna-se possível detectar unidades culturais em uma imagem, que passa desde os aspectos físicos, como a textura, traço, cor ou matéria pictórica, até a capacidade de designar e recortar a mensagem em unidades passíveis de denominação (LEROI-GOURHAN, s/d).

Assim, a verbalização da mensagem visual manifesta processos de escolhas perceptivas e de reconhecimento que presidem sua interpretação, pois transpõe a fronteira entre o verbal e o visual e, em termos de signo analógico, coloca-se a imagem de imediato na categoria das representações:

Se ela parece é porque ela não é a própria coisa: sua função é, portanto, evocar, querer dizer outra coisa que não ela própria, utilizando o processo da semelhança. Se a imagem é percebida como representação, isso quer dizer que a imagem é percebida como signo (JOLY, 1996, p. 39).

Na argumentação lógica, genuinamente decorrente de classe de interpretantes que nela encontra denominação mais adequada, as hipóteses são dominadas pela categoria da primeiridade, já que se constituem em argumentos sobre a possibilidade de uma representação geral dos fatos encontrados; as induções são argumentos caracterizados pela secundidade, já que se constituem

em estratégias de verificação das hipóteses na experimentação com exemplares da classe de fenômenos representados, e somente a dedução constitui-se num argumento genuinamente geral, em que sua sustentação é exclusivamente a necessidade lógica da produção das conclusões a partir das premissas. (SILVEIRA, 2007).

Os substantivos são característicos desta relação de significação do objeto, pois representam, por convenção, uma classe geral de objetos ou conceitos. Os signos que representam as classes gerais de objetos são, por Peirce, denominados *símbolos* (SILVEIRA, 2007).

A Semiótica, como já explanado acima, é uma ciência formal que tem por objetivo estabelecer como devem ser todos os signos para uma inteligência capaz de aprender através da experiência e daí, devem resultar formas para a representação do fenômeno semiótico, pois segundo Peirce:

A mente é uma função proposicional dos universos mais amplos possíveis, tal que seus valores sejam os significados de todos os signos cujos efeitos atuais estejam em efetiva conexão (CP 4.550 n2 apud SILVEIRA, 2007, p. 33).

Partindo de um modelo triádico de signo, o signo de imagem se constitui um significante visual (representamen para Peirce), que remete a um objeto e evoca no observador um significado (interpretante). Santaella e Nöth (2005) enfatizam que o princípio da semelhança possibilita ao observador unir os três elementos constitutivos do signo e, assim sendo possível encontrar o conceito de imagem em cada um dos constituintes do signo peirciano.

Quando nos remetemos à imagem propriamente dita, a palavra imagem designa o *representamen*, com o conceito de imagem mental nos reportamos à imagem como *interpretante* e, finalmente, imagem como objeto para o *objeto* de referência da imagem. Fecha-se então, o círculo da polissemia semiótica de acordo com o princípio de Peirce.

Assim, semelhança e imitação são características imagéticas clássicas e as imagens como semelhança de signos retratados pertencem à classe dos ícones. Mas ao considerar a imagem como signo icônico, em uma definição peirciana e teórica da imagem, Klein chama a atenção ao fato de que a imagem não corresponde a todos os tipos de ícones, já que não constitui apenas o visual:

Na semiótica de Charles S. Peirce, a noção de ícone, que se constitui a partir do critério de semelhança em relação ao objeto, aproxima-se mais do conceito de imagem. Entretanto, deve-se ter cuidado ao fazer uso deste conceito, uma vez que o ícone, segundo Peirce, refere-se também a signos de canais não visuais, envolvendo todo o espectro sensorial do homem (KLEIN, 2006, p. 43).

Para Peirce um signo ou *representamen*, é algo que, a partir de um determinado aspecto, *representa alguma coisa para alguém*, criando na mente dessa pessoa um signo equivalente ou outro signo melhor desenvolvido. Segundo Joly (1996), vale ressaltar que o signo peirciano só é considerado signo e, portanto, diferente de um sinal, se “expressar idéias e se provocar na mente daqueles que o percebem uma atitude interpretativa” (p. 29).

O postulado das relações lógicas existentes se inter-relacionam na entidade signo, que possui três elementos: o *representamen*, o *objeto* e o *interpretante*. O *representamen* pode ser considerado como um primeiro elemento que se remete a um determinado objeto, evocando na mente de um intérprete um tipo de signo mais desenvolvido, que Peirce denomina de interpretante. Todo o poder de representação concentra-se no primeiro correlato da cadeia, o *representamen*, que “é alguma coisa que apresenta aspectos ou modos e [...] representa algo para alguém” (SILVEIRA, 2007, p. 31). A relação com um terceiro, destinatário da representação, é a produção de uma ideia, a qual Peirce denomina de *interpretante*, que tem a mesma natureza que o signo ou mais aperfeiçoado que ele.

Se as representações visuais são compreendidas por outras pessoas além das que as fabricam, é porque existe entre elas um mínimo de convenção sociocultural, em outras palavras, elas devem boa parcela de sua significação a seu aspecto de símbolo segundo a definição de Peirce.

No entanto, deve-se enfatizar a complexidade da tradução das representações visuais que se estende desde sua percepção, sua produção, extrapolando aspectos sociais individuais e das coletividades:

Ambos os domínios da imagem não existem separados, pois estão inextricavelmente ligados já na sua gênese. Não há imagens como representações visuais que não tenham surgido de imagens na mente daqueles que as produziram, do mesmo modo que não há imagens mentais que não tenham alguma origem no mundo concreto dos objetos visuais (SANTAELLA; NÖTH, 2005, p. 15).

Por isso, quando se fala em representação imagética e cognição, a Teoria Peirciana apresenta uma maior dimensão de reflexão e interpretação da aprendizagem através da imagem. Nöth (2007) esclarece que, em vez de considerar a linguagem como um sistema fechado de estruturas imanentes, Peirce foca na linguagem como um processo sígnico (semiose) no contexto da cognição e da comunicação:

[...] Em termos de *semântica*, o significado de uma palavra é definido com outras palavras, é “a tradução de um signo em outro sistema de signos” [...], ou, em outras palavras: “o significado de um signo é o signo em que ele tem que ser traduzido” [...]. Tal tradução pode ser intralingual (um sinônimo, uma paráfrase, uma definição) ou interlingual (como uma tradução para outra língua) (CP 4.132 apud NÖTH, 2007).

Em termos de *pragmática*, o significado é a relação entre as intenções de um produtor de um signo e o efeito de um signo no intérprete. Da perspectiva de um produtor de signo, o significado está próximo da intenção, [...] quando uma pessoa *quer*<sup>5</sup> (*significa*) fazer algo ele está em algum estado em consequência de que as brutas reações entre as coisas serão moldadas de acordo com a forma na qual a mente do homem é em si mesma moldada (CP 1.343 apud NÖTH, 2007).

#### 4.3.1 Proposta de um Instrumento Analítico para o Estudo da Imagem

O Método Pragmaticista proposto por Peirce propõe um processo de construção de conceitos e de estratégia de elaboração teórica, onde se procura investigar como se comunica e como se dá o processo de significação dos conceitos e, devido à sua grande extensão pode dar conta do significado existencial de tais conceitos (SILVEIRA, 2007).

Bakker e Hoffmann (2005) utilizam a semiótica como quadro teórico na pesquisa do ensino de matemática. Desse ponto de vista, o problema de aprender matemática se desloca para o problema de como os alunos podem aprender *significados* culturalmente aceitos de signos matemáticos e como eles podem usar o significado dos signos para sua própria atividade matemática e de comunicação. A partir de tal problemática, Bakker e Hoffmann (2005) propuseram

---

<sup>5</sup> *to mean* = significar, querer dizer; mas, em inglês, também pode-se usar o verbo assim: *he means to do something*, ou seja, *ele quer fazer algo*. Por isso, o autor está falando em *significar* como também tendo sentido de *querer, desejar*.

um modelo de teoria semiótica da aprendizagem, onde uma trajetória hipotética de aprendizagem pode ser traçada.

Dentro do panorama da semiótica e da epistemologia, a essência do raciocínio diagramático pode ser vista no fato que ela oferece a base para abstrações cognitivas.

Caldeira (2005) enfatiza, no entanto, os cuidados quando um instrumento semiótico é utilizado em uma pesquisa, pois cabe ao pesquisador analisar a linguagem ou representação utilizada, e a determinação de significação a partir dessas. Portanto, quanto maior o número de linguagens utilizadas, mais aporte terá o pesquisador:

O processo de semiose sempre é dinâmico. Envolve criação constante de interpretantes o que requer do pesquisador um repertório teórico consistente que lhe possibilite, a partir do diagrama e das categorias semióticas peirceanas, efetuar uma leitura (verbal e não-verbal) do fenômeno, leitura essa que deve ser dialógica, não-linear, atentando para as possíveis polissemias discursivas (CALDEIRA & MANEACHINE, 2007).

O modo representacional, como os modos imagéticos utilizados neste trabalho, apresenta as relações do conhecimento que pretende representar e permite ao observador a interação com os objetos conceituais representados, levando em conta que a construção de significação e de conceitualização estão intimamente ligadas e fazem parte do processo da aprendizagem.

No entanto, para que tal processo seja de fato significativo, o aprendiz precisa “desconstruir” as relações apresentadas e “reorganizá-las” de acordo com suas ideias e conhecimentos prévios e é nesse dinamismo de relação que ocorre a construção dos significados e dos conceitos. Novak e Gowin (1984) complementam que os conceitos e as proposições originadas pela relação desses conceitos são os elementos centrais na estrutura do conhecimento e na construção de significado. Um conceito é definido como *uma regularidade nos acontecimentos ou nos objetos que se designa por um certo termo* (NOVAK; GOWIN, 1984).

Neste sentido, a designação de *como* um conceito é construído depende das relações de significado estabelecidas através de linguagens e símbolos específicos, uma vez que a aprendizagem significativa se produz quando os novos conceitos ou significados são englobados sob outros conceitos.

Para Peirce a aprendizagem envolve um movimento permanente (TIENNE, 2007). A perspectiva da psicologia cognitiva da *informação em rede* (SILVA; VIEIRA, 1999) permite um diálogo entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e a Teoria dos Interpretantes de Peirce, o que permite a construção de um modelo esquemática para se compreender como se dá o processo de significação na formação de conceitos científicos. Isso é possível já que o método peirciano tem a pretensão de esclarecer os significados de cada conceito, doutrina, proposição ou outro signo (ECO, 2004).

Para Peirce (2005), representar o real e atuar sobre ele no futuro, são dois aspectos inseparáveis do conhecimento e do pensamento. Assim as representações, e também as representações imagéticas, antecipam imaginariamente uma conduta que poderá se efetivar no futuro, mas o sentido só é criado na interação com o objeto, considerando que a representação é o que medeia o sujeito e o objeto. Essa mediação é realizada através dos signos e o “representar decorre de um ato deliberado em busca do objeto desejado” (SILVEIRA, 2007, p. 24). Tal busca pela verdade é o que move o pensamento.

Em vários momentos da sua obra, Peirce propõe um diagrama básico para a representação dos signos, como uma estrutura básica de compreensão do fenômeno semiótico. Nesse sentido, Peirce salienta que deve-se observar o fenômeno que deseja estudar sob a forma de uma figura imaginária ou *Diagrama*, ou seja, um conjunto de relações que melhor representam determinado fenômeno e as possíveis relações (SILVEIRA, 2007) e, baseando-se nas relações lógicas intrínsecas ao processo de significação e representação, Peirce (segundo NÖTH, 1995) teorizou um conceito de signo que priorizasse o processo dinâmico e evolutivo do significado e, assim, pode-se afirmar que o processo da semiose, enquanto um modelo fenomenológico serve como base teórica analítica de qualquer sistema de linguagem.

Em uma visão semiótica, Umberto Eco ainda esclarece que o *significado* para Peirce é a ideia referente ao objeto revestido da *representação*, que medeia o sujeito e o objeto. Entretanto o *ato de referência* não revela o significado do signo, mas o código ou a significação ocorre no processo da *semiose*, onde o significado pode ser “clareado” (ECO, 2004).

Eco entende que tal cadeia de significado tem a tendência de ramificar-se, e, nesse sentido, a imagem, apesar de constituir um objeto em si

mesma, edifica-se, na realidade, como um sistema de signos. Mesmo fotografias ou imagens diretas de um objeto, apresentam uma interpretação segunda, que pode indicar sua ideologia ou sua história. Ou seja, uma imagem sempre diz algo diferente do que representa no primeiro grau. (ECO, 1976).

A proposta aqui realizada, portanto, baseia-se no pressuposto semiótico de que o significado ocorre a partir da semiose e, similarmemente, tal processo acontece quando o aprendiz se depara com códigos imagéticos e permeia diferentes níveis de interpretação, assim como acontece durante a construção de um mapa conceitual, pois para haver uma leitura metódica e eficiente os códigos precisam ser conhecidos também no domínio social, pois as leituras dependem dos grupos sociais em que os destinatários estão inseridos.

Salienta-se, ainda, que os sentidos e as representações podem ser variados de acordo com as particularidades de cada grupo social. Segundo Ausubel (1978), a compreensão genuína de um conceito implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Acentuando o fato de que os conceitos são a base do pensamento, a construção de um novo conhecimento se inicia com a observação de acontecimentos ou de objetos, aliada àquilo já presente na rede cognitiva.

Como o tema central de análise é o da Biotecnologia, o modelo proposto limita os domínios e níveis de significação para elementos e conceitos constituintes do conceito maior da biotecnologia.

Assim, um primeiro diagrama é proposto (Figura 1A) onde está demonstrada as relações entre os possíveis domínios alcançados pelo aprendiz durante a observação direta de uma imagem sobre biotecnologia, ou durante a construção de mapa conceitual sobre o tema. Três domínios interpretativos, assim, são delimitados: Domínios Descritivo, Interpretativo Científico e Interpretativo Valorativo.

O esquema construído na Figura 1A um enfatiza um processo independente entre os domínios interpretativos, mas, ao mesmo tempo, demonstra possíveis efeitos oriundos da relação entre tais domínios. Neste Sentido, Pode-se estabelecer uma Analogia com o Processo de “Semiose” da Semiótica Peirciana, se Cada Domínio for Considerado um Sistema Sínico Independente.

**Figura 1A** –Inter Relação Entre os Domínios Descritivo, Interpretativo Científico r Interpretativo Valorativo, Enfatizando o Processo de não Dependência entre tais Domínios, Mas o Possível Efeito entre um e Outro Domínio.



A ideia de “significação” usada neste trabalho tem base nos estudos peircianos, segundo os quais o significado se dá em um processo dinâmico e evolutivo, em uma relação lógica e intrínseca entre o *significado* e a *representação* (NÖTH, 1995). O uso da expressão “domínio de interpretação” tem o intuito de salientar que o significado de determinado conceito é fruto tanto da sua interação com outros conceitos como da sua relação entre os diversos domínios de abordagem conceitual existentes, o que demonstra a amplitude e complexidade dos campos de conhecimentos científicos.

Por isso, utilizando a estrutura semiótica similar à proposta peirciana, é possível identificar como se dá o processo de interpretação conceitual e de significação entre os estudantes, quando esses constroem mapas conceituais ou leem imagens sobre o tema da biotecnologia. Optou-se pela utilização de um instrumento que abarcasse a interação e a interpretação do modo representacional pelo aprendiz, mas que também auxiliasse na compreensão dos processos cognitivos de produção de significados.

Deve-se ressaltar que o intento principal da pesquisa aqui apresentada foi propor análises representacionais que permitissem estabelecer os níveis de significação alcançados pelos sujeitos, com a preocupação de ordem cognitiva, mas não com o objetivo de aprofundar-se na Teoria Semiótica, no

sentido de extrapolar os aspectos filosóficos, epistemológicos e estruturais das teorias utilizadas.

# CAPÍTULO 5

## METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

### 5.1 INTRODUÇÃO

O Capítulo 5 divide-se em duas principais partes. A primeira diz respeito à explanação do Instrumento para Análise da Leitura de Imagens. Tal modelo, com base nos pressupostos da Teoria Semiótica Peirciana e da Teoria da Aprendizagem Significativa, busca categorizar os elementos que constituem o conceito de biotecnologia, de acordo com a interdependência sígnica, hierárquica e funcional de tais elementos elencados durante a interpretação do aprendiz na leitura das imagens e na construção de mapas conceituais.

A segunda parte do Capítulo discorre sobre o delineamento investigativo da presente pesquisa, assim como a apresentação e justificativa da estratégia de intervenção utilizada para a coleta dos dados.

### 5.2 INSTRUMENTO PARA ANÁLISE VISUAL

Como delimitado no Capítulo anterior, este trabalho propõe a análise do conteúdo científico a partir da categorização dos significados em domínios e níveis de significação, onde o “domínio” apresenta aspectos amplos de um conceito que pode subdividir-se em níveis específicos inerentes a determinado conceito analisado.

Nesta proposta, o primeiro olhar que descreve os elementos constitutivos da imagem é denominado de *domínio interpretativo descritivo*. O segundo domínio é denominado de *domínio interpretativo científico* e o terceiro domínio, *domínio interpretativo valorativo*.

No caso do domínio científico tal cadeia parte da descrição do objeto científico até a explanação de processos e mecanismos relacionados a biotecnologia: *nível de significação descritivo-científico, nível de significação conceitual e nível de significação técnico ou processual*. Já no âmbito do domínio valorativo, os domínios de significação que podem ser abordados pelo leitor delimitam-se à discussão socioeconômica, discussão ético-moral e discussão ambiental relativas à temática da biotecnologia (Figura 1B).

Uma leitura a partir dos significados estabelecidos no primeiro domínio originam olhares ligados à descrição científica ou valorativa, criando, assim, uma cadeia sógnica com significados de segundo nível.

Cada domínio forma a partir daí cadeias sógnicas de terceiro nível organizadas segundo a construção do conceito. Tal dimensão de interpretação forma cadeias conceituais de significação condizentes com a proposta ausubeliana, onde um conceito existente na rede cognitiva, interage e modifica-se quando um conceito novo é assimilado.

Assim, o verdadeiro produto dessa interação não é apenas o novo significado em si, mas a modificação da ideia âncora que, conseqüentemente, resulta em um significado composto por ambos: “O significado do novo material emerge, rápida e relativamente sem esforço, pois é diretamente derivável de, ou está implícito em, um conceito ou proposição mais inclusivo já existente na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 1989, p. 58).

De maneira semelhante, a proposta peirciana demonstra a complexidade de interação entre os diferentes níveis interpretativos que podem ser alcançados no processo da relação com o objeto.

Com o ressaltado de que, no instrumento aqui proposto (Figura 1B), foi necessário articular o objeto conceitual imagético com cada domínio interpretativo de forma independente (domínio descritivo, científico e valorativo), pois, o resultado da construção conceitual de significação, não perpassa, necessariamente, pelos três domínios propostos, mas pode haver uma concentração de produção de significado em um ou outro domínio.

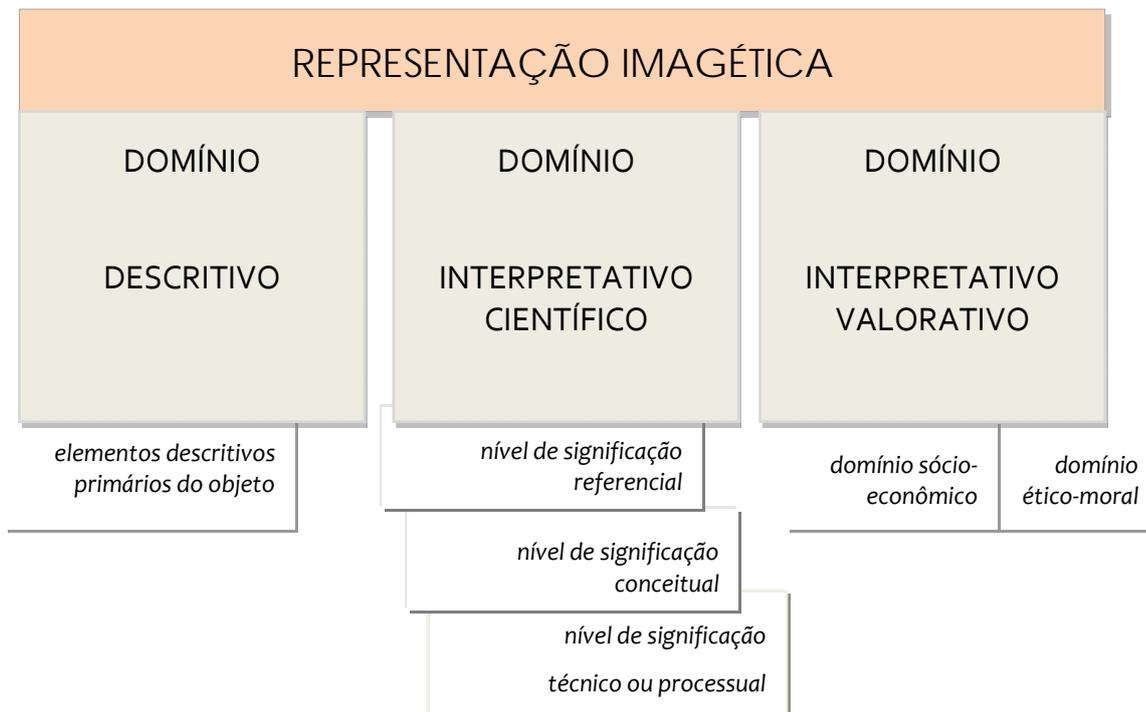
No entanto, no caso do campo de conhecimento da biotecnologia, uma abordagem sistemática em cada um dos domínios, demonstraria a facilidade em permear diferentes âmbitos de discussão, caracterizando a amplitude e o fator da interdisciplinaridade inerentes à complexidade da área da biotecnologia.

No que diz respeito ao desenvolvimento científico, deve-se levar em conta que os elementos constitutivos são estabelecidos para propor ou explicar determinada técnica, processo ou mecanismo de funcionamento de um organismo, como observado nos sistemas biológicos naturais ou processos biotecnológicos de manipulação molecular ou celular.

Por esta razão, os níveis de significação científicos constitutivos do domínio científico estão presentes em um processo dinâmico de interdependência, em uma sequência de organização, onde o primeiro nível torna-se requisito para o nível de significação seguinte. Tendo como base os pressupostos inerentes à organização biológica, este trabalho propõe a análise do conteúdo científico a partir da categorização das “partes” a serem estudadas, considerando que durante o processo de aprendizagem científica os conceitos vão se organizando hierarquicamente e formam redes de significados na mente do aprendiz (AUSUBEL, 1973).

Este esquema analítico foi proposto no intuito de embasar a compreensão que os aprendizes constroem na medida em que interagem com diferentes modos de representar o conceito de biotecnologia, durante as intervenções didáticas, pois o instrumento fornece ferramentas adequadas para uma identificação precisa dos percursos de interpretação que um indivíduo traça, a partir do objeto, uma vez que permite demarcar claramente níveis de complexidade de organização e funcionamento de um sistema, trazendo à tona aspectos da construção de significação conceitual.

**Figura 1B** – Domínios Interpretativos e Níveis de Significação Estabelecidos a Partir da Representação do Objeto Imagético.



Segundo o modelo estabelecido para a análise, a descrição dos elementos literais da constituição do objeto, como cores ou definição não científica das formas que compõem as figuras, estabelece o plano do *domínio descritivo*. Nos debates e na construção de mapas de conceitos, em que é analisado o percurso do aluno a partir de objetos conceituais e não de objetos imagéticos, o domínio interpretativo descritivo inclui ainda descrições primárias ou elementares para o contexto da aprendizagem científica, em que estão inseridos estudantes em fase de conclusão do Ensino Médio.

O domínio interpretativo científico inclui termos ou explicações científicas advindas de conceitos, explicações procedimentais e explanações teóricas, com o uso de símbolos e termos específicos inerentes à área da biotecnologia, considerando que pesquisas similares na área do ensino e aprendizagem deste tema, demonstram que o conhecimento biotecnológico apresenta categorias hierárquicas, de acordo com o grau de complexidade e organização funcional: o *nível macroscópico*, que inclui os produtos biotecnológicos, como óleos, plantas e fermento; o *nível microscópico*, que inclui

os aspectos celulares ou teciduais (processos celulares); e o *nível molecular ou simbólico*, que inclui os modelos de estruturas ou processos biotecnológicos (como a estrutura do DNA, RNA, ação de enzimas de restrição e eletroforese) (WU, 2003).

O modelo proposto aqui concorda com os pressupostos de uma evolução de níveis de formulação conceitual, onde, a partir de conceitos mais prévios, os aprendizes são capazes de permear diferentes patamares de integração do conceito que está sendo construído, o que contribui para a elucidação do caminho trilhado pelo aprendiz durante a construção de certo conceito. Além disso, o instrumento permite identificar as relações sógnicas possíveis estabelecidas entre os domínios interpretativos, que tendem a crescer e ramificar-se, como em um processo de semiose.

### 5.3 ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO

A metodologia deste estudo apresenta caráter qualitativo, descritivo-explicativo. A pesquisa qualitativa foi escolhida porque permite trabalhar com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). São estudos descritivo-explicativos porque intencionam, em um primeiro momento, identificar, descrever e explicar determinados fatos ou fenômenos e, num segundo momento, estabelecer compreensão sobre o significado dessa produção no contexto da área de pesquisa (MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 1996).

Foram selecionados recortes de episódios de intervenção pedagógica, ação baseada em metodologias do campo da etnografia interacional (GREEN, 2003), que permite avaliar as interações realizadas por determinado grupo e relacionar eventos mais pontuais com contextos mais gerais de sua produção.

Neste caso, a delimitação é interpretativa, construída na interação entre o pesquisador e os dados empíricos, acarretando um mapa de eventos que possibilita a classificação dos diferentes momentos pedagógicos da aula.

Foram analisados episódios de ensino de uma turma de 18 alunos do 3º. Ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Londrina, PR.

## 5.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DOS DADOS

### 5.4.1 Oficina de Biotecnologia

Alunos do Ensino Médio de escolas públicas da região de Londrina (PR) foram convidados para participar de uma Oficina de Biotecnologia durante o período das férias escolares. Atividades foram desenvolvidas na Universidade Estadual de Londrina, em laboratórios com equipamentos específicos para que os objetivos propostos para cada módulo fossem alcançados.

Antes do início da Oficina, foi esclarecido aos alunos que tais atividades faziam parte de uma pesquisa de tese de doutorado e, para que suas respostas e participação pudessem ser utilizadas na investigação, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1) deveria ser assinado por seu responsável.

Os módulos oferecidos nesta oficina já haviam sido explorados em um projeto piloto anterior, com alunos do ensino superior (curso de Ciências Biológicas).

A Oficina teve duração de 48 horas divididas em duas semanas de atividades. Os alunos interessados deveriam fazer uma inscrição prévia e a participação foi certificada pela instituição.

Os conteúdos foram abordados com estratégias de ensino diversificadas, para que pudessem ser contemplados diversos modos representacionais dos conceitos (ver Quadro 2), como o uso de modelos, manipulação de microscópio óptico, discussão de vídeos e argumentação em atividades específicas e aulas expositivas com uso diversificados de imagens e esquemas simulados em datashow.

Os conteúdos perpassaram questões de estrutura celular, divisão celular, estrutura do material genético, manipulação do material genético, biotecnologia moderna e implicações ético-sociais (Quadro 2).

As estratégias pedagógicas incluíram ainda visitas com discussão posterior, em laboratórios de biotecnologia e microscopia eletrônica. As aulas práticas incluíram a confecção de lâminas de mucosa oral e *Elodea sp* (observação em microscopia de célula animal e vegetal); extração de DNA vegetal e experimento de eletroforese para observação de bandas de DNA. As práticas de

enzima de restrição, testes de DNA para paternidade e questões forenses e “como obter uma DNA recombinante” foram simuladas em papel, com a construção de modelos, assim como a própria molécula de DNA que foi confeccionada com materiais artesanais.

Antes da explanação de cada tema, os participantes construíam um mapa conceitual específico para cada conceito a ser estudado no módulo e realizaram leituras de imagens relacionadas ao assunto e, ao final de cada unidade, uma discussão oral era proposta.

Todas as atividades foram videogravadas.

**Quadro 2** – Tema Proposto, Estratégia Metodológica e Modo Representacional Utilizados nas Atividades Desenvolvidas Durante a Oficina de Biotecnologia.

TEMA	ESTRATÉGIA METODOLÓGICA	MODO REPRESENTACIONAL
BIOLOGIA CELULAR	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Montagem de Lâminas e Observação em Microscopia Óptica e Eletrônica	Tridimensional-Imagético
	Discussão teórico-prática	Verbal-Oral
ÁCIDOS NUCLEICOS	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Montagem e Observação de Lâminas Extração de DNA e Construção de Modelo	Tridimensional-Imagético
	Discussão teórico-prática	Verbal-Oral
FERRAMENTAS UTILIZADAS NA BIOTECNOLOGIA	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Montagem de Cuba de Eletroforese, Observação Bandas de DNA e uso de Modelo	Tridimensional-Imagético
	Discussão teórico-prática	Verbal-Oral
TRANSGÊNICOS	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Construção de Modelo Tridimensional	Tridimensional-Imagético
	Filmes sobre o Tema	Verbal-Imagético
CLONAGEM E CÉLULAS-TRONCO	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Filme sobre o Tema	Verbal-Imagético
	Visita Laboratório Anatomia	Tridimensional-Imagético

TESTES DE DNA	Construção de Mapas de Conceitos	Imagético
	Leitura de Imagens	Verbal-Textual
	Simulação Testes de DNA	Tridimensional
	Discussão	Verbal-Oral
DEBATES FINAIS	Júri Simulado “Transgênicos”	
	Debate “Células-tronco”	Verbal-Oral

#### 5.4.2 Construção de Mapas Conceituais

Esta atividade refere-se à produção dos mapas de conceitos. Antes do início das tarefas específicas da Oficina, os alunos foram orientados sobre os objetivos e a estrutura de um mapa conceitual de maneira que pudessem construir seus próprios mapas e, em um segundo momento, discuti-los.

As atividades foram desenvolvidas em um laboratório de informática e o programa computacional utilizado para a confecção dos mapas foi o *Cmap Tools*<sup>6</sup>.

#### 5.4.3 Leitura de Imagens

Refere-se à produção textual dos alunos, quando participaram da atividade de leitura de imagens, em que deveriam descrever a imagem em um primeiro momento e, posteriormente, descrever a mensagem que tal imagem transmitia.

As imagens têm a vantagem de apresentar uma integração entre os elementos que compõem a sua estrutura como representação e elementos próprios do que pretende representar.

Desta maneira, uma análise imagética deve partir de uma reestruturação e categorização de elementos e, em um segundo movimento, reconstruir os conceitos referenciados pela imagem. Por esta razão optou-se pela prática de leitura imagética, que, ao mesmo tempo em que oferece a interação entre o leitor e a imagem, permite também que, ao refletir sobre a mensagem

<sup>6</sup> Software computacional desenvolvido pelo Institute for Human Machine Cognition, IHMC, University of West Florida, sob a supervisão do Prof. Dr. Alberto J. Cañas (Disponível em: [www.cmap.ihmc.us/download](http://www.cmap.ihmc.us/download)).

presente, ele “saia” do modo imagética e passe para o modo verbal, quando fala ou escreve sobre a mensagem.

Foram escolhidas imagens de cinco capas de revista, duas de veículos de comunicação de massa (revista *Veja* e revista *Época*) e três de revistas de divulgação científica (revistas *Ciência Hoje*, *Super Interessante* e *Nature*). A sexta imagem, apesar de não ser uma capa de revista, apresenta a mesma característica editorializada das mesmas, ensejando, pelos valores expressos, leituras mais complexas. O Quadro 3 traz uma descrição inicial de cada uma das imagens com suas respectivas referências.

**Quadro 3** – Manchete, descrição inicial e referência das imagens utilizadas para as práticas e leituras imagéticas.

IMAGEM	MANCHETE	DESCRIÇÃO INICIAL	REFERÊNCIA
Imagem 1	<i>Decifrei o meu DNA</i>	Rosto feminino com bandas DNA (eletroforese)	<i>Rev. Época (Capa, n. 570)</i>
Imagem 2	<i>The Human Genome</i>	Vários rostos de pessoas ao fundo de uma grande molécula de DNA	<i>Nature (Capa, n. 68)</i>
Imagem 3	<i>A Medicina que faz Milagres</i>	Alusão à obra de Micheangelo: mão com luva tocando outra mão	<i>Rev. Veja (Capa, n. 38)</i>
Imagem 4	<i>O Curativo Genético</i>	Molécula de DNA com um curativo	<i>Rev. Super Interessante (Capa, n. 11)</i>
Imagem 5	<i>DNA Nova Arma nos Tribunais</i>	Lupa, DNA, impressão digital	<i>Rev. Ciência Hoje (Capa, n. 169)</i>
Imagem 6	<i>Le 17 Avril: Journée Mondiale Anti O.G.M.</i>	Tomate com uma boca	<i>Salzano, F. DNA e eu com isso? p. 86 (disponível em <a href="http://www.aarrq.org">www.aarrq.org</a>)</i>

#### 5.4.4 Discussão Oral

Refere-se às argumentações orais sobre o tema proposto. Englobam tanto as relações dialógicas estabelecidas durante as atividades, como

também a expressão dos alunos em debates acompanhados de vídeos e textos sobre o assunto trabalhado.

A proposta de trabalhar com debates e discussões (modo representacional verbal-oral), apesar de não lidar diretamente com um objeto imagético, justifica-se pelo acesso facilitado às ideias cognitivas construídas pelos aprendizes durante o desenvolvimento das atividades. Tais discussões ocorreram em cada unidade da oficina (Quadro 2) e debates mais provocativos foram realizados na parte final do curso e incluíram a temática de “transgênicos”. Ressalta-se, portanto, que possíveis modificações ocorridas no percurso de construção de conceitos envolvidos na temática “biotecnologia”, puderam ser identificadas nos debates.

O debate foi realizado no formato de júri simulado, onde metade dos participantes estudaram e criaram argumentos favoráveis à inserção e ao consumo de alimentos geneticamente, o outro grupo de alunos construiu argumentos contrários ao uso de transgênicos.

## 5.5 ANÁLISE DOS DADOS

A partir do modelo de análise semiótica, com interlocuções dentro da perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa, as respostas e interações dialógicas foram categorizadas segundo o domínio e nível de significação estabelecido no Quadro 4, segundo o instrumento analítico proposto na Figura 1B.

Por isso, apesar de se tratar de uma análise de cunho qualitativo, os dados são apresentados também de forma quantitativa, de acordo com a distribuição percentual dos domínios e níveis de significação privilegiados nas leituras imagéticas e construção de mapas de conceitos. A escolha deste tipo de análise efetivou-se pelo fato de que os dados quantitativos elucidam diversos aspectos da análise qualitativa.

Neste trabalho, optou-se por categorias que mantivessem a característica organizacional e funcional do conhecimento de biotecnologia (conforme WU, 2003), mas que também pudesse indicar níveis de significação entre os conceitos envolvidos na área da biotecnologia.

Por esta razão, as categorias do domínio conotativo científico foram organizadas da seguinte forma: a referência a objetos com uso de linguagem

simbólica com a citação de termos científicos específicos, ainda que elementares (como exemplo: *são bandas de DNA*), constitui o *primeiro nível de significação* (descritivo científico). A explanação de entidades científicas (como a estrutura físico-química da molécula do DNA) constitui o *segundo nível de significação* (conceitual), em que apenas um conceito pode ser definido. O *terceiro nível de significação* (técnico ou processual) aporta a explicação de mecanismos e processos e implica uma relação entre diferentes conceitos.

Neste nível o aprendiz deve ser capaz de usar dois ou mais conceitos na descrição de um mecanismo celular ou molecular, por exemplo, a obtenção de células-tronco, organismos geneticamente modificados, clonagem, ou processos utilizados como ferramenta na biotecnologia na manipulação do material genético (como o uso enzimas de restrição e eletroforese).

O terceiro campo (valorativo) envolve dois domínios específicos de discussão de valores que implicam na construção do conhecimento de biotecnologia.

O primeiro domínio de significação, denominado socioeconômico, diz respeito à menção dos termos “clones”, “transgênicos” e “testes de DNA” como *produtos* de uso social; pode também se referir às implicações ambientais e inferência econômica de tais produtos biotecnológicos. O segundo domínio de significação deste domínio, denominado ético-moral, inclui os termos que fazem referência a valores éticos, morais ou religiosos sobre os impactos do avanço da biotecnologia.

**Quadro 4 –** Características dos Domínios Interpretativos e Níveis de Significação Elencados Para Análise das Representações Imagéticas Sobre Biotecnologia.

<b>DOMÍNIO</b>		<b>CARACTERÍSTICA</b>
<b>DOMÍNIO DESCRITIVO</b>	descritivo não científico	<i>descrição denotativa do objeto; não cita aspectos ou conceitos científicos</i>
<b>DOMÍNIO INTERPRETATIVO CIENTÍFICO</b>	nível de significação referencial	<i>definição do objeto com citação de termos científicos, como gene, cromossomo, bandas de DNA, eletroforese, molécula do DNA</i>
	nível de significação conceitual	<i>explicação de entidades científicas elementares e/ou definição conceitual de entidades como DNA, RNA, enzima de restrição, aspectos da estrutura do DNA, gene, cromossomo, genoma, célula-tronco</i>
	nível de significação técnica - processual	<i>descrição de procedimentos científicos complexos que impliquem relação de conceitos PCR, procedimentos para a realização de testes de DNA, clonagem, avanço de técnicas científicas, transplante de órgãos, obtenção de produtos transgênicos</i>
<b>DOMÍNIO INTERPRETATIVO VALORATIVO</b>	domínio socioeconômico	<i>discussão socioeconômica; discussão ambiental benefícios para a saúde, evolução da medicina, aspectos ambientais, menção dos termos “clones”, “transgênicos” e “testes de DNA” como produtos de uso social</i>
	domínio ético-moral	<i>identidade humana, diferenças raciais e sociais, eugenia, esperança, limites para a ciência, a ciência brinca de Deus, credibilidade nos testes genéticos, questões sobre o início e final da vida, aspectos religiosos</i>

# CAPÍTULO 6

## APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 6.1 INTRODUÇÃO

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir das construções de mapas conceituais e leituras de imagens.

As interações dialógicas são apresentadas posteriormente e, em conjunto com a análise detalhada dos mapas construídos e as leituras realizadas sobre o tema “transgênico” de um grupo de alunos participantes da atividade de “júri simulado”. O modo verbal-oral, modo expressivo das discussões, é considerado uma forma representacional que medeia as outras duas formas (leitura de imagens e mapas conceituais) e, por isso, é possível estabelecer, nesta análise, a comparação entre o espectro de significação percorrido pelo aprendiz e o modo de representação conceitual utilizado nas atividades.

Foram realizadas análises comparativas entre os modos utilizados e os resultados estão demonstrados em tabelas e gráficos, com o intuito de facilitar a visualização da distribuição dos domínios e níveis de significação privilegiados nas práticas apresentadas.

### 6.2 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

Foram analisados seis mapas conceituais construídos pelos nove alunos que participaram efetivamente de todas as atividades oferecidas durante a oficina.

O conceito principal para o início da construção do mapa foi sugerido aos alunos, mas não houve outras orientações ou interferências durante a atividade. O termo inicial era condizente com a atividade do módulo a ser trabalhado com os alunos: biotecnologia, DNA, enzima de restrição, transgênico e clonagem. Ao final de todas as atividades, foi solicitado aos estudantes que construíssem um mapa final sobre o tema de “biotecnologia”. Após as práticas de construção de mapas conceituais aleatórios para o desenvolvimento de habilidades quanto ao uso do Software utilizado para a construção dos mapas de conceitos, os alunos foram convidados a construir um mapa sobre os temas sugeridos. Não houve explanação prévia sobre o assunto.

Os termos utilizados na construção do mapa conceitual estão categorizados quantitativamente, de acordo com a estrutura apresentada em cada mapa construído pelos alunos, nos contextos e níveis de significação propostos no Instrumento de Análise descrito no Capítulo 4. Por exemplo, o termo transgênico quando inserido em um contexto de melhoramento genético ou obtenção de variedades resistentes, foi incluído no domínio interpretativo valorativo (socioeconômico), mas quando o processo técnico de obtenção era descrito, o termo fez parte do domínio interpretativo científico. Deste modo, foi possível identificar o percurso do aluno e as relações estabelecidas entre os conceitos. As palavras de ligação não foram categorizadas isoladamente, mas as proposições estabelecidas auxiliaram na análise dos termos principais estabelecidos nos mapas.

Os resultados estão apresentados no formato de tabelas, onde é possível visualizar a distribuição dos domínios e níveis de significação para cada mapa construído por cada aluno participante da pesquisa. Em um primeiro momento apresenta-se uma análise comparativa da distribuição dos domínios e níveis de significação dos mapas construídos por cada aluno, com o intuito de descrever o percurso cognitivo do aprendiz durante a oficina.

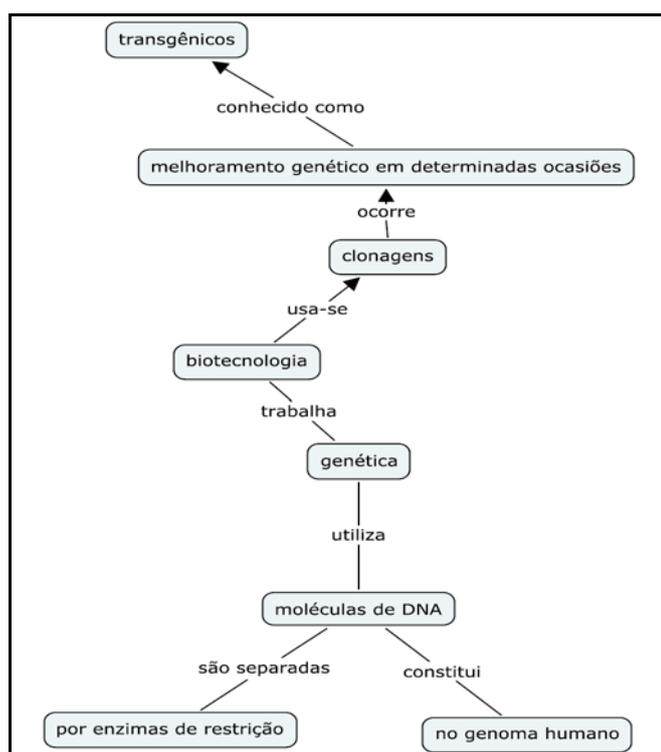
Em um segundo momento, os dados são apresentados de acordo com o tema de cada mapa conceitual construído: *biotecnologia (inicial)*, *DNA*, *enzima de restrição*, *transgênico*, *clonagem* e *biotecnologia (final)*.

### 6.2.1 Análise 1: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 1

No mapa conceitual elaborado pelo aluno 1 (Figura 2) a partir do tema “biotecnologia” (inicial), observou-se termos científicos (DNA, enzima de restrição, genoma humano) e aplicação biotecnológica (transgênico, clonagem, melhoramento genético). Não houve referência dos aspectos sociais, políticos e econômicos, ou de natureza ética e moral.

O mapa apresenta certa linearidade, utilizando-se palavras de ligação entre os termos. O mapa sobre o tema “DNA” apresentou uma estrutura ramificada em diferentes níveis de hierarquização conceitual (função, localização, estrutura e sua função na biotecnologia) (Figura 3).

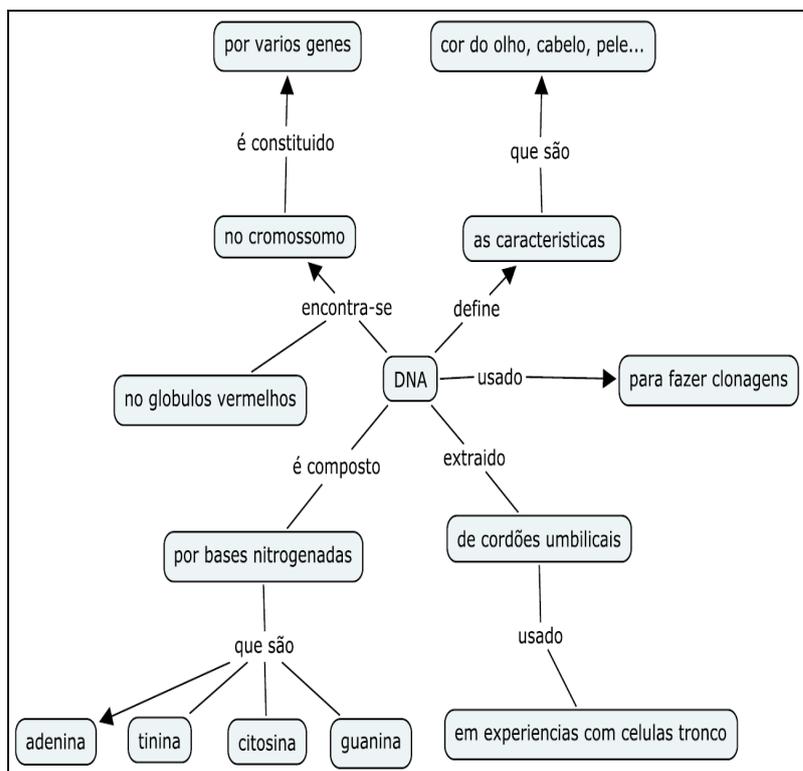
**Figura 2** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)



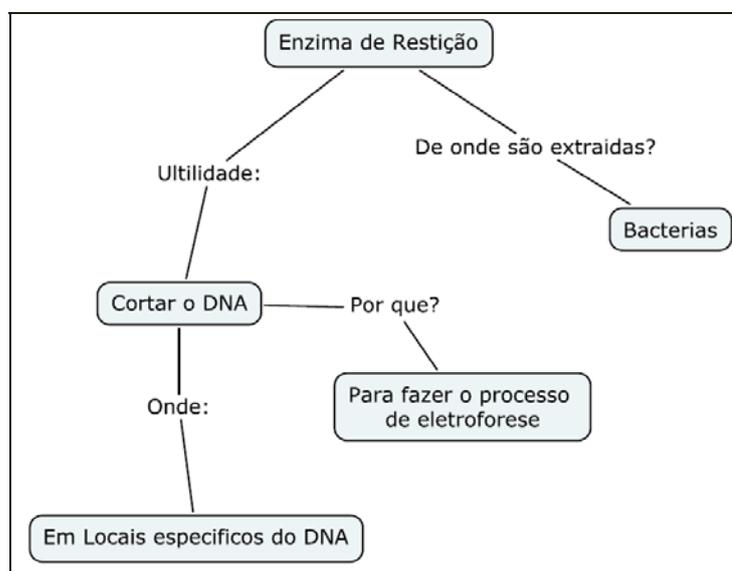
Na Figura 3 é possível identificar uma explanação do conteúdo que envolve o tema “DNA”, desde sua composição, relação com os cromossomos e características humanas, além de sua utilização em pesquisas com células-tronco e clonagem, apesar disso.

Quanto ao conceito de Enzima de Restrição (Figura 4), o aluno apresentou as características da função, utilidade no processo da biotecnologia e local de extração dessas enzimas.

**Figura 3 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema DNA**



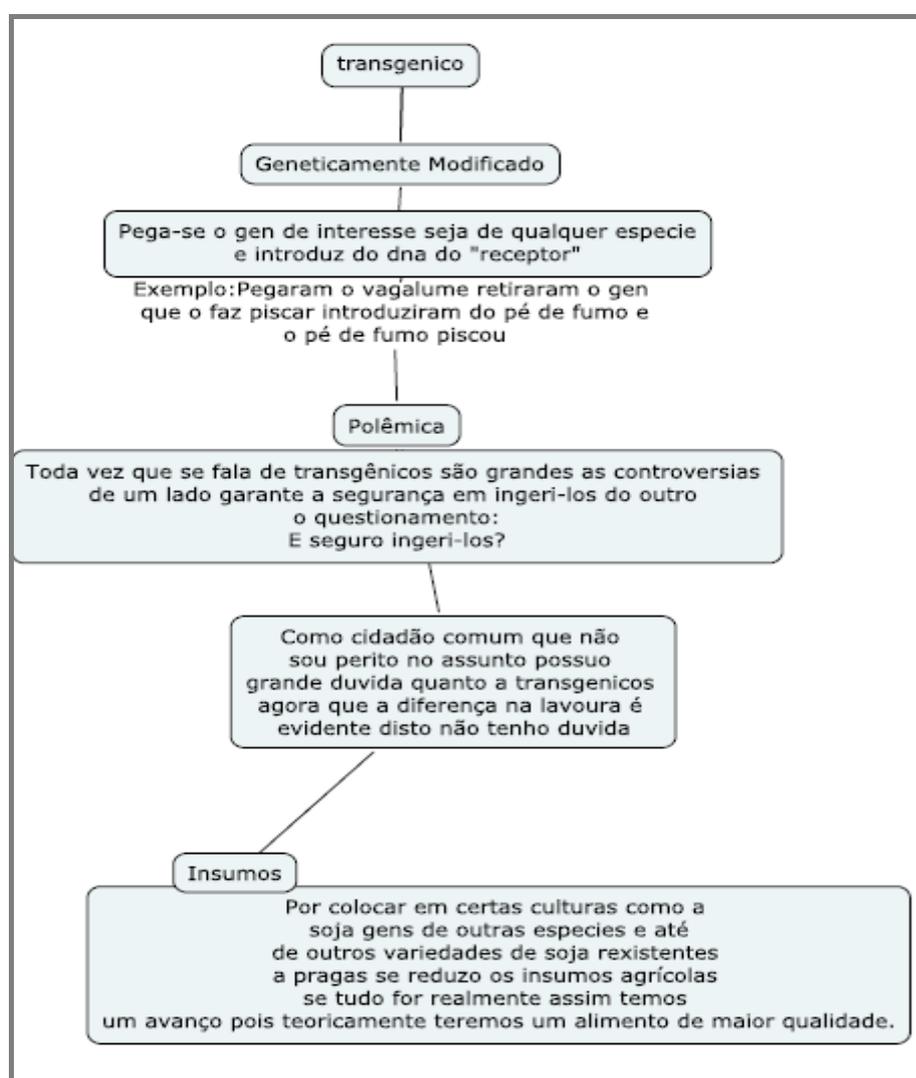
**Figura 4 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Enzima de Restrição**



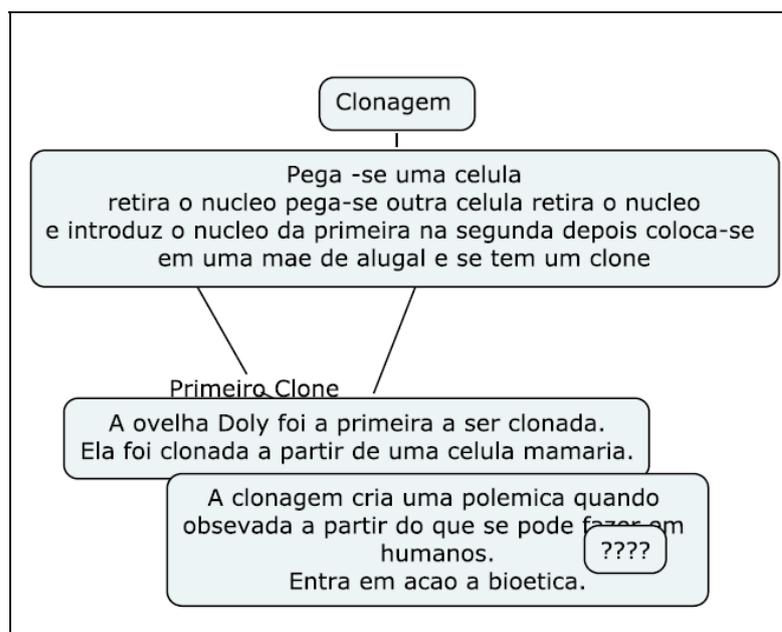
Tanto no mapa sobre transgênicos (Figura 5), como no mapa sobre clonagem (Figura 6), o aluno se utilizou de textos muito extensos, o que descaracterizou a estrutura do mapa conceitual.

A descrição do mecanismo de clonagem foi coerente, com menção à ovelha Dolly, com preocupação e reflexão com respeito à clonagem humana. Nas duas construções houve menção sobre os aspectos sócio-políticos e ambientais sobre os temas.

**Figura 5 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Transgênico**

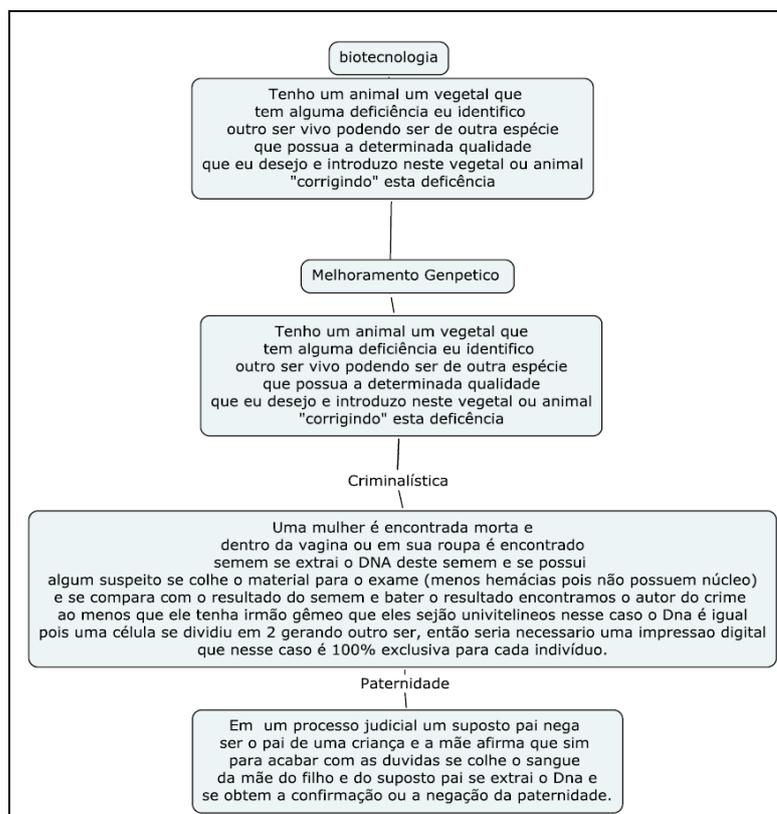


**Figura 6 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Clonagem**



No mapa sobre biotecnologia (final) o aluno também estruturou o mapa conceitual no formato textual (Figura 7). Considerou-se as principais ideias desenvolvidas pelo aluno na constituição dos dados, como a utilização da biotecnologia no cotidiano.

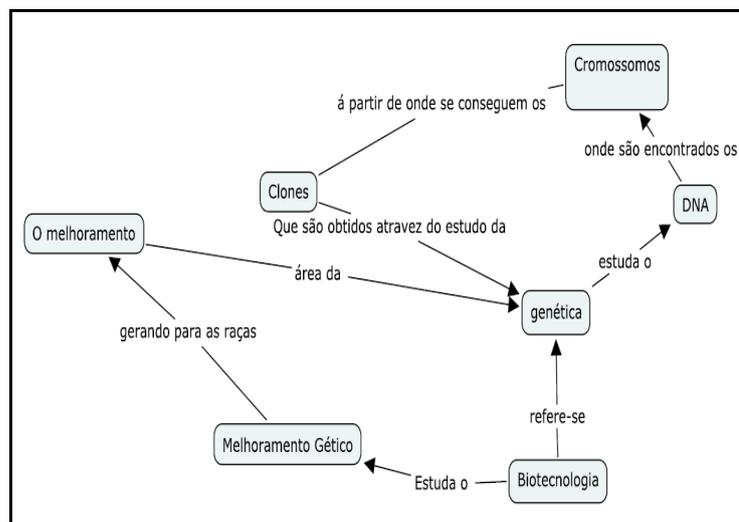
**Figura 7 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 1 a Partir do Tema Biotecnologia (final)**



### 6.2.2 Análise 2: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 2

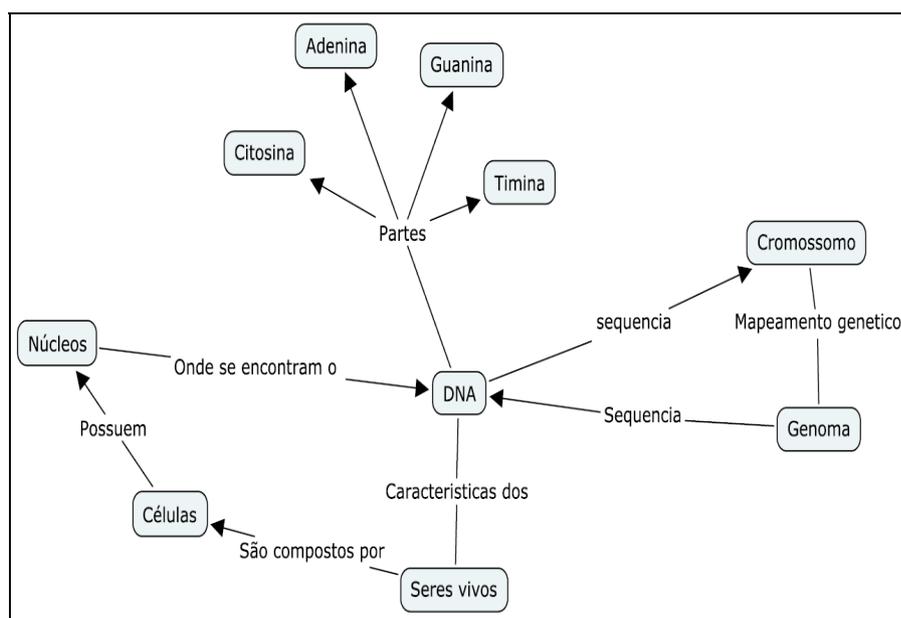
Já o aluno 2, no mapa sobre biotecnologia (Figura 8), a proposição central foi que “Biotecnologia estuda o melhoramento genético”. Os termos ligados à área de genética articulam-se em uma estrutura ramificada, com citação do termo clonagem.

**Figura 8** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)



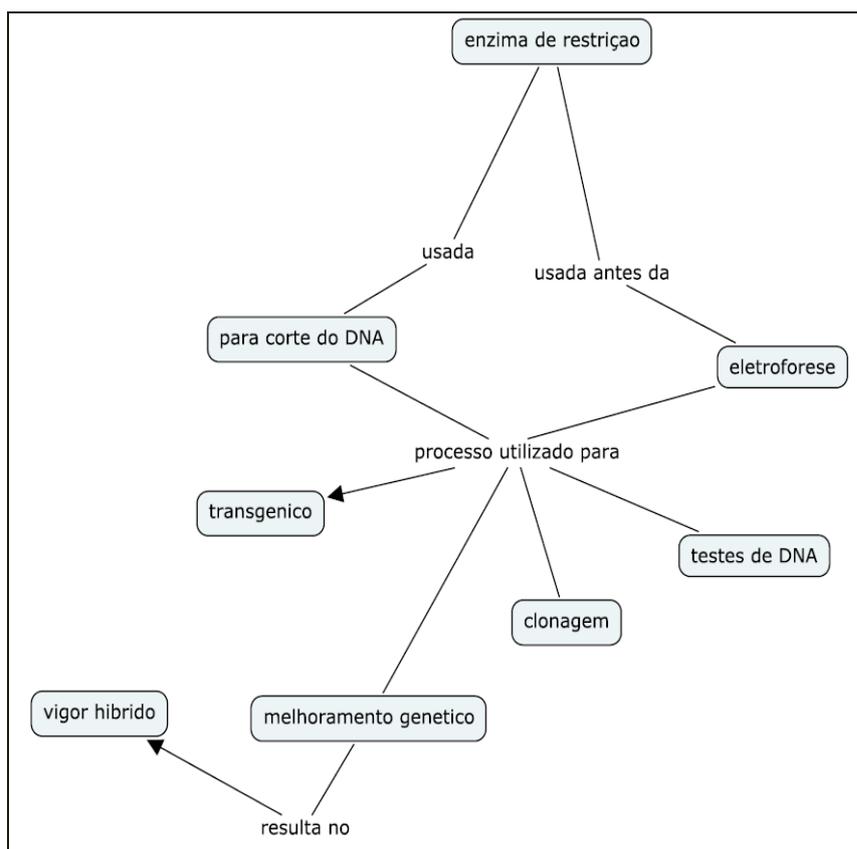
Na construção do mapa sobre o tema "DNA", o aluno (Figura 9) centrou-se em proposições sobre a estrutura e localização do material genético. Fez menção ao projeto Genoma Humano e uma proposição indicou a importância do material genético nos caracteres humanos, mas não estabeleceu outras relações com a biotecnologia:

**Figura 9** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema DNA

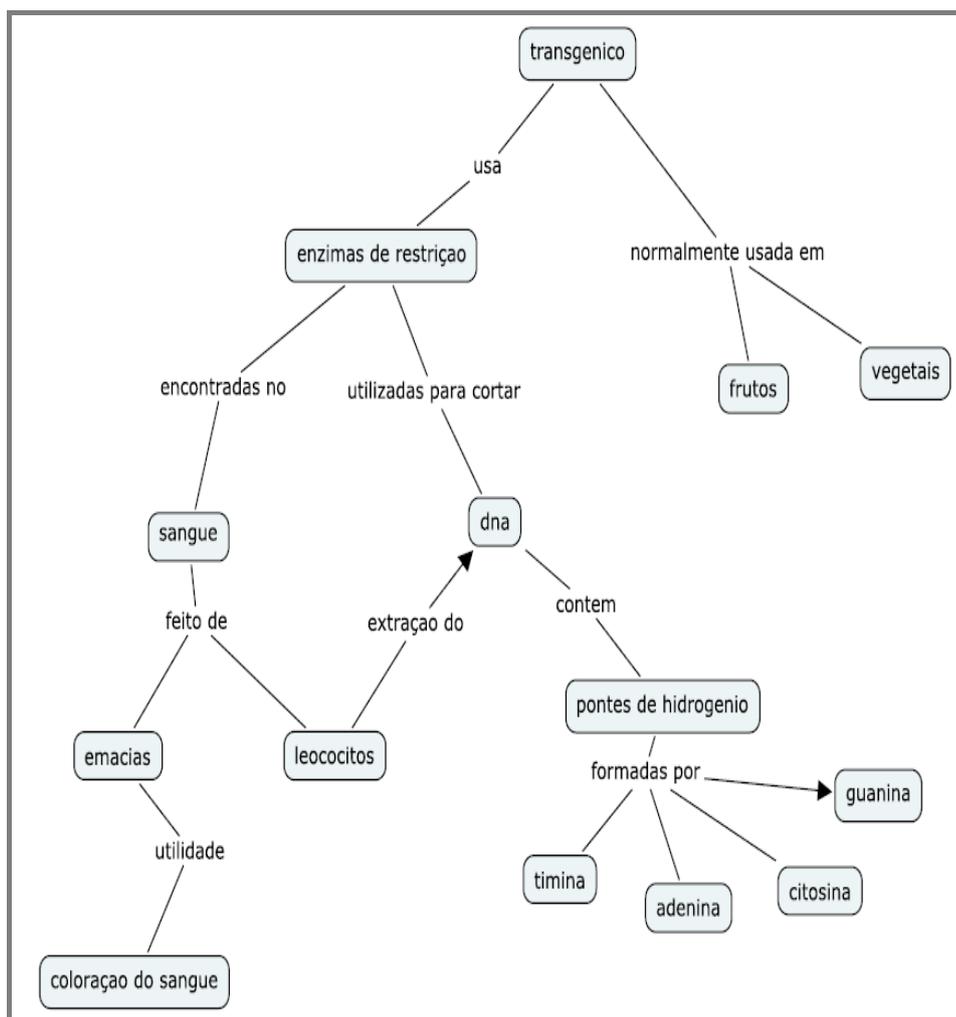


No que se refere ao termo “enzima de restrição”, o aluno, acertivamente, articula a função para a obtenção de produtos biotecnológicos e as vantagens destes (Figura 10). O termo transgênico é explorado a partir da estrutura do DNA e seu uso na agricultura (Figura 11).

**Figura 10** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Enzima de Restrição

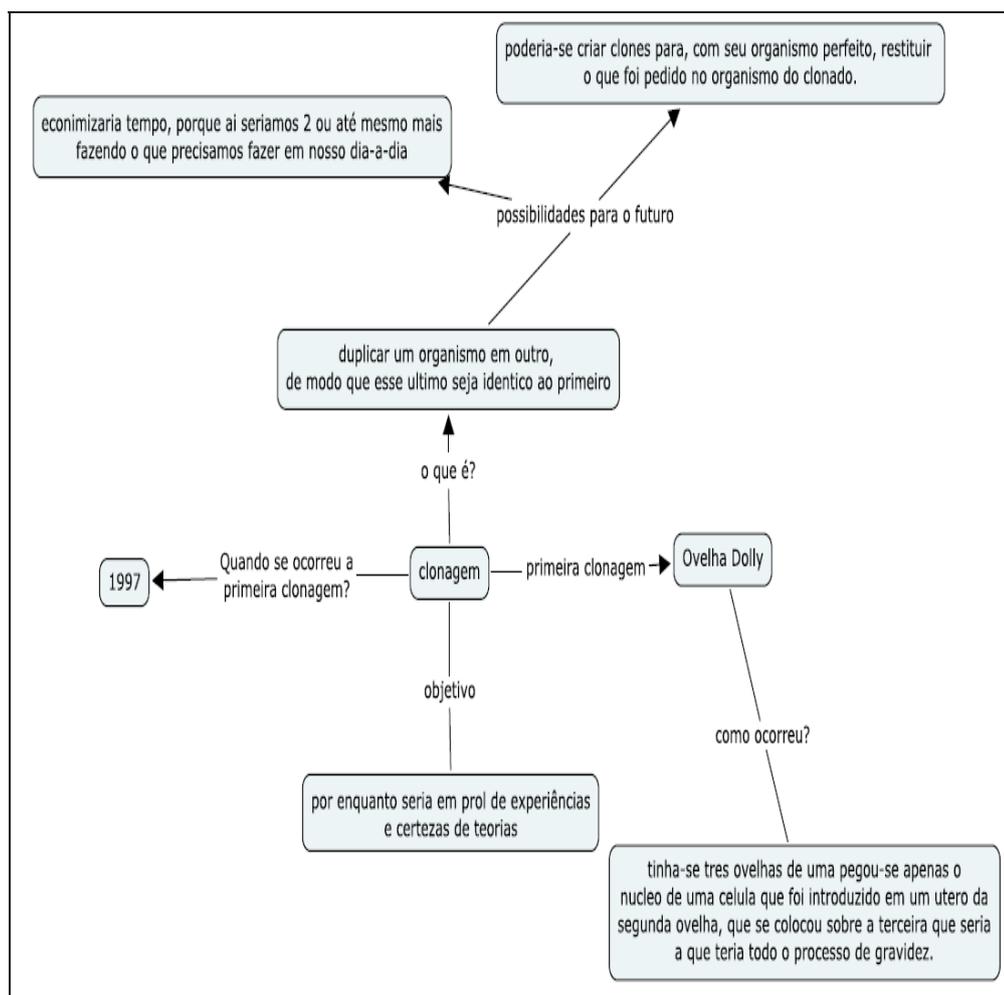


**Figura 11** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Transgênico



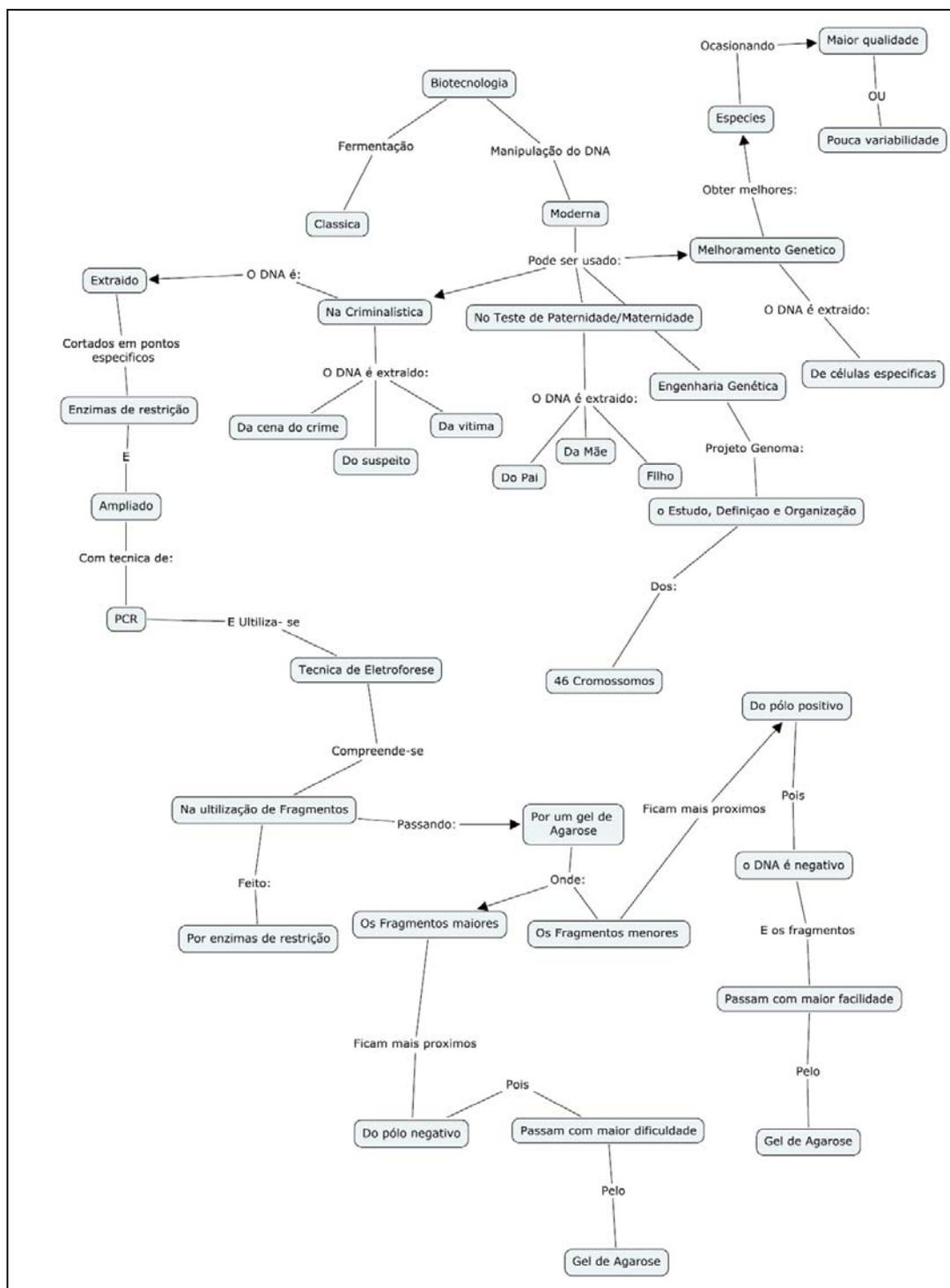
O aluno 2 (Figura 12) fez uma alusão positiva a técnica da clonagem, afirmando que com ela se objetiva chegar a um organismo perfeito. Tal como o aluno 1, citou o caso da ovelha Dolly, mas descreveu como se deu todo o processo de clonagem do animal.

**Figura 12 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Clonagem**



No mapa conceitual final sobre biotecnologia (Figura 13), todos os pontos abordados nos módulos da oficina foram citados. Apesar de não haver uma definição clara do termo “biotecnologia”, o uso de técnicas desenvolvidas através da biotecnologia para obtenção de transgênicos, clones, células-tronco e testes de criminalística foram exploradas de forma clara e com proposições e conceitos organizados corretamente. Mecanismos mais específicos como a PCR também foram citados.

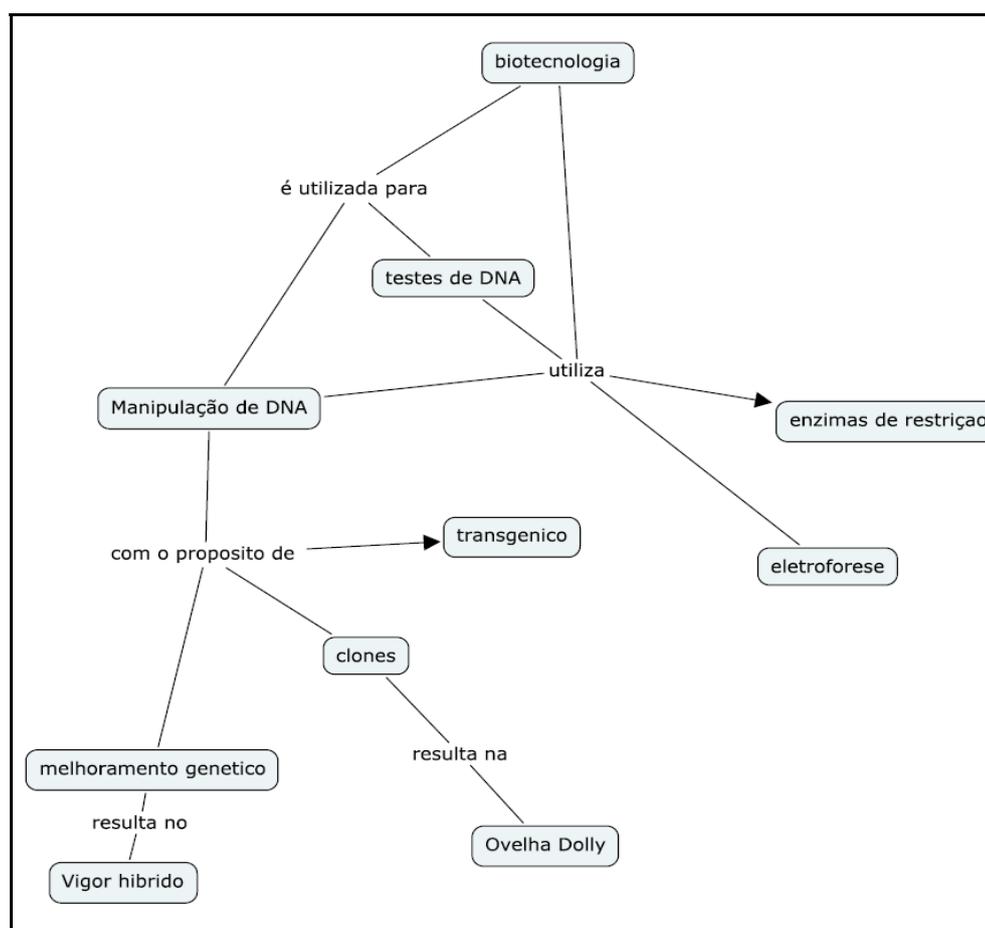
**Figura 13 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 2 a Partir do Tema Biotecnologia (final)**



### 6.2.3 Análise 3: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 3

O mapa conceitual inicial construído pelo aluno 3 (Figura 14) apresenta-se ramificado com coerência entre os termos e as palavras de ligação, constituindo proposições que definem corretamente conceitos científicos.

**Figura 14** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

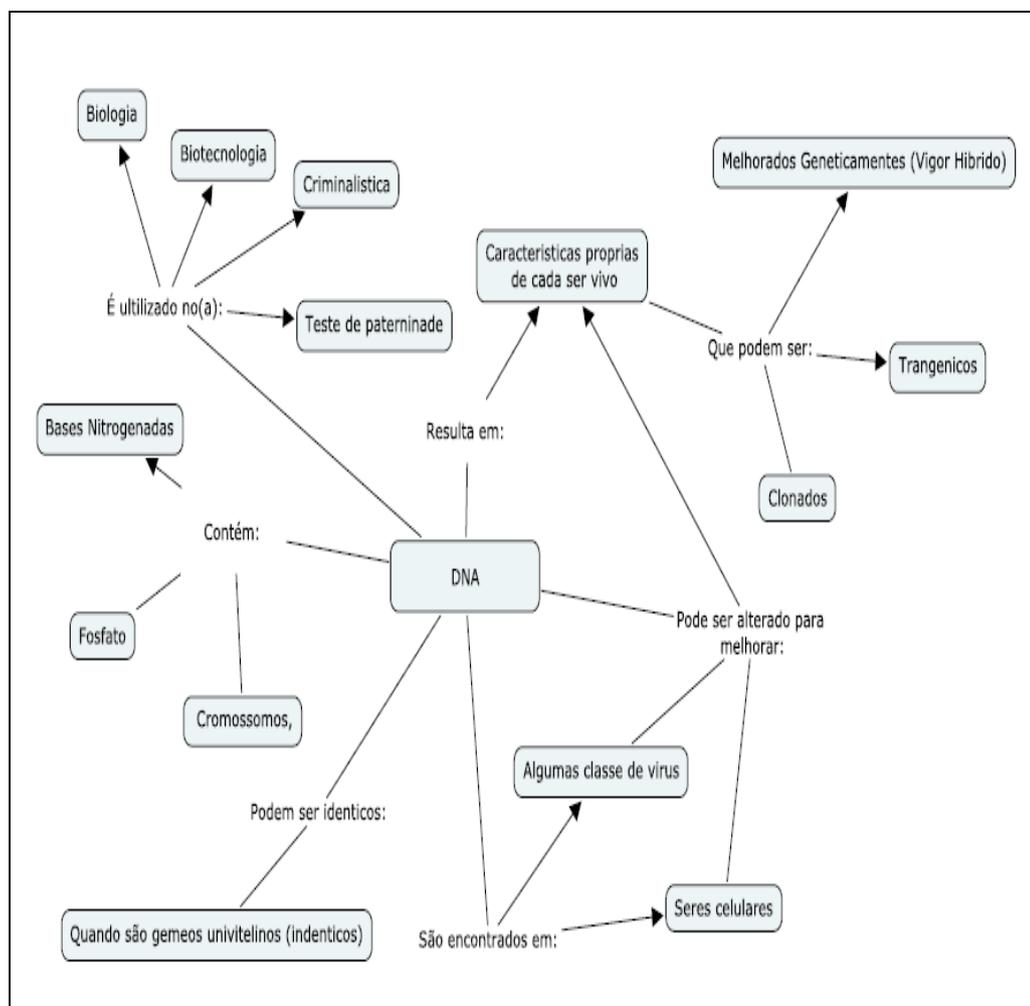


Neste mapa, o aluno passa por questões do cotidiano midiático (ovelha Dolly) até aspectos referentes a mecanismos de manipulação do material genético (enzima de restrição, eletroforese). A definição central do termo “biotecnologia” é a seguinte: “Biotecnologia é utilizada para testes de DNA e manipulação de DNA”.

O aluno 3, no mapa sobre DNA (Figura 15), explicou a estrutura do DNA, sua função, importância para a determinação das características dos

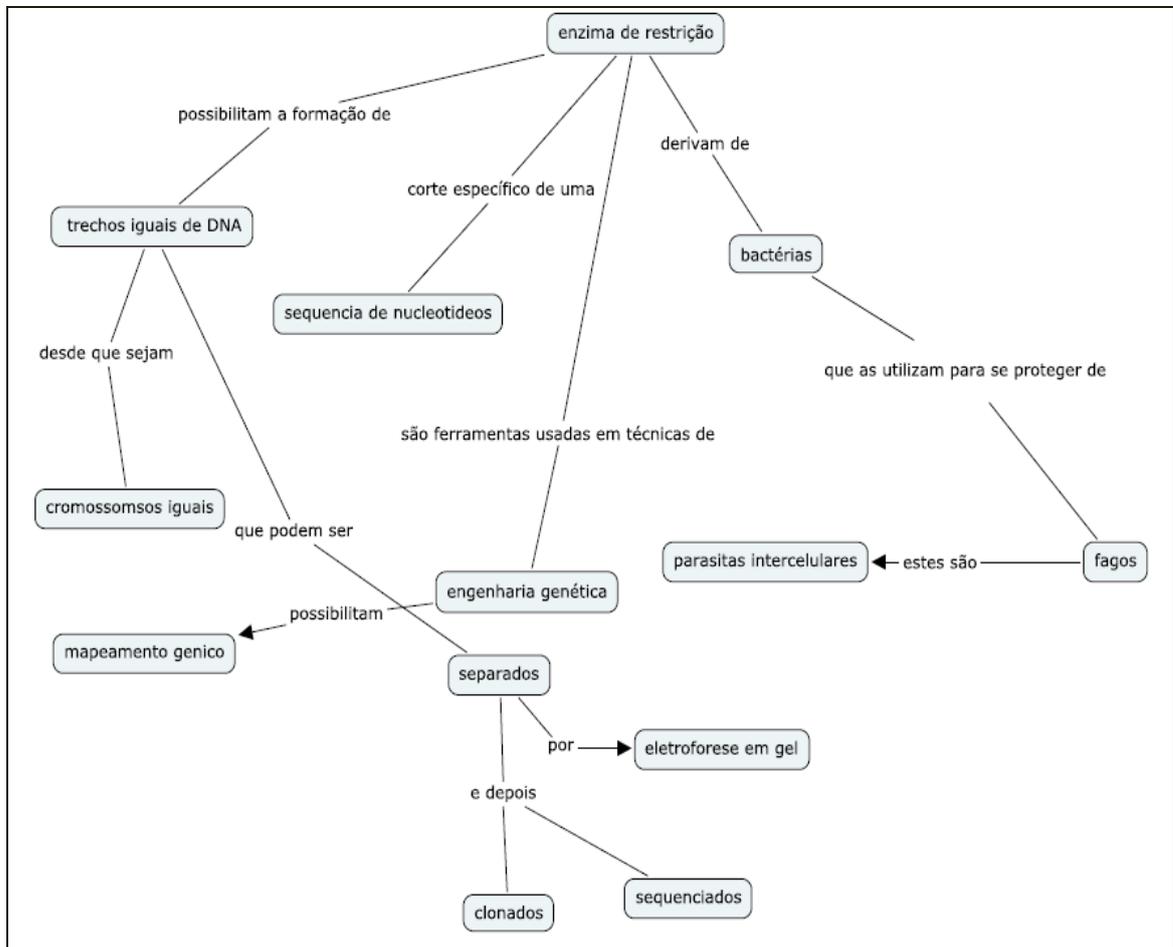
organismos e sua relação com a biotecnologia. O mapa mostrou-se bem organizado, com níveis de hierarquia que se ramificam, sem manter uma linearidade.

**Figura 15** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema DNA

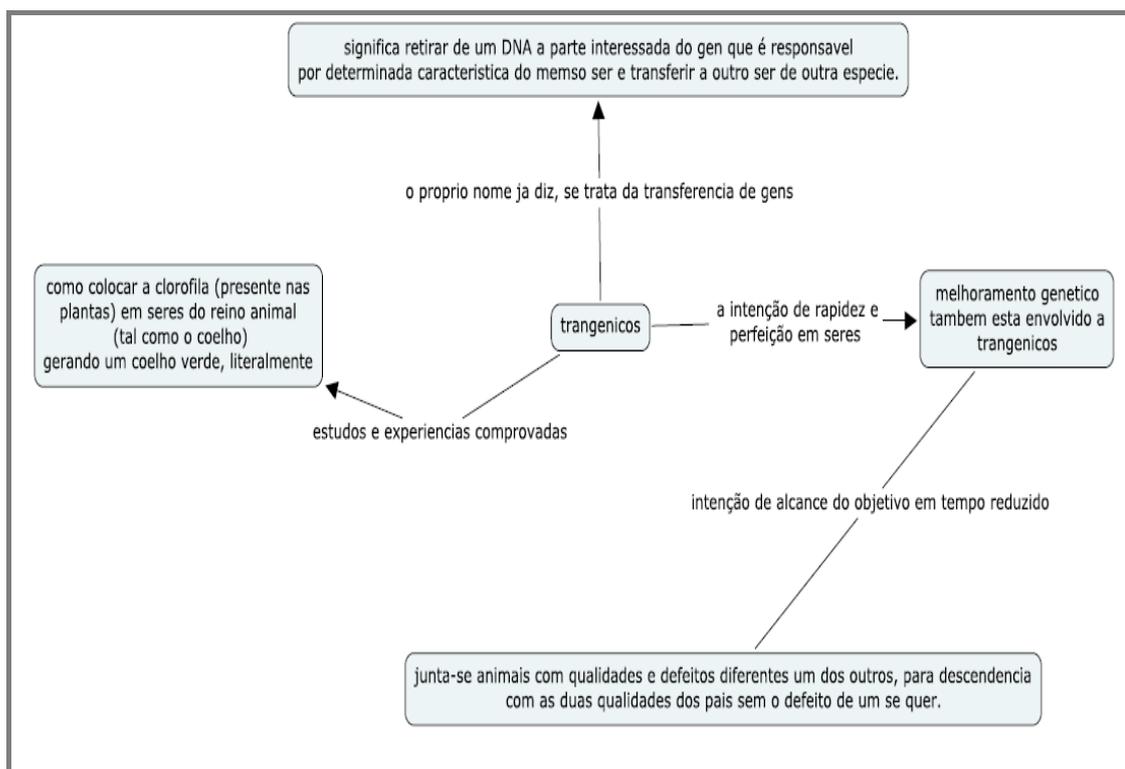


No mapa conceitual sobre enzima de restrição, o aluno 3 (Figura 16) faz uma descrição detalhada do método de PCR, eletroforese e uso de enzima de restrição.

**Figura 16** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema Enzima de Restrição

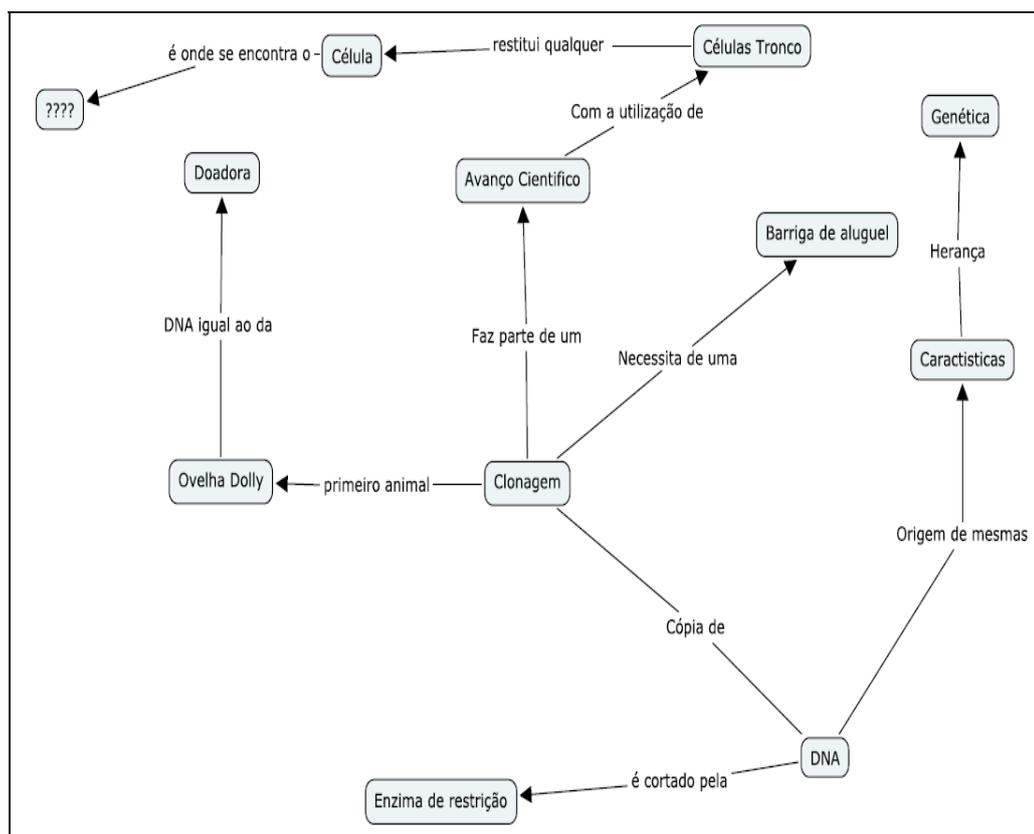


**Figura 17** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema Transgênico



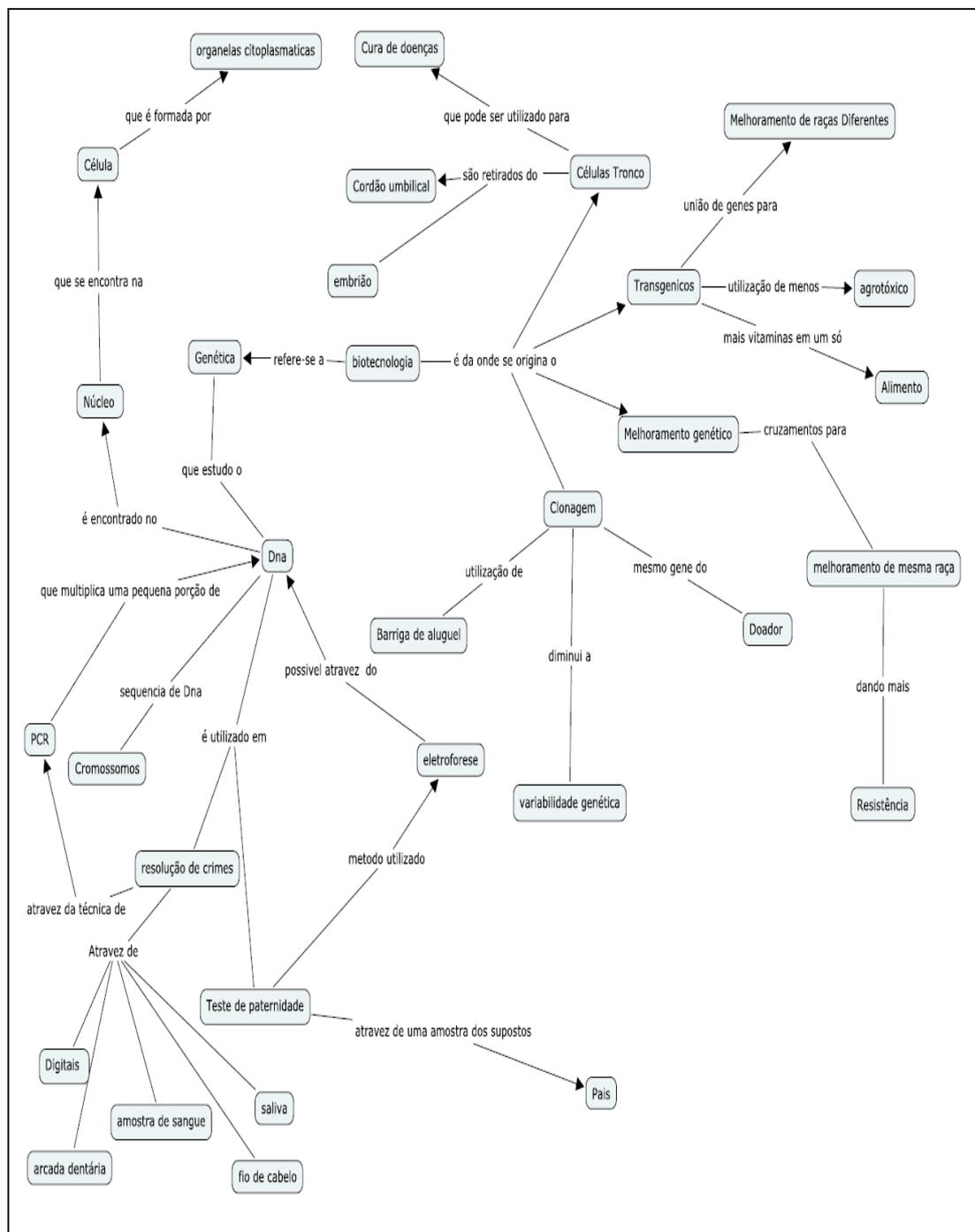
No mapa sobre clonagem, o aluno 3 (Figura 18) apresentou ramificações, referindo-se ao uso de células-tronco e citou a ovelha Dolly como exemplo deste mecanismo.

**Figura 18** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema Clonagem



No mapa conceitual final sobre biotecnologia, o aluno (Figura 19) destaca os pontos abordados nos módulos da oficina. Apesar de não haver uma definição clara do termo “biotecnologia”, o uso de técnicas desenvolvidas através da biotecnologia para obtenção de transgênicos, clones, células-tronco e testes de criminalística foram exploradas de forma clara e com proposições e conceitos organizados corretamente. Mecanismos mais específicos como a PCR também foram citados.

**Figura 19 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 3 a Partir do Tema Biotecnologia (final)**

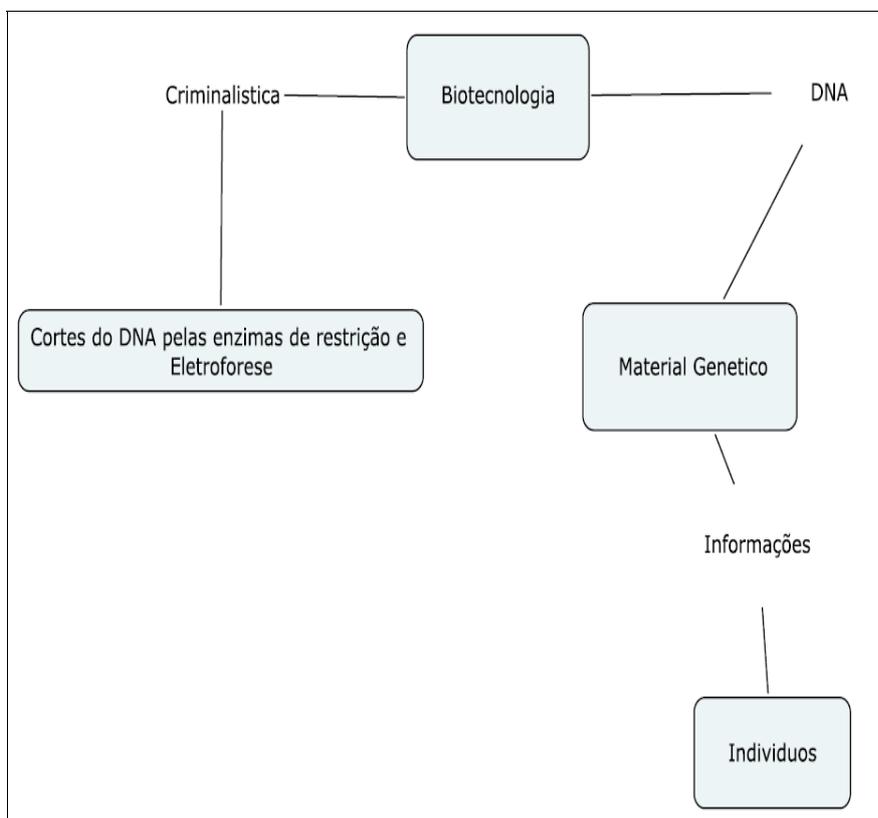


#### 6.2.4 Análise 4: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 4

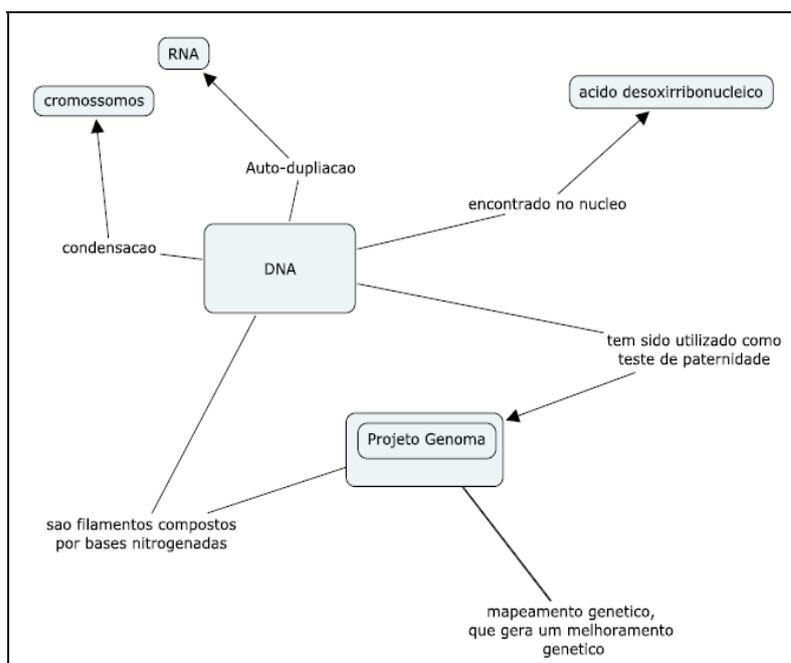
O mapa conceitual sobre biotecnologia (inicial) apresentado pelo aluno 4 (Figura 20) mostra-se extremamente limpo de informações. A estrutura linear apresenta pouca ou nenhuma palavra de ligação, mas há coerência na

relação do termo “criminalística” com manipulação de DNA através de enzima de restrição e eletroforese. Não há referências a valores éticos e sociais.

**Figura 20** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

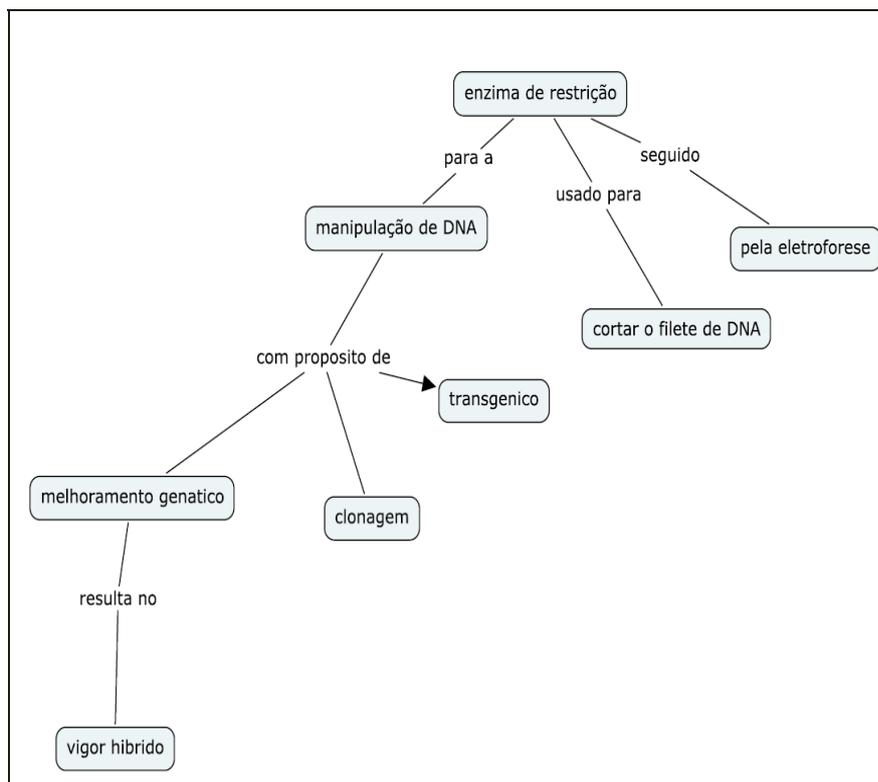


Apesar de apresentar uma estrutura não linear, o mapa sobre o tema DNA, construído pelo aluno (Figura 21) apresentou proposições confusas sobre a relação do DNA com RNA, cromossomos e Projeto Genoma Humano.

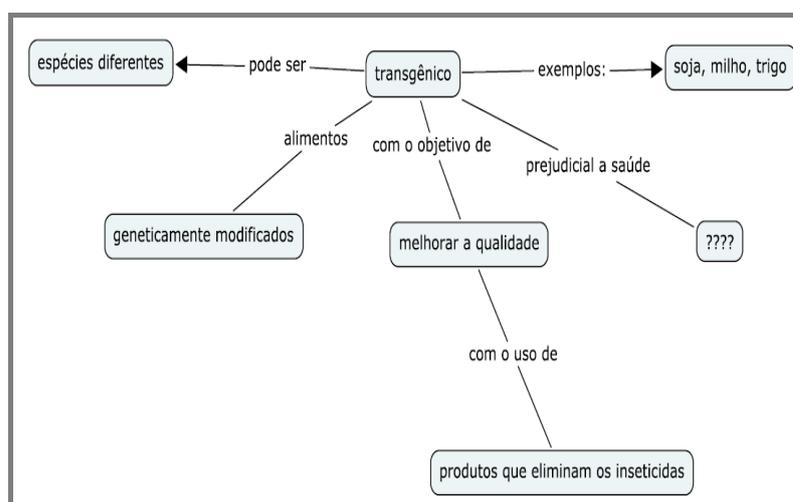
**Figura 21** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema DNA

Quanto ao tema de enzima de restrição, o mapa aborda a função e os aspectos positivos para a biotecnologia (Figura 22). Sobre o tema transgênicos (Figura 23), os aspectos conceituais e científicos são pouco explorados em função das menções econômicas e sociais dos produtos transgênicos.

**Figura 22** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Enzima de Restrição

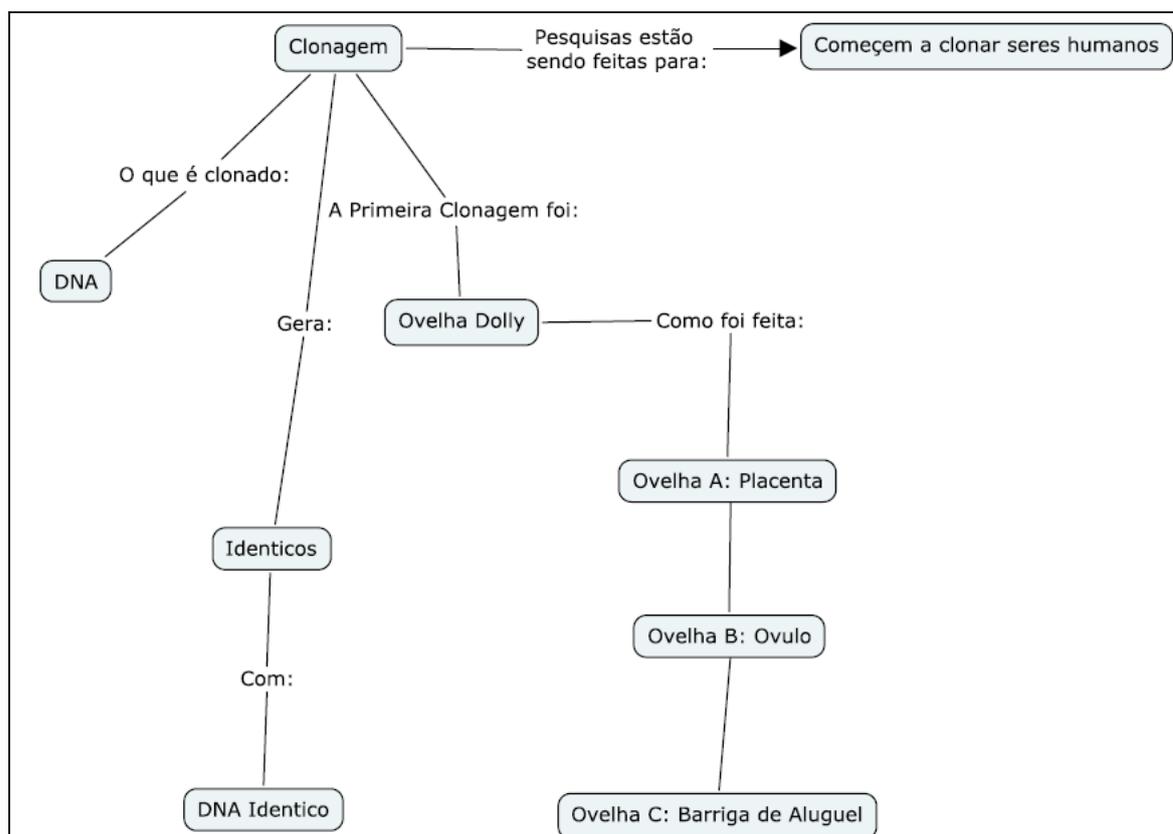


**Figura 23** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Transgênico



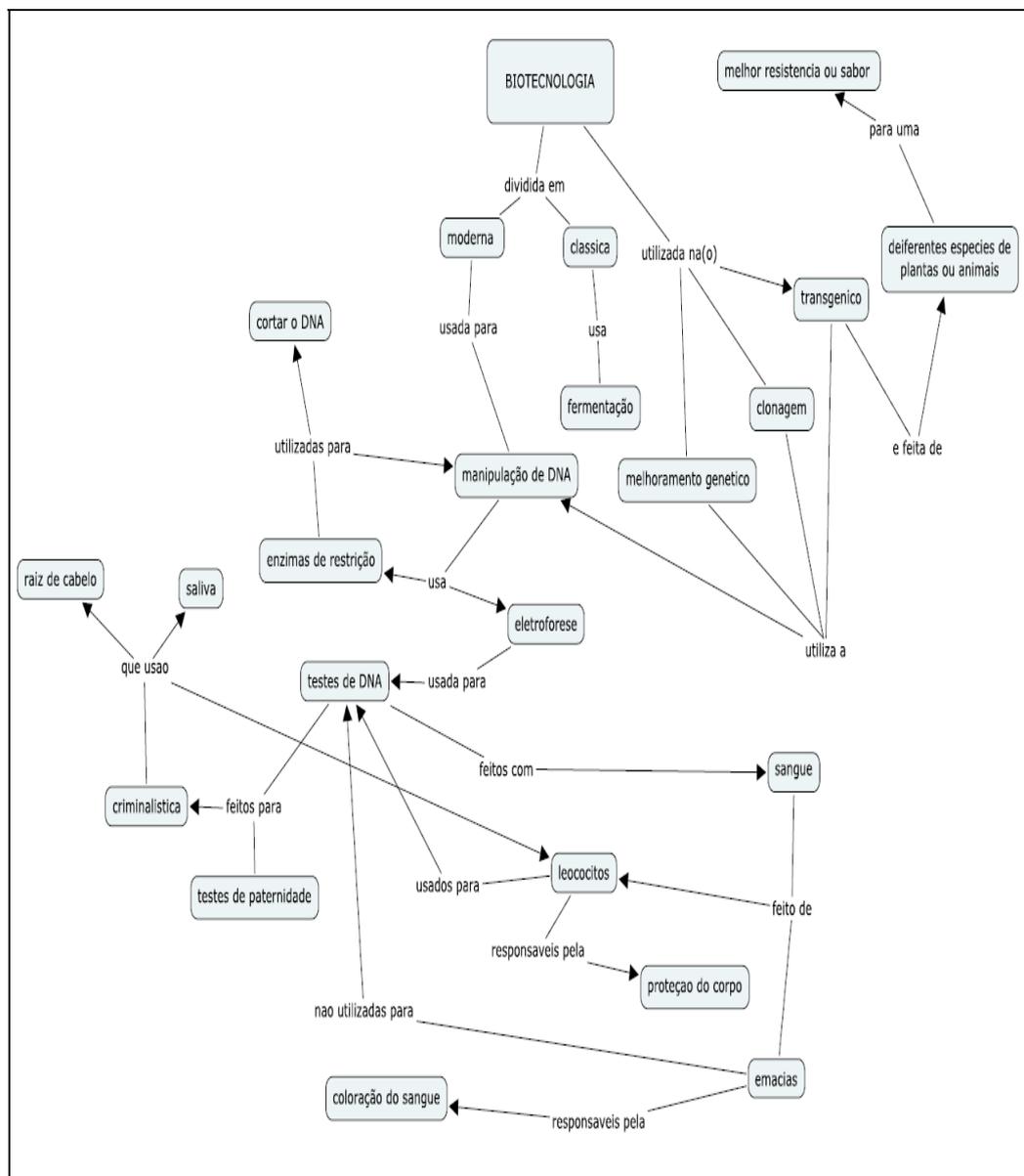
Da mesma forma, no mapa conceitual sobre clonagem (Figura 24) apresentou uma definição do mecanismo de obtenção de um clone a partir do exemplo da ovelha Dolly, e fizeram menção à clonagem de seres humanos.

**Figura 24 –** Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Clonagem



No mapa conceitual final (Figura 25) todos os pontos abordados nos módulos da oficina foram citados. Apesar de não haver uma definição clara do termo “biotecnologia”, o uso de técnicas desenvolvidas através da biotecnologia para obtenção de transgênicos, clones, células-tronco e testes de criminalística foram exploradas de forma clara e com proposições e conceitos organizados corretamente. Mecanismos mais específicos como a PCR também foram citados. Além disso, o aluno 6 faz alusão ao órgão CTNBio. Não há destaque para os aspectos positivos ou negativos sobre o uso de produtos biotecnológicos (domínio valorativo).

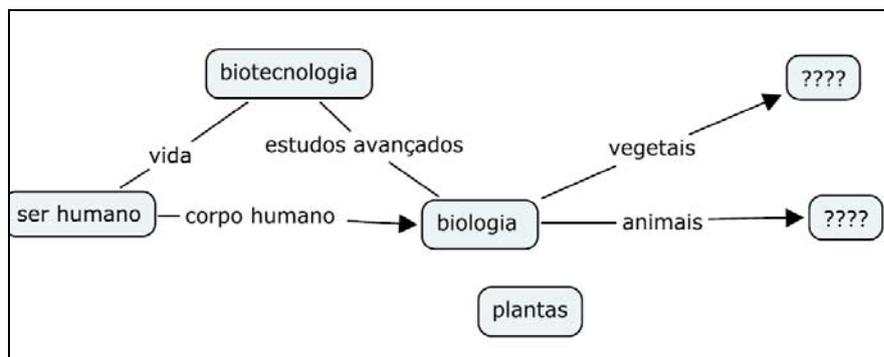
**Figura 25** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 4 a Partir do Tema Biotecnologia (final)



### 6.2.5 Análise 5: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 5

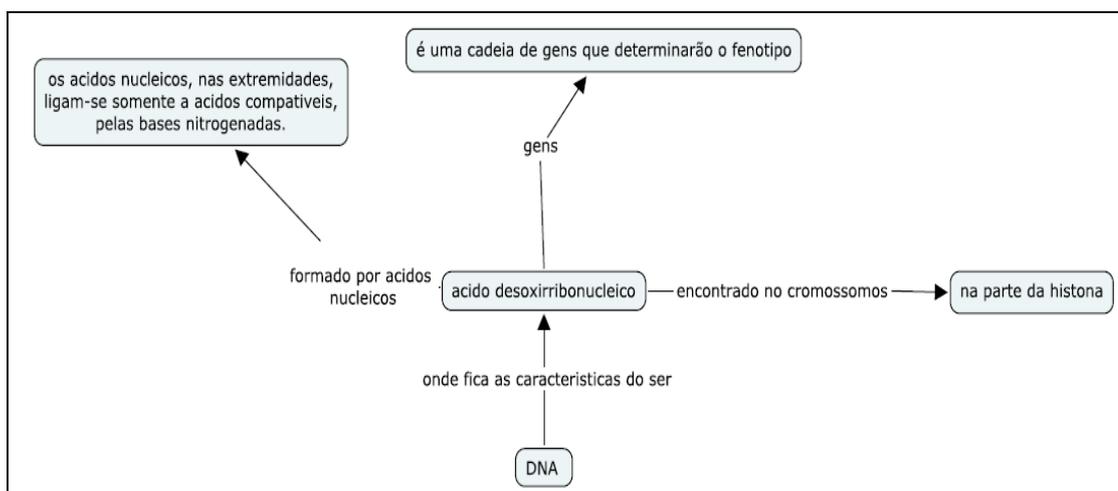
O aluno 5 (Figura 26) construiu uma estrutura com a citação de termos primários, como “ser humano”, “biologia”, “plantas”, “animais” e “vegetais”. Não há composição de proposições coerentes, apesar do uso de palavras de ligação.

**Figura 26** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

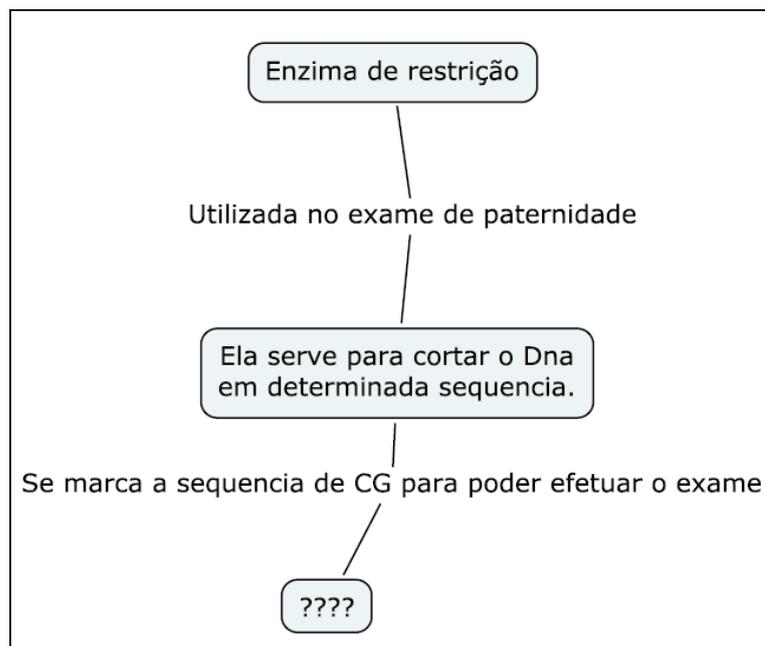


De modo semelhante o mapa conceitual (Figura 27) sobre o tema “DNA”, centrou-se na estrutura e função do ácido nucleico em relação às características (fenótipo) do organismo:

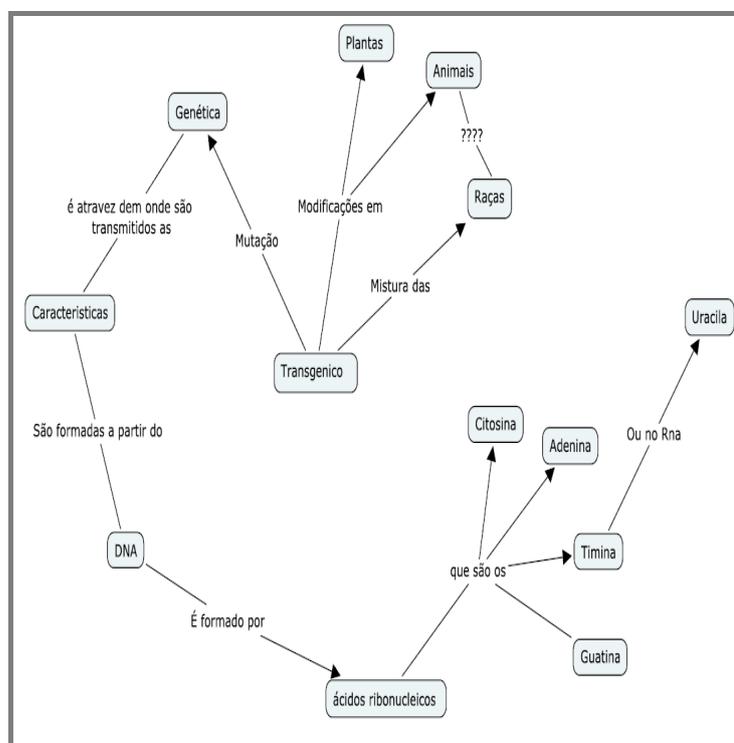
**Figura 27** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema DNA



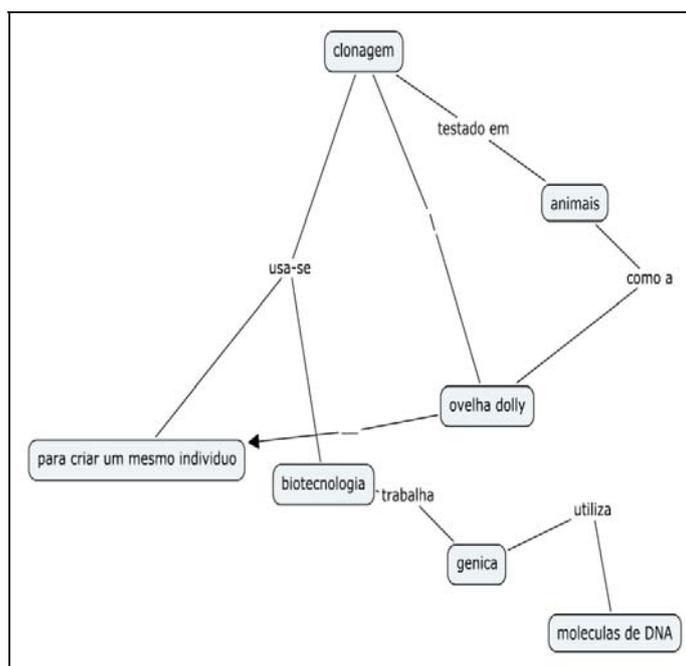
**Figura 28** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Enzima de Restrição



**Figura 29** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Transgênico



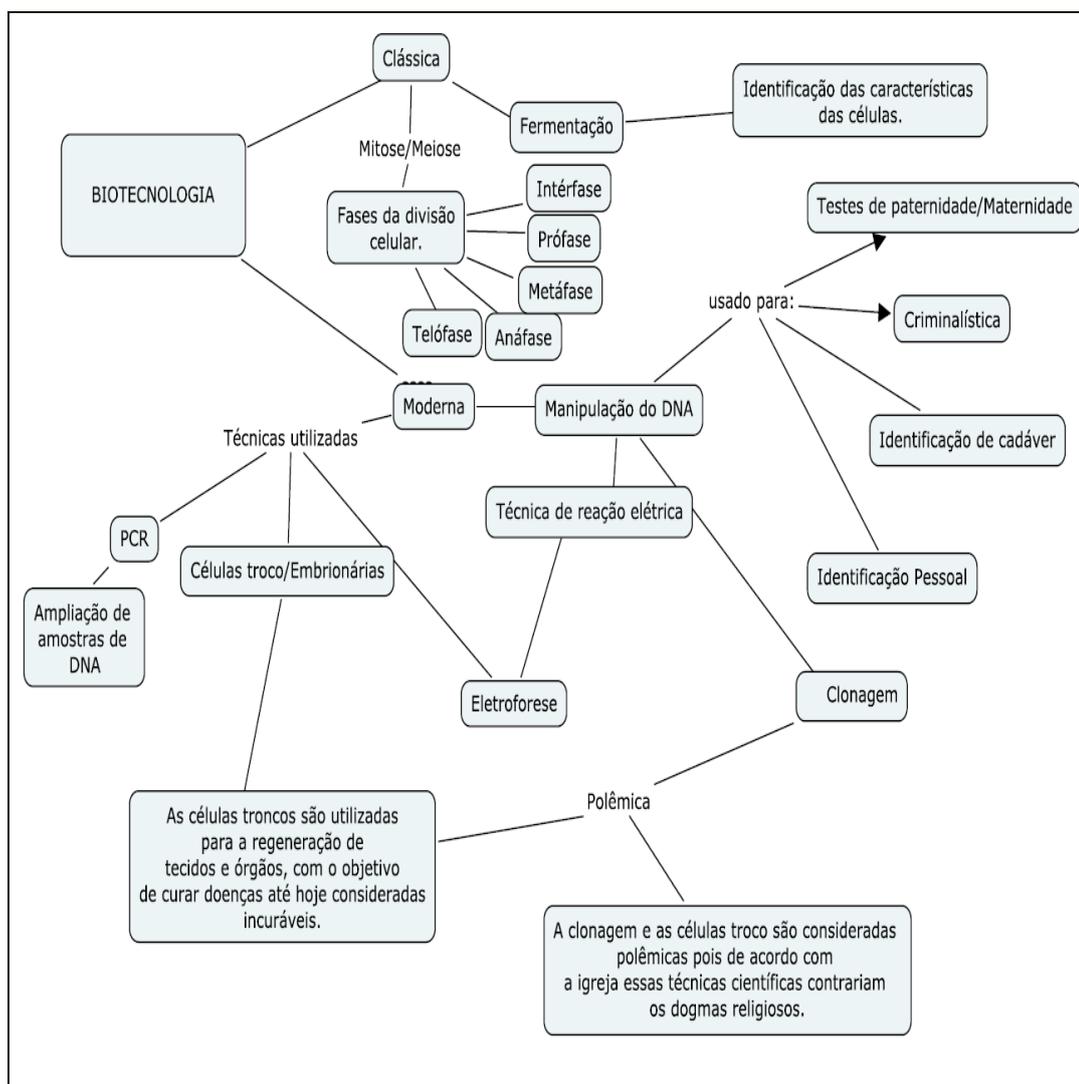
**Figura 30** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Clonagem



Da mesma forma, o aluno (Figuras 31) apresentaram uma definição do mecanismo de obtenção de um clone a partir do exemplo da ovelha Dolly, e fizeram menção à clonagem de seres humanos, no mapa conceitual sobre clonagem.

Em seu mapa final (Figura 31) não utilizou palavras de ligação, mas explica coerentemente as técnicas de PCR e eletroforese e o uso da biotecnologia (clonagem, testes de DNA). Cita a questão polêmica entre o uso de células-tronco embrionárias e dogmas religiosos apesar de não se posicionar pessoalmente.

**Figura 31** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 5 a Partir do Tema Biotecnologia (final)

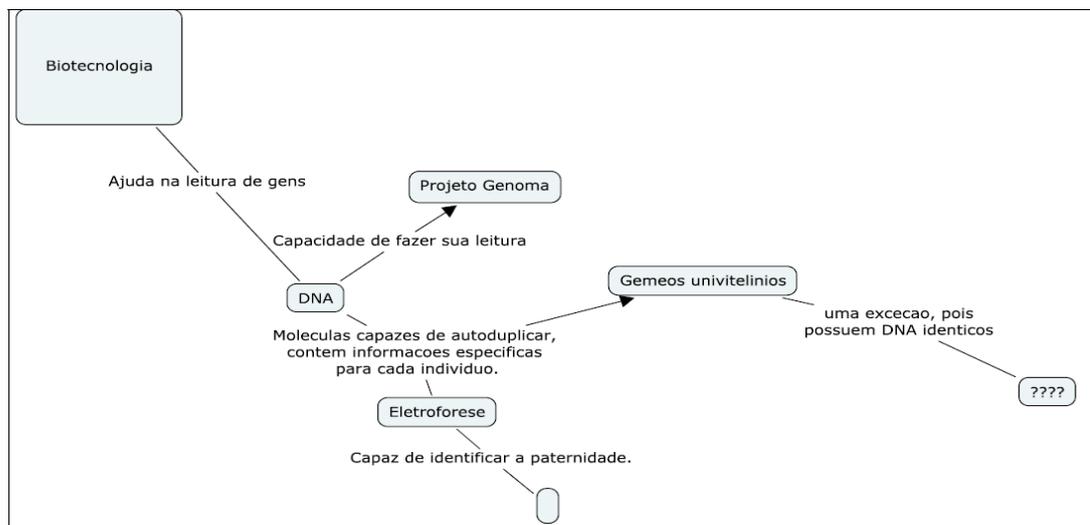


### 6.2.6 Análise 6: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 6

O aluno 6 faz alusão ao órgão CTNBio, mas não destaca aspectos positivos ou negativos sobre o uso de produtos biotecnológicos (domínio valorativo).

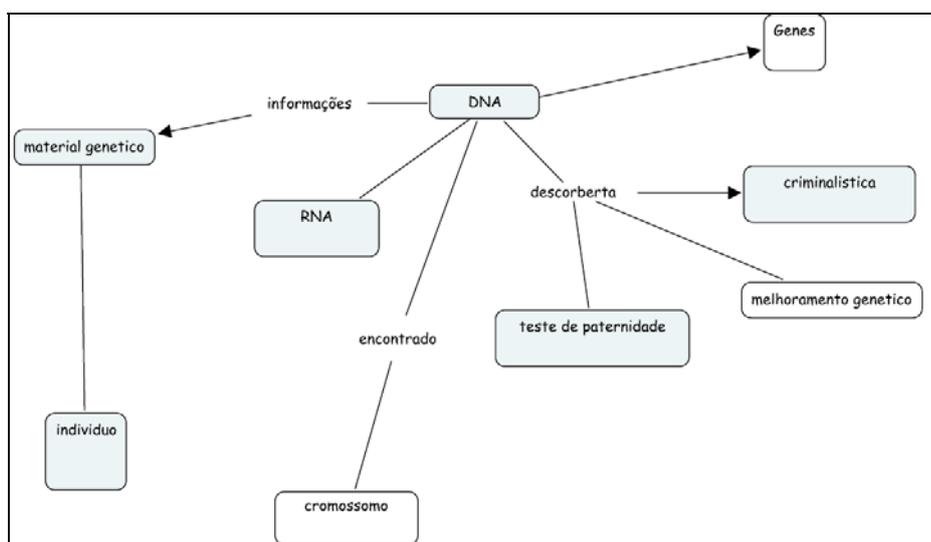
Apesar da coerência entre as diferentes proposições construídas no mapa conceitual (Figura 32), há evidência do desconhecimento da amplitude de questões provocadas pelo termo “biotecnologia”, pois este é definido como “ajuda na leitura de genes”. O termo eletroforese é incluído na estrutura com a função de “identificar a paternidade”.

**Figura 32** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

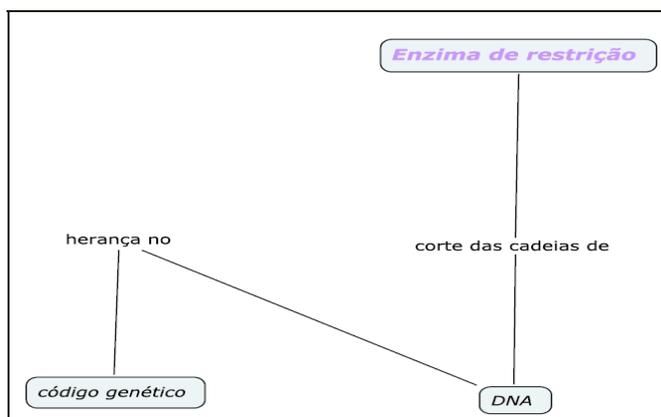


Mesmo utilizando poucos termos para compor o mapa conceitual sobre DNA, o aluno 6 (Figura 33) demonstrou coerência nas proposições expostas. Apesar disso não houve profundidade conceitual e níveis básicos de explanação.

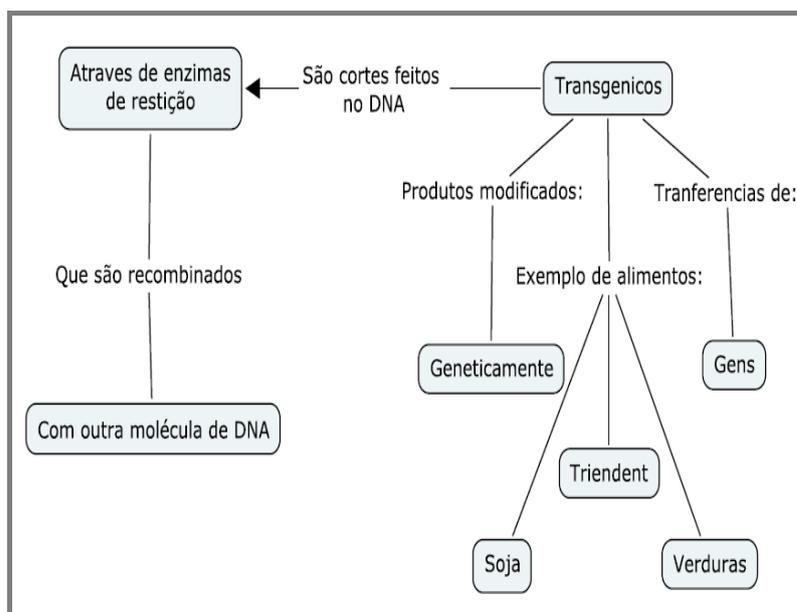
**Figura 33** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema DNA



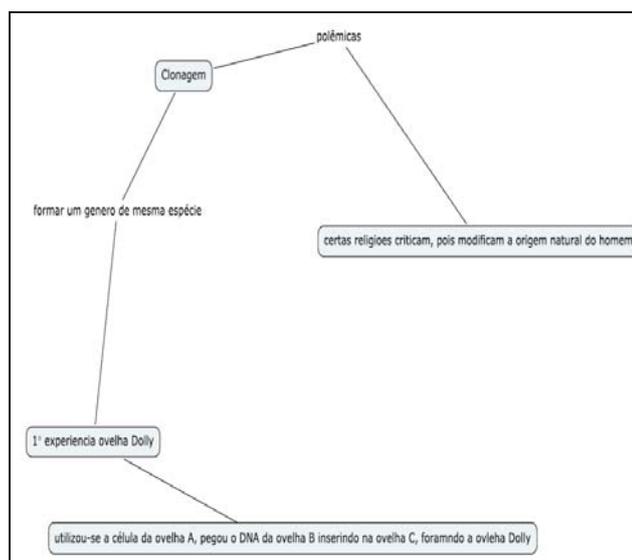
**Figura 34** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Enzima de Restrição



**Figura 35** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Transgênico

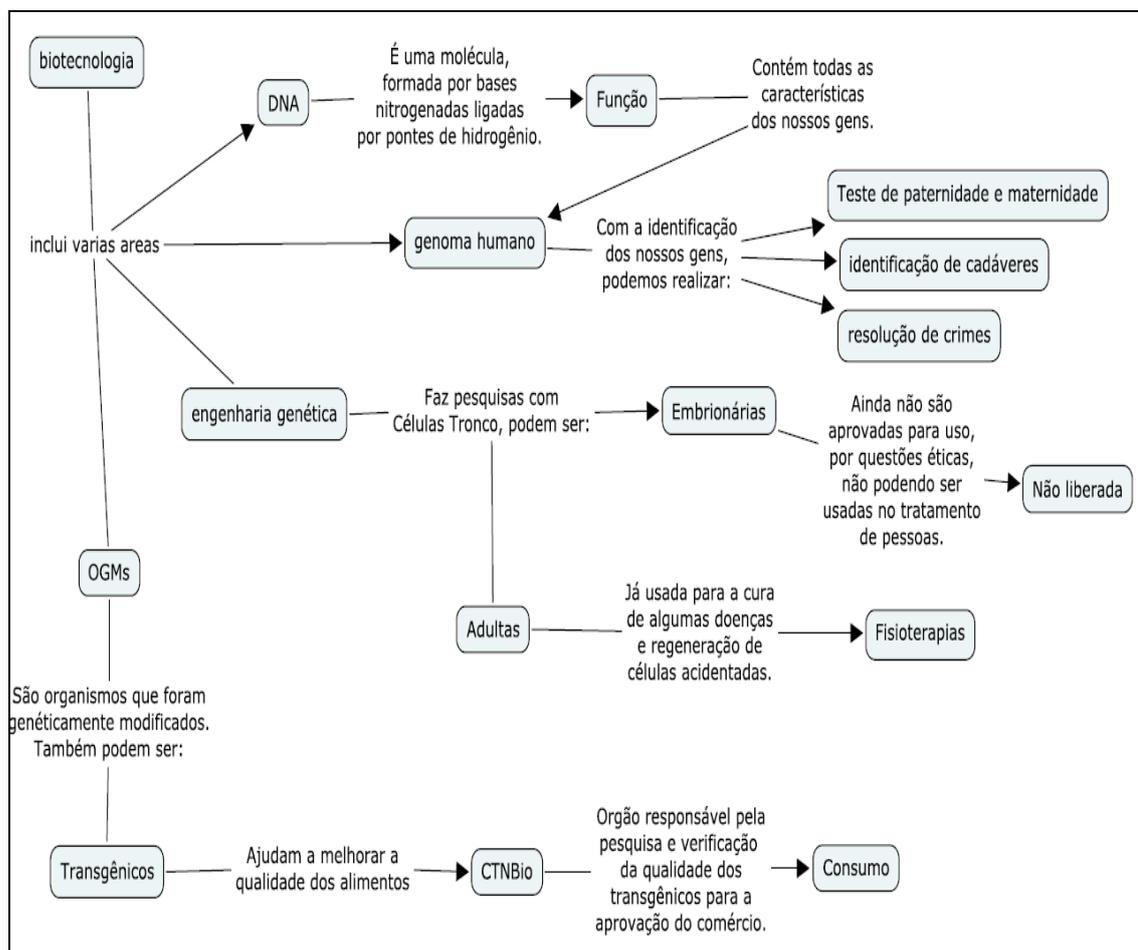


No mapa conceitual sobre clonagem (Figura 36) o aluno definiu o termo clone e explicou o mecanismo de obtenção de um clone a partir do exemplo da ovelha Dolly, com menção à clonagem de seres humanos.

**Figura 36** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Clonagem

Com relação ao mapa final sobre o tema da biotecnologia, o aluno 6 explorou as questões conceituais do ácido nucléico (estrutura e função), relacionando a obtenção dos produtos biotecnológicos com as questões sócio-políticas de tais aplicações.

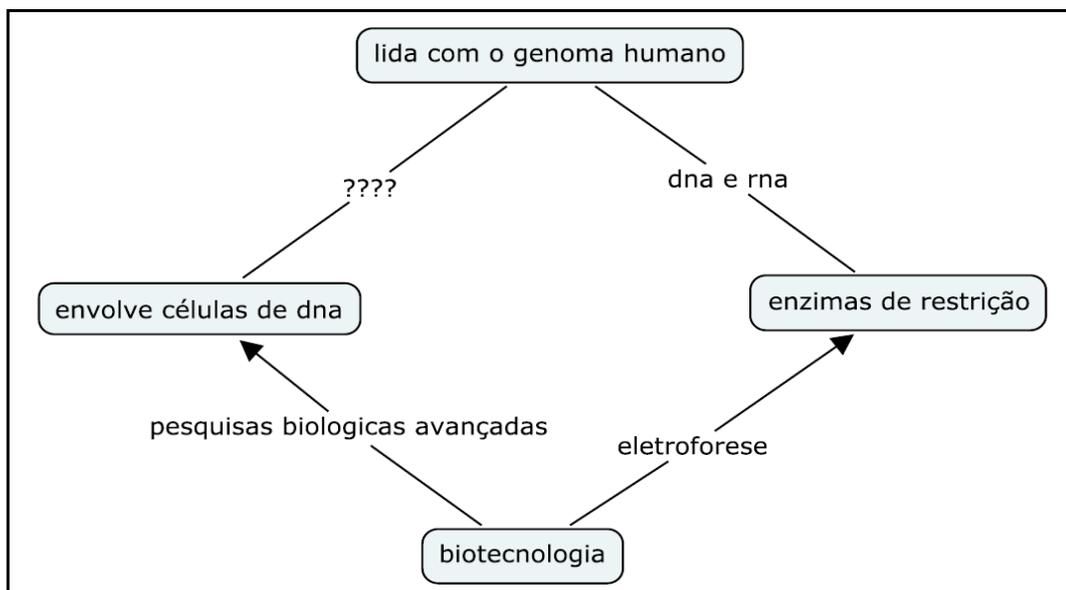
**Figura 37 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 6 a Partir do Tema Biotecnologia (final)**



### 6.2.7 Análise 7: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 7

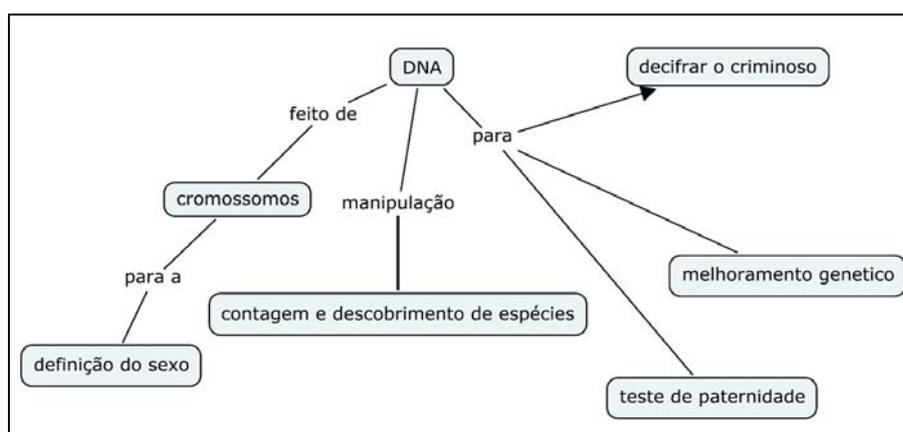
O mapa conceitual inicial do aluno 7 sobre biotecnologia (Figura 38) apresentou termos como enzima de restrição e eletroforese, embora sem implicações conceituais entre as proposições.

**Figura 38** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

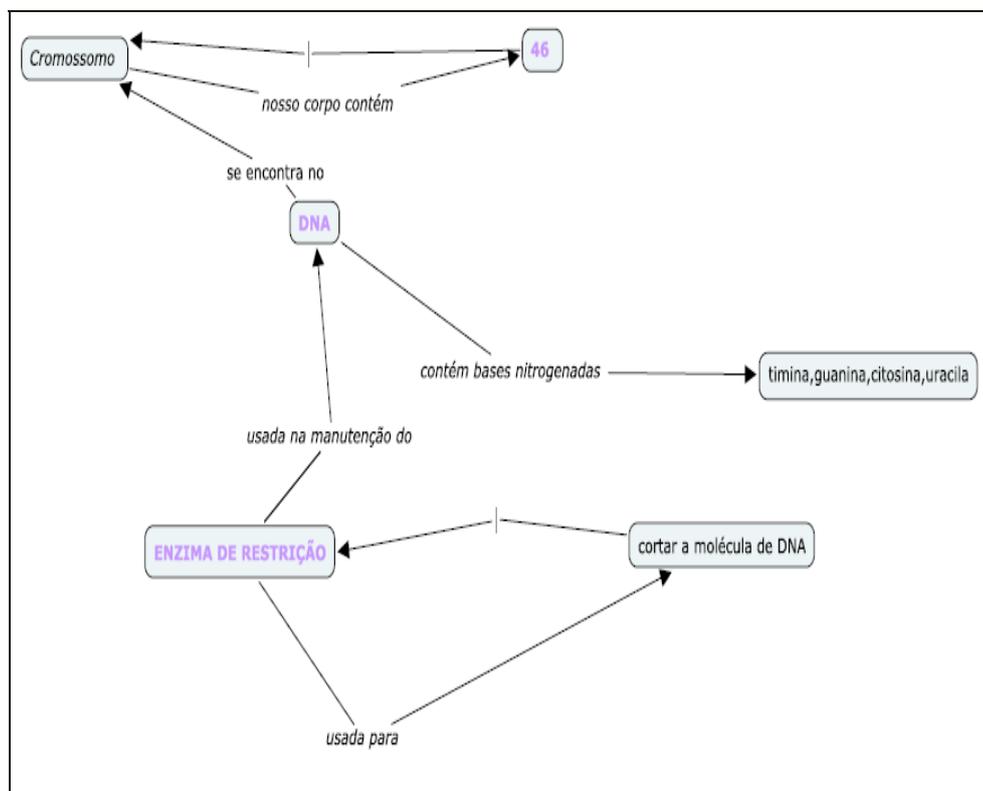


Particularmente no mapa sobre DNA, o aluno 7 (Figura 39) não fez uma relação do DNA com sua estrutura, mas centra-se em outras funções, como o uso em criminalística, teste de paternidade e melhoramento genético:

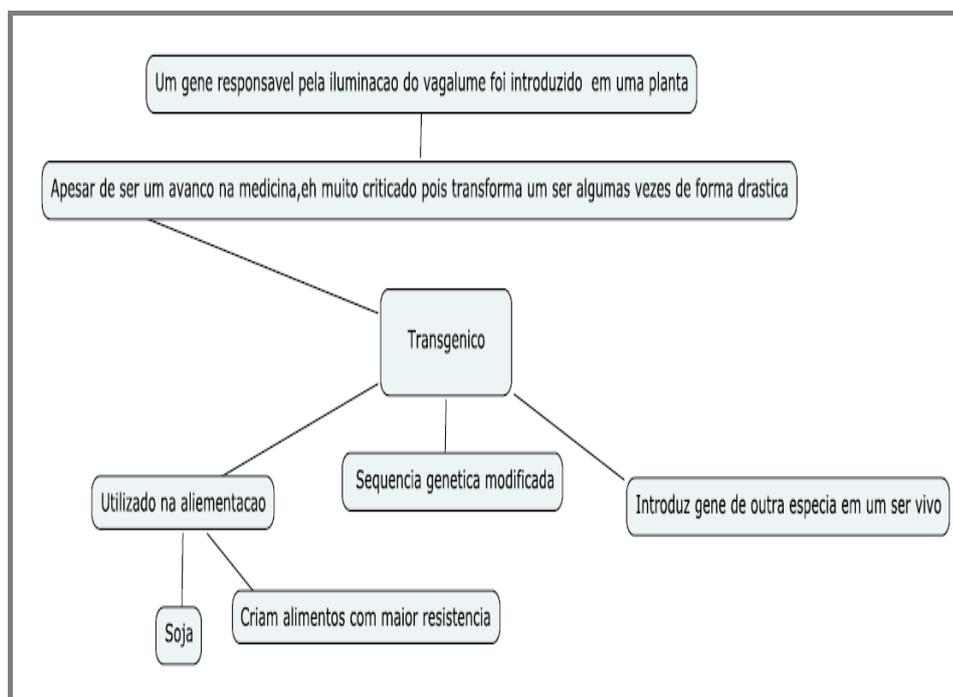
**Figura 39** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema DNA



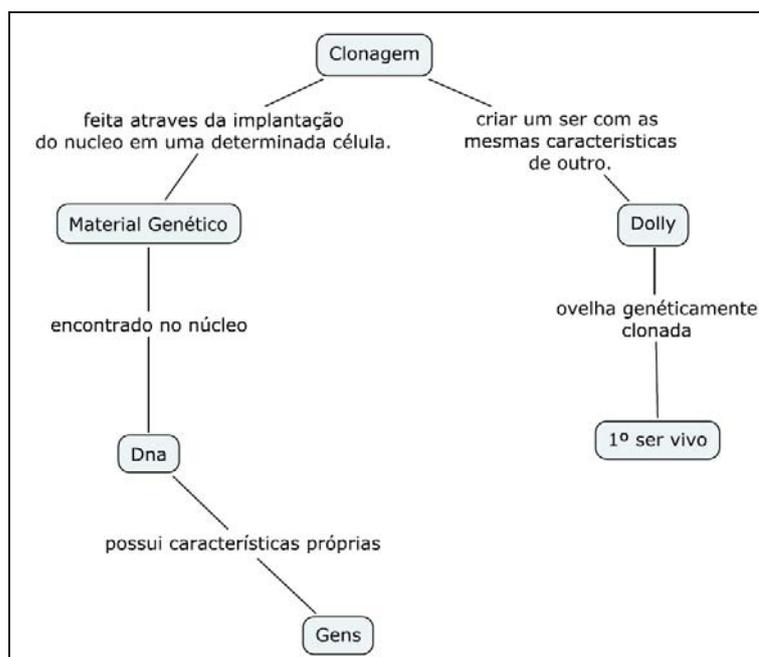
**Figura 40** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Enzima de Restrição



**Figura 41** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Transgênico

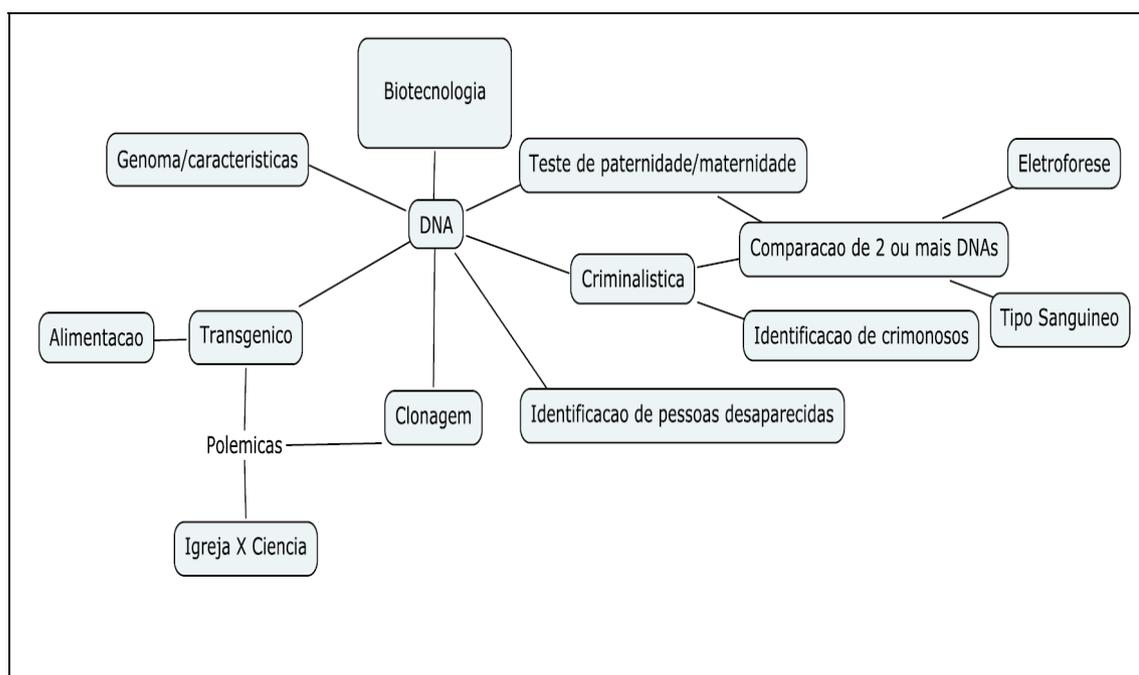


**Figura 42** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Clonagem



O aluno 7, em seu mapa final de biotecnologia”, cita vários termos ligados ao uso da biotecnologia na sociedade, como os testes de DNA ou obtenção de alimentos transgênicos. Entretanto, não faz uso de palavras de ligação. Também há inferência de termos mais gerais como eletroforese e genoma.

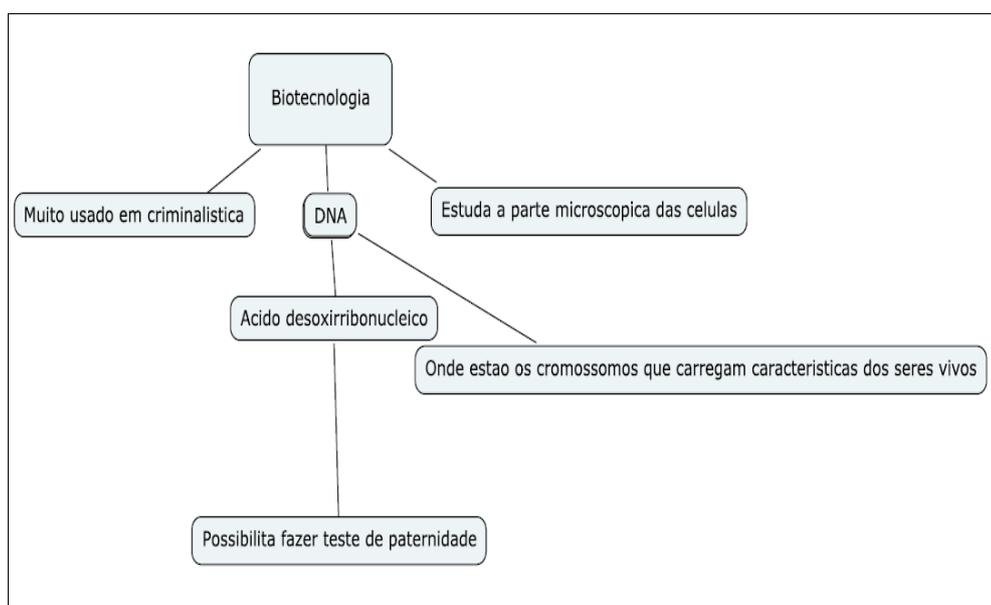
**Figura 43** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 7 a Partir do Tema Biotecnologia (final)



### 6.2.8 Análise 8: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 8

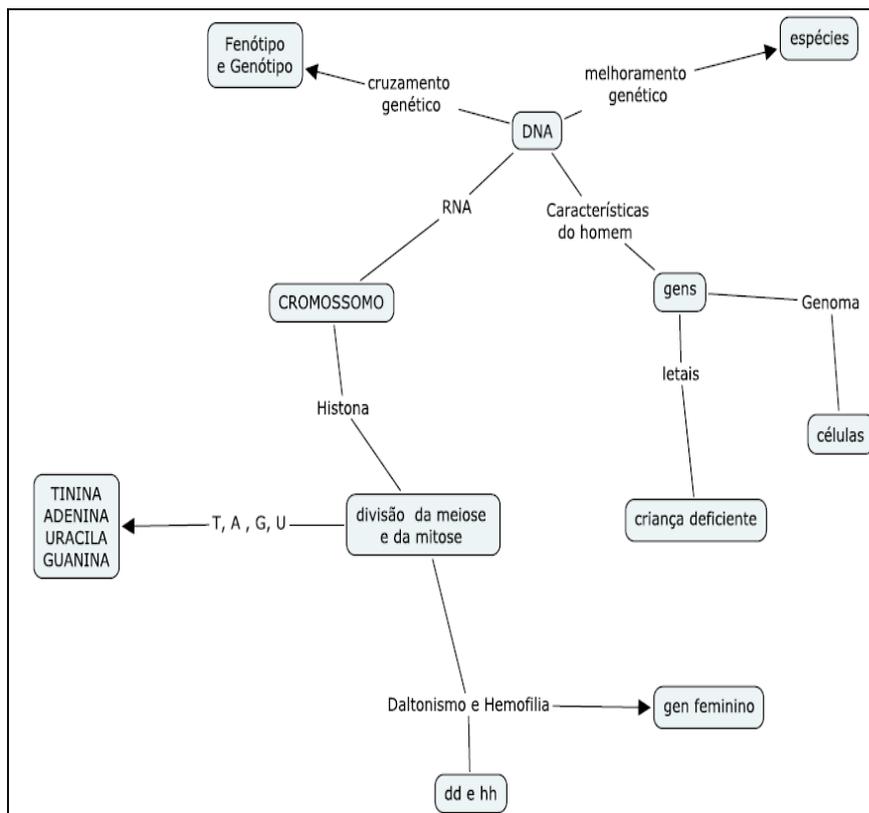
Já o aluno 8 no mapa inicial sobre biotecnologia (Figura 44) mencionou o uso da biotecnologia na criminalística e em testes de paternidade, apesar de seu mapa não apresentar palavras de ligação.

**Figura 44** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

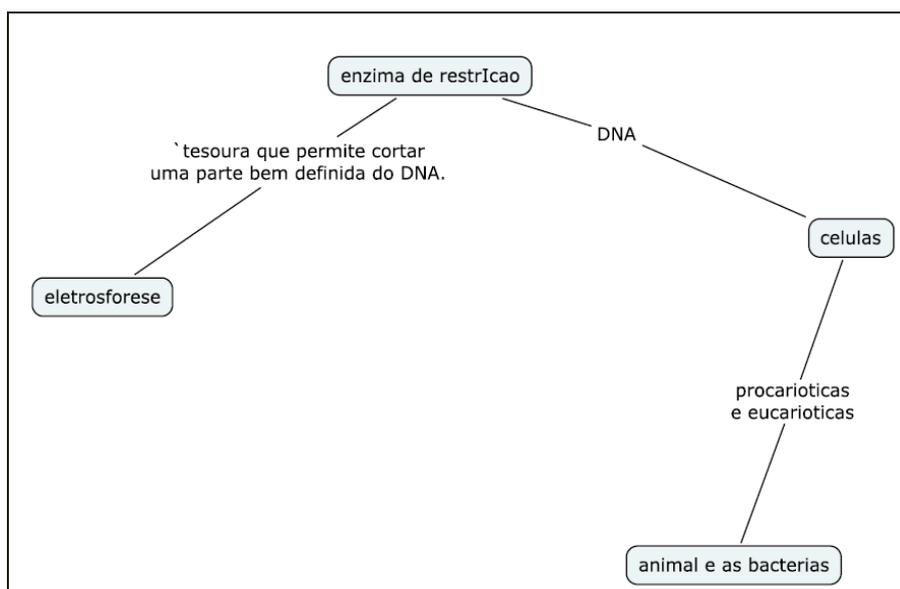


O mapa conceitual sobre DNA do aluno 8 (Figura 45) apresentou pelo menos três níveis hierárquicos de explanação de cada termo ligado ao tema “DNA”. A ênfase maior está no domínio conotativo científico, mais especificamente no nível conceitual. A estrutura deste mapa também apresenta ramificações.

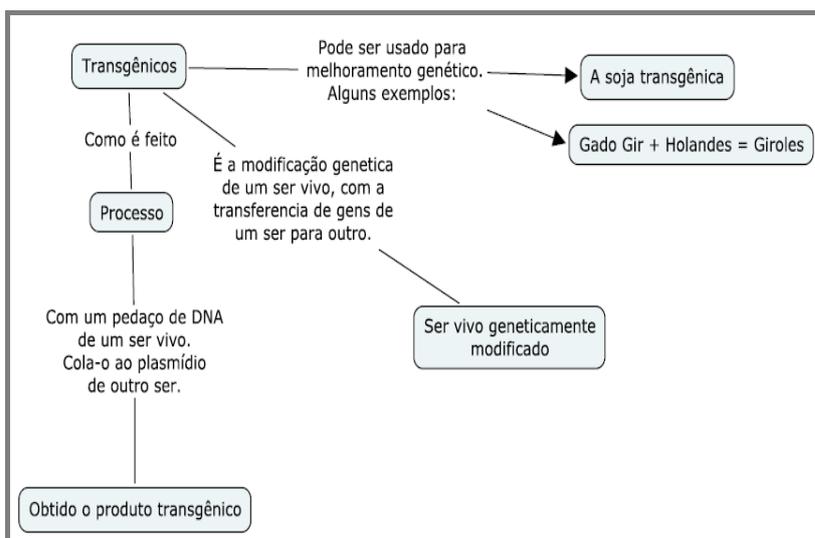
**Figura 45 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema DNA**



**Figura 46 – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Enzima de Restrição**

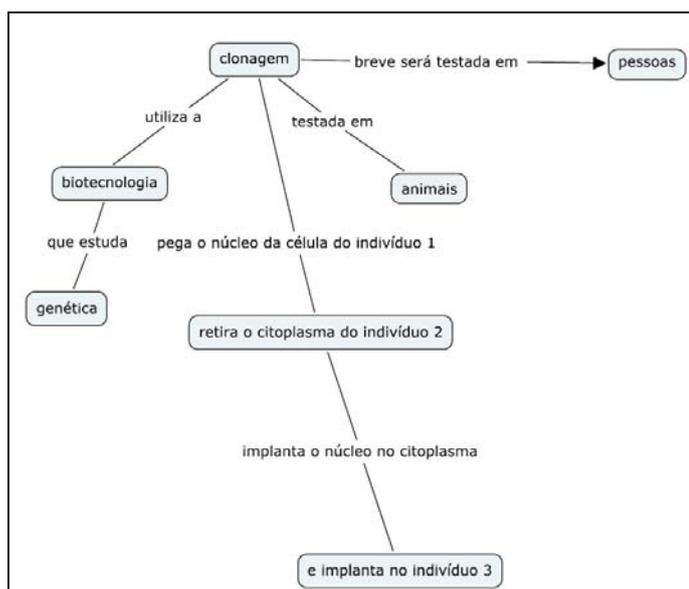


**Figura 47** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Transgênico



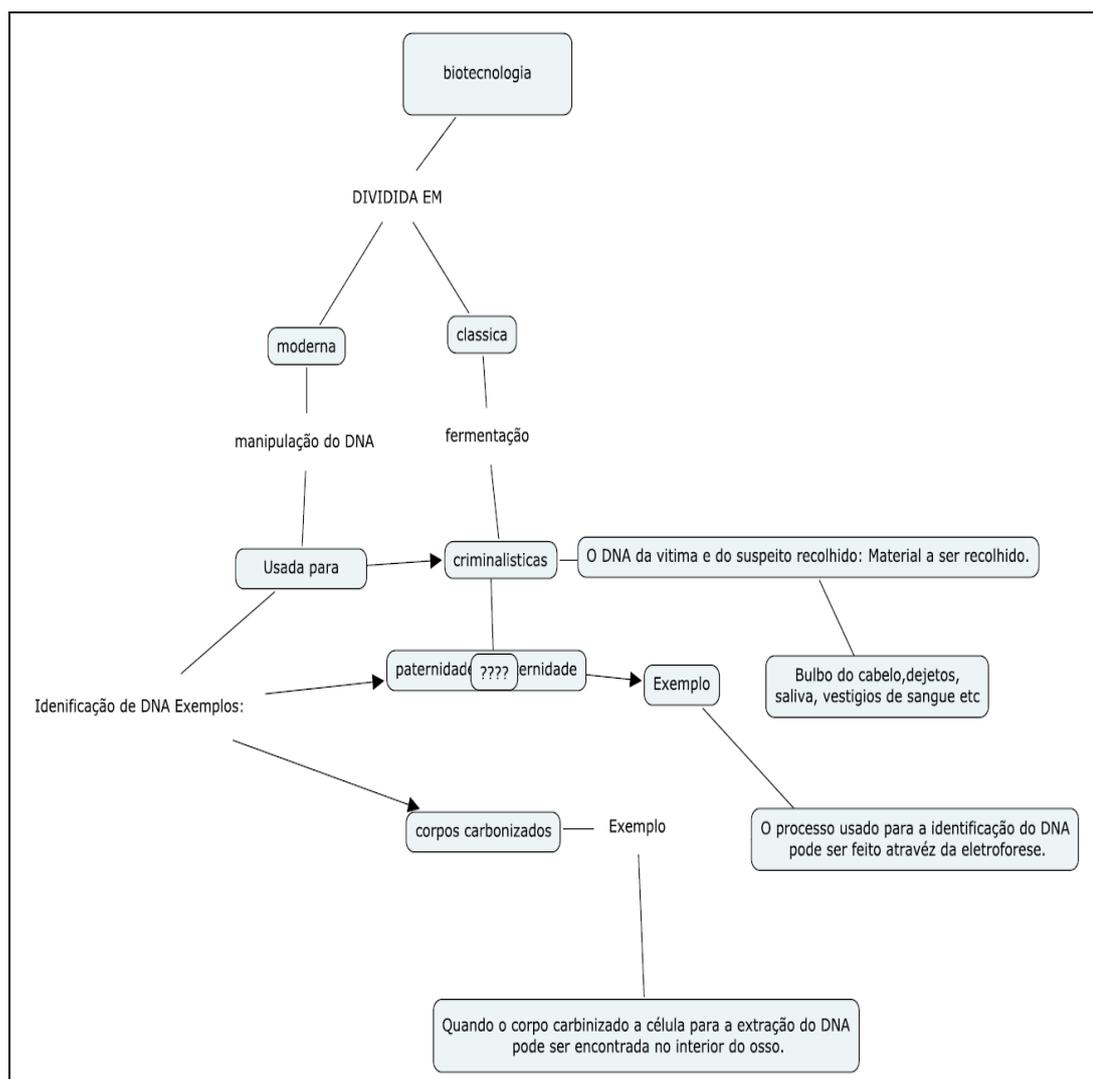
O mapa conceitual sobre clonagem do aluno 8 (Figura 48) apresentou linearidade, mas demonstraram coerência com a descrição do mecanismo de obtenção de um clone. Houve uma discreta citação de que a clonagem será utilizada em seres humanos, mas não passou por repercussões sobre questões valorativas.

**Figura 48** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Clonagem



Apesar de apresentar-se de forma mais completa e dividir a biologia em moderna e clássica, o mapa conceitual construído sobre biotecnologia (final) pelo aluno 8 (Figura 49) parecem confusos quanto à estruturação e restringem-se ao uso da biotecnologia em testes genéticos.

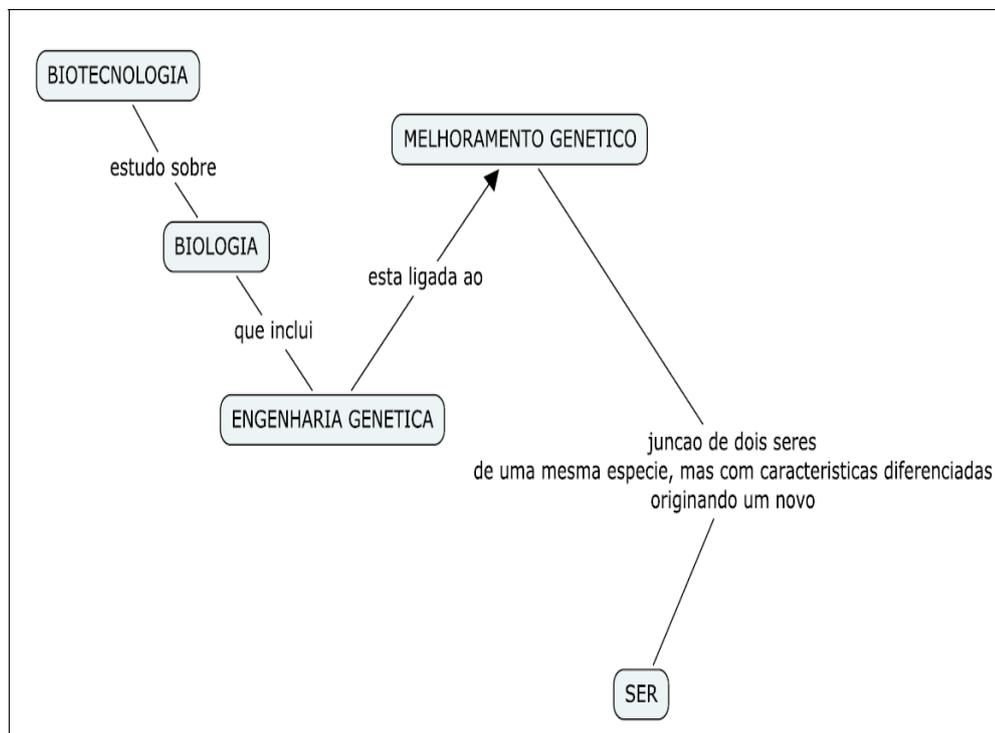
**Figura 49** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 8 a Partir do Tema Biotecnologia (final).



### 6.2.9 Análise 9: Mapas Conceituais Construídos pelo Aluno 9

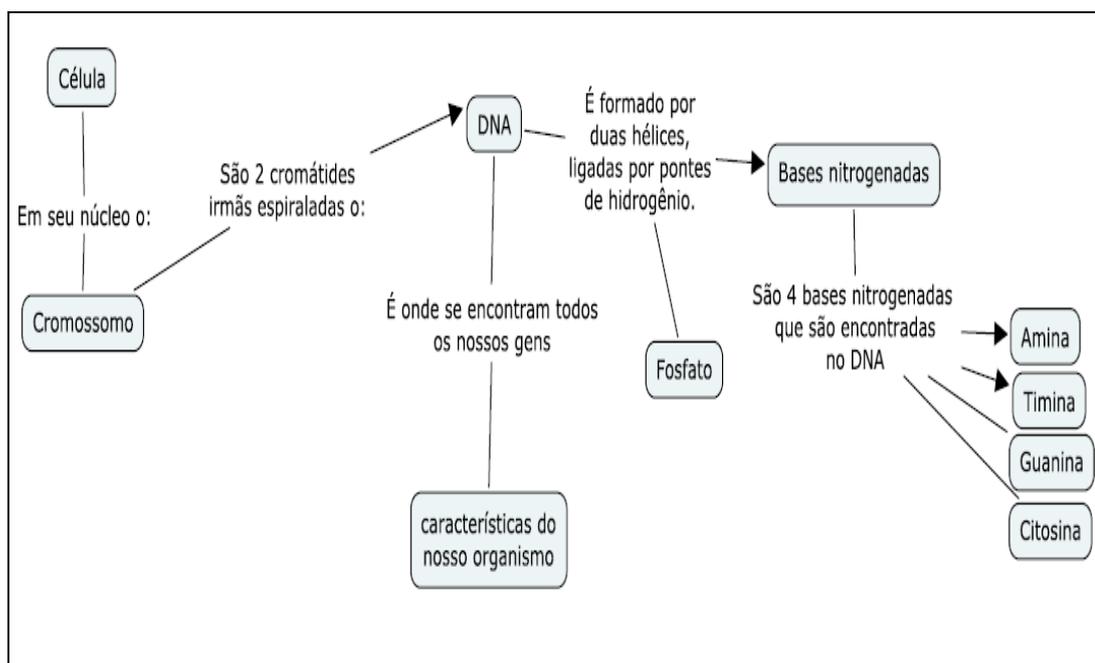
Um destaque em relação ao mapa conceitual sobre biotecnologia (mapa inicial) do aluno 9 (Figura 50) é que relacionou os termos “engenharia genética” e “melhoramento genético”:

**Figura 50** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema de Biotecnologia (INICIAL)

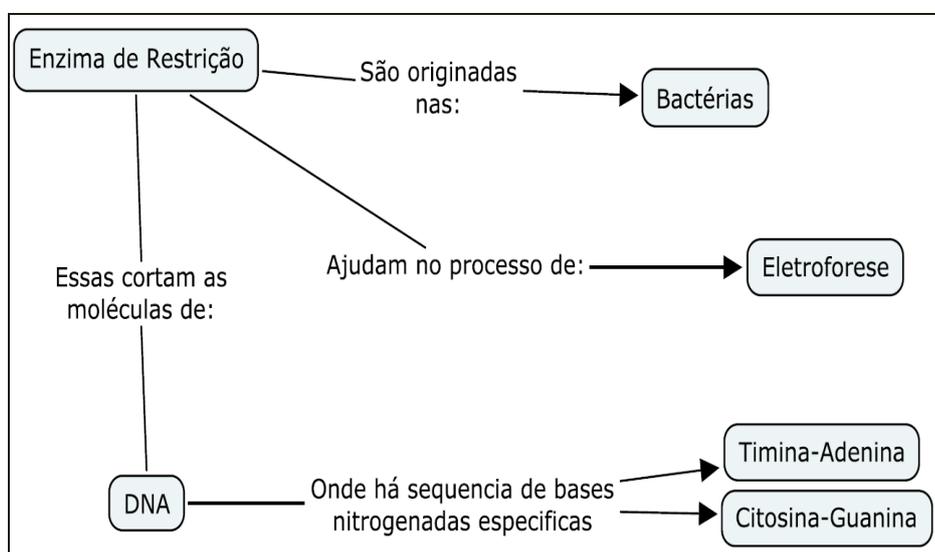


O mapa sobre “DNA”, construído pelo aluno 9 (Figura 51), apresentou coerência em relação às proposições e termos científicos. No entanto, há uma clara linearidade na estrutura que mantém uma hierarquia organizacional do material genético, de acordo com sua composição e localização celular.

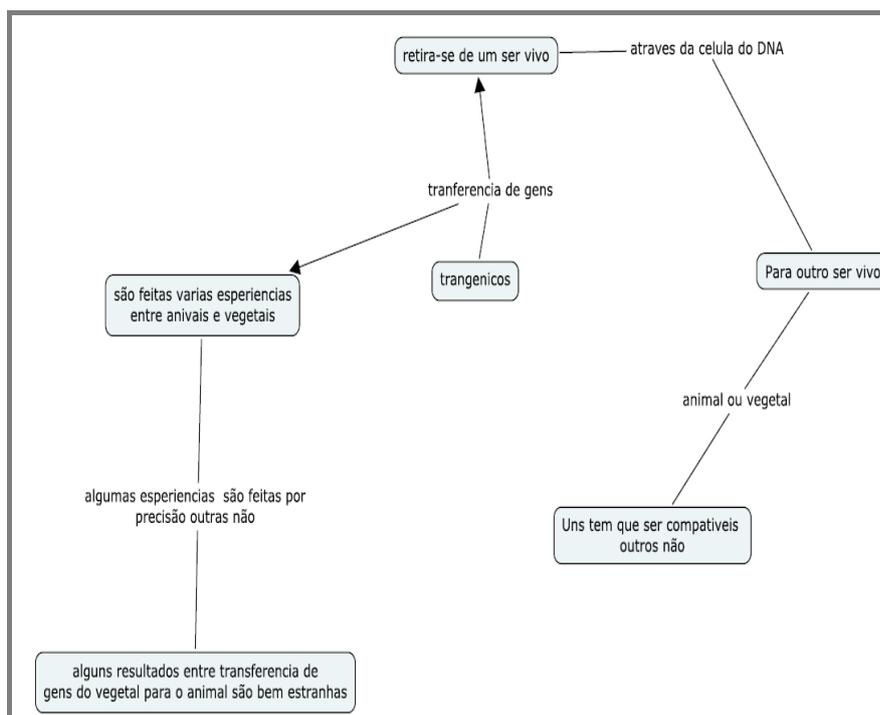
**Figura 51** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema DNA



**Figura 52** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Enzima de Restrição

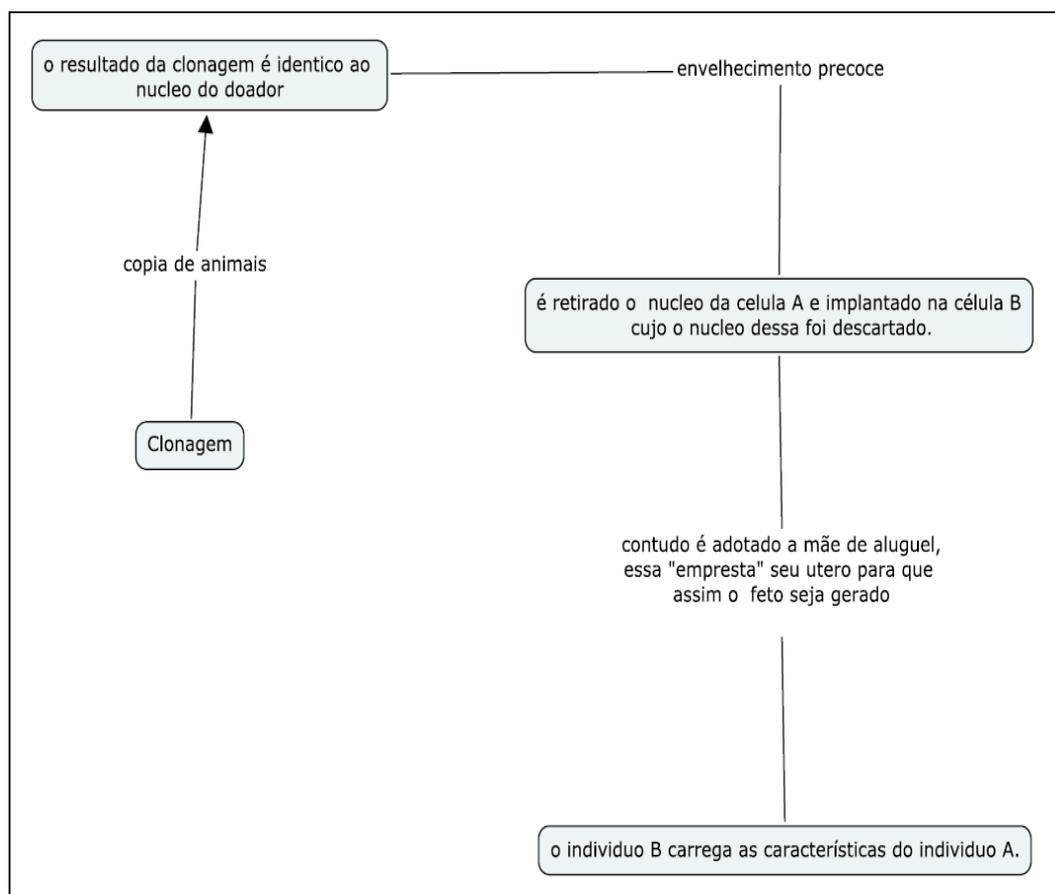


**Figura 53** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Transgênicos



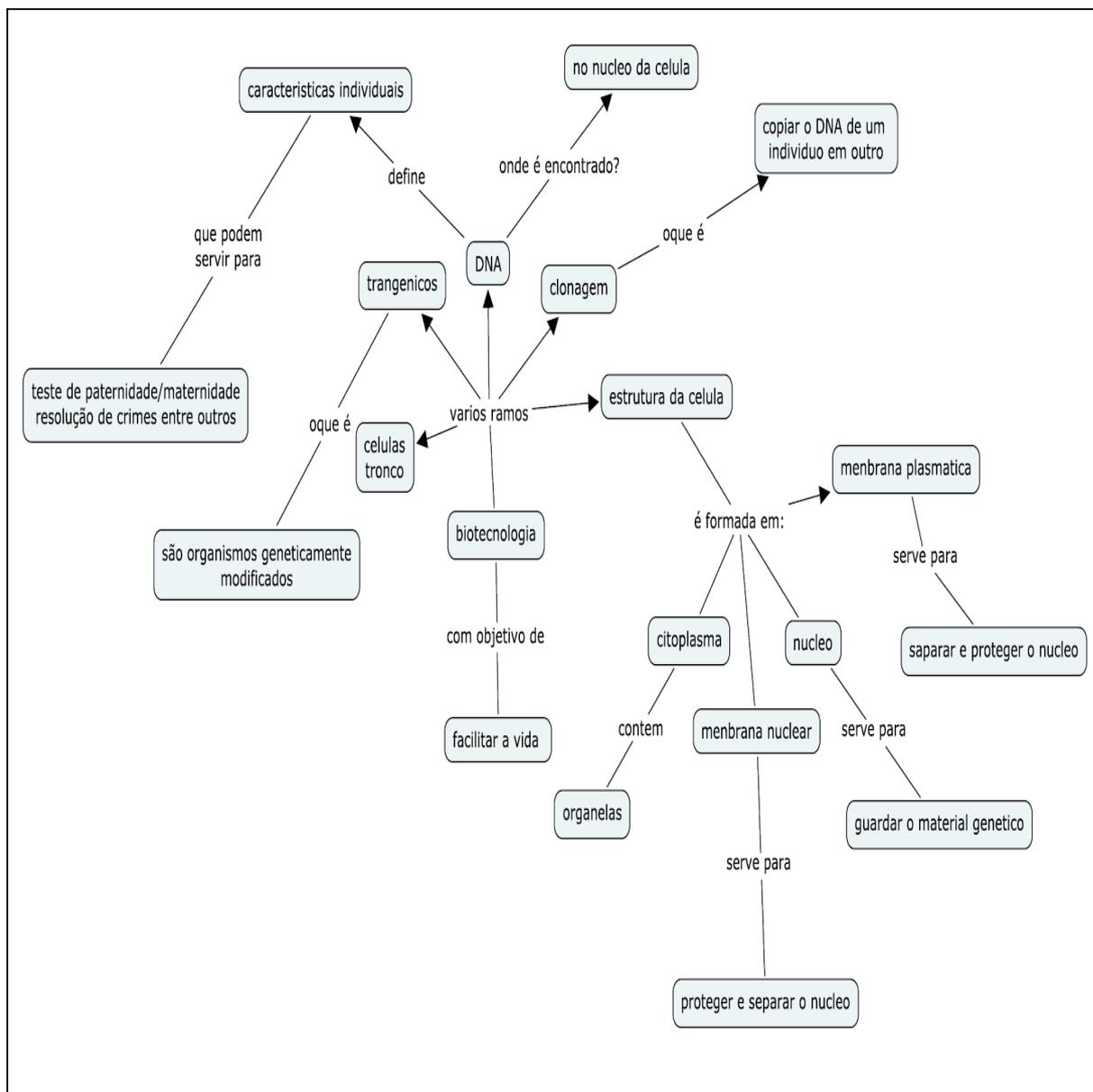
O mapa conceitual sobre clonagem do aluno 9 (Figura 54) apresentou linearidade, mas demonstraram coerência com a descrição do mecanismo de obtenção de um clone. Houve uma discreta citação de que a clonagem será utilizada em seres humanos, mas não passaram por repercussões sobre questões valorativas.

**Figura 54** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Clonagem



Mesmo se servindo de palavras de ligação formando proposições coerentes, o mapa conceitual final construído pelo aluno 9 (Figura 55) passou superficialmente sobre questões como a utilização de técnicas e produtos biotecnológicos, além de se ater a aspectos específicos da estrutura de uma célula.

**Figura 55** – Mapa Conceitual Elaborado pelo Aluno 9 a Partir do Tema Biotecnologia (final)



### 6.2.10 Discussão e Análise Comparativa dos Mapas Conceituais

Em uma análise comparativa entre todos os mapas construídos pelos alunos, observou-se que os mapas conceituais construídos pelos alunos 1 e 8 limitaram-se basicamente ao domínio interpretativo científico, embora tenham aparecido termos ligados ao domínio interpretativo valorativo nos mapas sobre transgênico e biotecnologia (final) (Tabela 1 e 8).

**Tabela 1** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 1, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIOS INTERPRETATIVOS		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTRIÇ	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descrição não científica</i>	1 (12,5%)	1 (8,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (25%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	2 (25,0%)	4 (33,3%)	1 (25%)	1 (20%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	<i>nível conceitual</i>	4 (50,0%)	4 (33,3%)	2 (50%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
	<i>nível técnico-processual</i>	1 (12,5%)	3 (25%)	1 (25%)	1 (20%)	1 (25%)	2 (33,3%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	3 (60%)	1 (25%)	4 (66,6%)
	<i>domínio ético-moral</i>				0 (0,0%)	1 (25%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>8 (100,0%)</b>	<b>12 (100,0%)</b>	<b>4 (100,0%)</b>	<b>5 (100,0%)</b>	<b>4 (100,0%)</b>	<b>6 (100,0%)</b>

O perfil dos mapas conceituais do aluno 2 foi semelhante ao do aluno 1. Contudo, o mapa final (biotecnologia) do aluno 2 apresentou relações mais específicas entre os níveis do domínio científico e os termos utilizados em seu mapa conceitual final inclui conceitos e elementos relacionados aos níveis descritivo científico (“DNA”, por exemplo), conceitual e técnico processual (eletroforese e produtos biotecnológicos). O nível de significação socioeconômico foi do mesmo modo mais explorado (ver tabela 2). Assim, o perfil deste aluno, apresentou-se ampliado no que se refere ao mapa final em relação aos anteriores (realizados no início e durante a oficina).

**Tabela 2** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 2, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIOS INTERPRETATIVOS		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	1 (16,6%)	1 (11,1%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (40%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	3 (50,0%)	3 (33,3%)	0 (0,0%)	8 (72,72%)	0 (0,0%)	4 (15,38%)
	<i>nível conceitual</i>	1 (16,6%)	4 (44,4%)	1 (14,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (7,69%)
	<i>nível técnico-processual</i>	1 (16,6%)	1 (11,1%)	4 (57,1%)	1 (9,09%)	2 (40%)	12 (46,15%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (28,57%)	2 (18,18%)	0 (0,0%)	8 (30,76%)
	<i>domínio ético-moral</i>			0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (20%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>6 (100,0%)</b>	<b>9 (100%)</b>	<b>7 (100%)</b>	<b>11 (100%)</b>	<b>5 (100%)</b>	<b>26 (100%)</b>

Já os mapas elaborados pelos alunos 3 e 4 (ver tabelas 3 e 4) revelam um número maior de proposições ligadas ao nível de significação socioeconômico, ressaltando que o mapa final foi construído com um número expressivamente maior de conceitos e proposições, o que demonstra uma evolução do significado dos conceitos relacionados ao tema da biotecnologia.

A literatura mostra que a construção e a evolução do significado dos conceitos dependem das situações de ensino (BROUSSEAU, 1986; DRUIT et al., 1998). A célula é um conceito complexo, abstrato e chave na conceituação do conhecimento biológico. Trata-se de um conceito que determina a estrutura e o funcionamento de todo o mundo vivo e condiciona, portanto, sua compreensão, sua interpretação e sua representação (PALMERO, 2000).

No que se refere ao conhecimento de Ciências Biológicas e as rápidas mudanças que ocorrem neste domínio, os graduados admitiram que precisam ter substantivos entendimentos dos conceitos centrais assim como a capacidade de adaptar-se à mudança contínua. Um vasto corpo de pesquisa demonstra que as ideias dos estudantes estão frequentemente em conflito com a visão aceita de ciência. O diverso conjunto de experiências pessoais dos alunos, incluindo observação direta, mídia e linguagem, e as explicações e materiais instrucionais dos professores contribuem para a formação das redes mentais com

conceitos que não estão sempre organizados com relações proposicionais congruentes com entendimentos científicos.

**Tabela 3** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 3, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	0 (0,0%)	1 (9,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (10%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	2 (22,2%)	1 (9,0%)	4 (36,36%)	0 (0,0%)	5 (50%)	1 (3,33%)
	<i>nível conceitual</i>	4 (44,5%)	3 (27,2%)	2 (18,18%)	2 (33,33%)	1 (10%)	5 (16,66%)
	<i>nível técnico ou processual</i>	2 (22,2%)	3 (27,2%)	5 (45,45%)	1 (16,66%)	2 (20%)	12 (40%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio sócio-econômico</i>	1 (11,1%)	3 (27,2%)	0 (0,0%)	3 (50%)	1 (10%)	12 (40%)
	<i>domínio ético-moral</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)		0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>9 (100,0%)</b>	<b>11 (100,0%)</b>	<b>11 (100,0%)</b>	<b>6 (100,0%)</b>	<b>10 (100,0%)</b>	<b>30 (100,0%)</b>

A ideia central da maioria dos mapas iniciais sobre a temática da “Biotecnologia” aponta para o uso da biotecnologia no cotidiano (criminalística, testes de paternidade, clonagem e transgênico). Há citações de termos mais específicos, como enzima de restrição e eletroforese, porém, nas poucas menções sobre os mecanismos ou ferramentas utilizados na biotecnologia também estão ausentes termos ou proposições relacionados ao domínio interpretativo valorativo. Em uma pesquisa sobre as crenças epistemológicas dos estudantes, Watters e Watters (2007) observaram que a maioria dos alunos tende a adotar crenças de que o conhecimento e o aprendizado envolvem o acúmulo de informação e a capacidade de reproduzir quando se demanda, em exames.

Já os mapas conceituais sobre o tema “enzima de restrição”, construídos pelos alunos 1, 5, 6 e 8 (Figuras 4, 28, 34 e 46) apresentaram-se similares quanto à linearidade e pela abordagem que se limitou à função de uma enzima de restrição e na sua utilidade em processos como a eletroforese.

**Tabela 4** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 4, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (16,6%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	1 (16,6%)	3 (50%)	1 (11,1%)	1 (16,6%)	1 (16,6%)	6 (28,57%)
	<i>nível conceitual</i>	3 (50%)	2 (33,3%)	2 (22,2%)	0 (0,0%)	1 (16,6%)	4 (19,04%)
	<i>nível técnico - processual</i>	1 (16,6%)	1 (16,66%)	4 (44,4%)	1 (16,6%)	2 (33,3%)	4 (19,04%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	1 (16,6%)	0 (0,0%)	2 (22,2%)	4 (66,6%)	1 (16,6%)	7 (33,33%)
	<i>domínio ético-moral</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>6 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>9 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>21 (100%)</b>

Os alunos 5 e 9 apresentaram mapas (ver tabela 5 e 9) extremamente pobres, tanto em relação ao número de conceitos utilizados, quanto aos níveis de significação alcançados. Entretanto, os mapas conceituais finais mostraram-se bem articulados, permeando todos os níveis de significação dos domínios científico e valorativo.

**Tabela 5** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 5, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANS G	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	4 (100%)	1 (20%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (16,6%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>		3 (60%)	1 (50%)	8 (72,7%)	3 (50%)	8 (34,8%)
	<i>nível conceitual</i>	0 (0,0%)	1 (20%)	0 (0,0%)	3 (27,2%)	1 (16,6%)	5 (21,7%)
	<i>nível técnico ou processual</i>		0 (0,0%)	1 (50%)	0 (0,0%)	1 (16,6%)	4 (17,4%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5 (21,7%)
	<i>domínio ético-moral</i>						1 (4,34%)
<b>TOTAL</b>		<b>4 (100%)</b>	<b>5 (100%)</b>	<b>2 (100%)</b>	<b>11 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>23 (100%)</b>

Apesar de apresentar um número reduzido de conceitos e palavras de ligação, os mapas conceituais elaborados pelos alunos 6 e 7 (ver tabelas 6 e 7) atingiram diferentes níveis de significação, como o descritivo não científico e o nível ético-moral.

**Tabela 6** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 6, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANS G	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	1 (20%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (25%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	1 (20%)	3 (37,5%)	2 (100%)	1 (12,5%)	1 (25%)	3 (15%)
	<i>nível conceitual</i>	3 (60%)	1 (12,5%)	0 (0,0%)	2 (25%)	0 (0,0%)	3 (15%)
	<i>nível de significação técnico ou processual</i>	0 (0,0%)	2 (25%)	0 (0,0%)	2 (25%)	1 (25%)	4 (20%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>		1 (12,5%)		3 (37,5%)	0 (0,0%)	10 (50%)
	<i>domínio ético-moral</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (25%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>5 (100,0%)</b>	<b>8 (100%)</b>	<b>2 (100%)</b>	<b>8 (100%)</b>	<b>4 (100%)</b>	<b>20 (100%)</b>

No mapa conceitual sobre enzimas de restrição, o aluno 2 (Figura 10), tal como o 3 e o 4 (Figuras 16 e 22), exploraram melhor o tema, pois além de indicarem a técnica e o uso da enzima de restrição em processos eletroforéticos, inferiram também sua utilidade para obtenção de organismos geneticamente modificados e nos mecanismos para estudos de clonagem e testes genéticos. Tais proposições indicam um espectro maior de significação em relação aos outros mapas conceituais analisados. Os mapas dos alunos 7 e 9 (Figuras 40 e 52) diferenciaram-se por explorar de forma coerente a função da enzima de restrição e sua ação na estrutura do material genético.

A partir do tema “transgênicos”, o aluno 1 (Figura 5), de maneira semelhante ao aluno 4 (Figura 23), demonstra certas indagações como a segurança de se ingerir um organismo geneticamente modificado. Tal como os alunos 3 e 7 (Figuras 17 e 41), o aluno 1 acaba perpassando também por questões socioeconômicas, tocando em questões como o aumento da produção agrícola e melhoria da qualidade dos alimentos, além dos valores éticos implicados no uso destes produtos. No caso do aluno 9 (Figura 53), as proposições foram confusas em expressões como “através da célula de DNA”.

Diferentemente dos mapas conceituais construídos a partir dos termos “enzimas de restrição”, os mapas conceituais sobre o tema “transgênicos” apontou proposições errôneas sobre o mecanismo de obtenção e inserção de um organismo no mercado. Essencialmente, a definição se restringe a: “ser vivo geneticamente modificado”, e o processo é descrito a partir da transferência de fragmentos de DNA de um organismo para outro organismo. Os erros conceituais incluem o uso indiscriminado plasmídeos nesta técnica (caso do aluno 8), ou a definição de transgênico como mutação genética (caso do aluno 5).

**Tabela 7** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 7, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	2 (28,57%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (28,57%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	2 (28,57%)	1 (20%)	3 (60%)	0 (0,0%)	3 (42,85%)	1 (7,69%)
	<i>nível conceitual</i>	2 (28,57%)	2 (40%)	2 (40%)	1 (14,28%)	1 (14,28%)	3 (23,07%)
	<i>nível técnico ou processual</i>	1 (14,28%)	2 (40%)	0 (0,0%)	2 (28,57%)	1 (14,28%)	2 (15,38%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	4 (57,14%)	0 (0,0%)	6 (46,15%)
	<i>domínio ético-moral</i>				0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (7,69%)
<b>TOTAL</b>		<b>7 (100%)</b>	<b>5 (100%)</b>	<b>5 (100%)</b>	<b>7 (100%)</b>	<b>7 (100%)</b>	<b>13 (100%)</b>

No que tange à exploração e organização do conceito de biotecnologia (mapa final), os alunos 2, 3, 4 e 6 (Figuras 13, 19, 25 e 37) todos os pontos abordados nos módulos da oficina foram citados. Apesar de não haver uma definição clara do termo “biotecnologia”, o uso de técnicas desenvolvidas através da biotecnologia para obtenção de transgênicos, clones, células-tronco e testes de criminalística foram exploradas de forma clara e com proposições e conceitos organizados corretamente. Mecanismos mais específicos como a PCR também foram citados. Além disso, o aluno 6 faz alusão ao órgão CTNBio.

Nenhum dos alunos destaca aspectos positivos ou negativos sobre o uso de produtos biotecnológicos (domínio valorativo). Os alunos 2 e 3 fazem uma descrição detalhada do método de PCR, eletroforese e uso de enzima de restrição.

Novak e Gowin (1984) esclarecem que elaboração de mapas de conceitos é uma técnica para patentear exteriormente conceitos e proposições. Até este momento, só se podem fazer conjecturas sobre o grau de precisão com que os mapas conceituais representam os conceitos que se possui ou a gama de relações entre conceitos que se conhece. Assim, os mapas conceituais são instrumentos que permitem identificar possíveis evoluções na estrutura cognitiva quanto à construção de significados conceituais e proposicionais. Não se pode dizer que um aluno está certo e o outro errado, contudo, este tipo de diferença

pode estar sugerindo diferentes maneiras de organizar o conteúdo cognitivo em uma certa área, ou seja, diferentes estruturas cognitivas.

A partir de uma pesquisa realizada com professores na Austrália sobre os fatores que dificultam a exploração do tema biotecnologia na escola, Leslie e Schibenci (2006), constataram que a amplitude e complexidade do conteúdo pode desencorajar o professor para tratar do assunto, além do fato de que os conceitos que incorporam o tema, são bem recentes e não fizeram parte do currículo de formação do professor que está em sala de aula, por isso, muitas vezes, os professores não se sentem qualificados para tratar do assunto.

No que se refere à discussão e atitudes sobre a aplicação de produtos biotecnológicos, deve-se levar em conta os fatores cognitivos, afetivos e comportamentais, já que o conceito de biotecnologia envolve vários campos de conhecimento.

Em um estudo quantitativo com estudantes holandeses, Klop e Severiens (2007) observaram que há uma apreciação diversa da moderna biotecnologia entre os estudantes de ensino médio e sugerem que uma estratégia educacional sobre o tema deve considerar como os estudantes chegam a escolhas pessoais e sociais. Os resultados desses pesquisadores mostram que a atitude com relação à biotecnologia é um conceito multicomponente, que envolve os conhecimentos de biologia e genética, o entendimento das aplicações da biotecnologia e as crenças, expectativas e percepções relacionadas à moderna biotecnologia.

Foi observado que os adeptos e mais confiantes no uso de técnicas ou produtos provenientes da biotecnologia, são também os alunos com o nível mais alto de conhecimento de conteúdo. Entretanto, os alunos céticos ou com dúvidas sobre o uso da biotecnologia, não diferem, em termos de conhecimento científico, do primeiro grupo. Este resultado mostra a complexa natureza da relação entre conhecimento de conteúdo e atitude em relação à biotecnologia. Os pesquisadores observaram, ainda, que as características pessoais, tais como experiência religiosa, crenças morais, etnicidade, nível educacional e gênero influenciam as atitudes que as pessoas têm.

Em uma pesquisa semelhante, Prokop et al. (2007) observaram que, embora os estudantes matriculados nos cursos de Biologia tenham melhor conhecimento sobre biotecnologia, suas atitudes em relação à engenharia genética

foram semelhantes às daqueles que não estudam Biologia. Nesse estudo, os resultados indicaram que os universitários eslovacos têm pouco conhecimento científico sobre os processos da biotecnologia. A pesquisa revela que há diversos fatores influentes no que se refere ao consumo de alimentos geneticamente modificados, tais como: gênero, idade, diferenças educacionais e diferenças políticas ou legislativas dos países. Além disso, os componentes afetivos também podem influenciar o comportamento.

Reid (2006) fornece uma classificação dos componentes que constituem a construção de atitudes: conhecimentos sobre o objeto, as crenças e componente de ideias (Cognitivo); sentimentos em relação a esses objetos, componente do gosto ou desgosto (Afetivo) e uma tendência-à-ação, o componente objetivo (Comportamental). De acordo com essa classificação, Kind et al. (2007) realizaram uma pesquisa na Inglaterra, sobre atitudes de crianças em relação à ciência. Desenvolvendo essas medidas, foram observadas críticas aos estudos de atitude prévia em educação de ciência. As análises realizadas sobre os dados resultantes confirmaram a unidimensionalidade dos constructos de atitudes separadas. Também, descobriu-se que três dos constructos – aprender ciência na escola, ciência fora da escola e futura participação em ciência – pesaram sobre uma atitude geral em relação ao fator ciência.

**Tabela 8** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 8, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível descritivo científico</i>	3 (60%)	6 (50%)	3 (60%)	0 (0,0%)	2 (33,3%)	2 (16,6%)
	<i>nível conceitual</i>	0 (0,0%)	4 (33,3%)	1(20%)	1 (14,2%)	0 (0,0%)	2 (16,6%)
	<i>nível técnico ou processual</i>	2 (40%)	0 (0,0%)	1 (20%)	3 (42,85%)	2 (33,33%)	5 (41,6%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	0 (0,0%)	2 (16,6%)	0 (0,0%)	3 (42,85%)	2 (33,33%)	3 (25%)
	<i>domínio ético-moral</i>		0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>5 (100%)</b>	<b>12 (100%)</b>	<b>5 (100%)</b>	<b>7 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>12 (100%)</b>

**Tabela 9** – Distribuição dos domínios e níveis de significação nos mapas conceituais construídos pelo Aluno 9, sobre os temas Biotecnologia (inicial e final), DNA, Enzima de Restrição, Transgênico e Clonagem.

DOMÍNIO INTERPRETATIVO		MAPAS CONCEITUAIS					
		BIOTEC (INICIAL)	DNA	ENZ RESTR	TRANSG	CLON	BIOTEC (FINAL)
DESCRITIVO	<i>descritivo não científico</i>	1 (33,3%)	1 (10%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (16,6%)	1 (5%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	<i>nível de significação descritivo científico</i>	0 (0,0%)	2 (20%)	4 (66,6%)	0 (0,0%)	1 (16,6%)	11 (55%)
	<i>nível de significação conceitual</i>	0 (0,0%)	7 (70%)	2 (33,3%)	2 (40%)	1 (16,6%)	2 (10%)
	<i>nível de significação técnico ou processual</i>	2 (66,6%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	2 (40%)	2 (33,3%)	1 (5%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	<i>domínio socioeconômico</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	1 (20%)	1 (16,6%)	5 (25%)
	<i>domínio ético-moral</i>	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
<b>TOTAL</b>		<b>3 (100%)</b>	<b>10 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>5 (100%)</b>	<b>6 (100%)</b>	<b>20 (100%)</b>

Em um estudo sobre como se dá a construção de significados de conceitos baseados em habilidades linguísticas, Duran et al. (1998) observaram que os estudantes foram excessivamente dependentes do texto oral do professor como fonte de sentido científico e protelaram para ele as interpretações científicas da experiência da vida real. A atividade instrucional proposta permitiu que os estudantes fossem engajados na construção conceitual e se familiarizassem com a linguagem, signos e simbologia científica. Diagramas foram particularmente importantes para criar textos que foram usados como modelos de apoio à apropriação, por parte do estudante, da linguagem da ciência. Os resultados demonstram a importância de confrontar a mística da ciência através de atividade instrucional que fornece aos estudantes a oportunidade de adquirir a autoridade cultural de linguagem e outras ferramentas semióticas. O notável potencial dos diagramas (no formato de mapas conceituais) e outros recursos semióticos facilitaram uma intersubjetividade (isto é, partilhar significados em biologia) entre professor e estudantes enquanto eles tentam se comunicar sobre a estrutura e a função da biologia.

Roth e Roychoudhury (1993) e Roth e Bowen (1995) estudaram como a instrução pode desenvolver os recursos discursivos dos estudantes. Eles estudaram como as atividades colaborativas engajaram os estudantes em falar sobre ciência e mostram os tipos de significados construídos nas atividades compartilhadas. Usando o mapa conceitual como ferramenta para estruturar a interação do estudante, Roth e Roychoudhury descobriram que a atividade de gerar o mapa fez os estudantes usarem seu aprendizado prévio para negociar um contexto partilhado para concluir a tarefa. O mapa conceitual então se tornou um texto visual para sustentar a prática falando e escrevendo sobre ciência.

### 6.3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DAS LEITURAS DAS IMAGENS

A leitura de cada imagem foi norteada por duas questões principais: *descreva a imagem observada e qual a mensagem que a imagem traz para você?* Como o principal objetivo das questões era de “separar” os elementos denotativos e conotativos que compunham a imagem, com a finalidade de se identificar os elementos científicos de acordo com a complexidade de organização de nível de significação.

As análises das leituras de imagens foram realizadas em grupo, no intuito de identificar os domínios e níveis de significação percorridos pelos alunos no contexto em que a pesquisa foi desenvolvida.

Foram selecionadas seis imagens sobre o tema da biotecnologia em livros e revistas de ampla divulgação para uma prática de *leitura de imagens*. A definição do recorte das imagens obedeceu à potencialidade conotativa que, em geral, as capas de veículos de comunicação de massas ou de segmentação científica possuem pela sua própria natureza. Através de apelos ou insinuações mais sutis, as capas de revista expressam valores e interesses conforme os contextos ideológicos que delimitam sua proposta, alinhados a conceitos científicos, especificamente os que dizem respeito à biotecnologia. A imagem, neste sentido, deixa-se permear por formas, traços, elementos iconográficos, que reforçarão seu estatuto editorial. Tal característica pode incidir nas leituras realizadas pelos grupos, tanto pela sua adesão como pela sua contestação valorativa.

A leitura de cada imagem foi norteadada por duas questões principais: *descreva a imagem observada e qual a mensagem que a imagem traz para você?* Como o principal objetivo das questões era de “separar” os elementos denotativos e conotativos que compunham a imagem, com a finalidade de se identificar os elementos científicos de acordo com a complexidade de organização de nível de significação.

As análises das leituras de imagens foram realizadas em grupo, no intuito de identificar os domínios e níveis de significação percorridos pelos alunos no contexto em que a pesquisa foi desenvolvida.

Foram selecionadas seis imagens sobre o tema da biotecnologia em livros e revistas de ampla divulgação para uma prática de *leitura de imagens*. A definição do recorte das imagens obedeceu à potencialidade conotativa que, em geral, as capas de veículos de comunicação de massas ou de segmentação científica possuem pela sua própria natureza. Através de apelos ou insinuações mais sutis, as capas de revista expressam valores e interesses conforme os contextos ideológicos que delimitam sua proposta, alinhados a conceitos científicos, especificamente os que dizem respeito à biotecnologia. A imagem, neste sentido, deixa-se permear por formas, traços, elementos iconográficos, que reforçarão seu estatuto editorial. Tal característica pode incidir nas leituras realizadas pelos grupos, tanto pela sua adesão como pela sua contestação valorativa.

## 6.3.1 Análise 1: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 1

Imagem 1 – Revista Época: Decifrei meu DNA.



A imagem 1 mostra um rosto feminino com bandas de DNA ao fundo, em eletroforese, parecendo indicar a relevância do material genético na construção da identidade do indivíduo, ou ainda, buscando salientar o papel e a supremacia do DNA para o desenvolvimento de todas as características humanas. Dentro desse panorama, a complexidade da leitura da imagem permite extrapolar a questão de como o DNA pode determinar as características humanas e quais os meios científicos para se chegar a tal conclusão, como por exemplo, a constituição química do material genético, os processos de síntese de proteínas (o que determinaria as características do indivíduo) e os mecanismos para se obter, visualizar e analisar o DNA, através da técnica da eletroforese.

Na Tabela 10 é possível observar a distribuição dos domínios e níveis de significação privilegiados durante as leituras da Imagem 1.

**Tabela 10** – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 1.

DOMÍNIOS SIGNIFICAÇÃO	NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO	RESPOSTAS
DESCRITIVO	Descritivo não científico	0 (0,00%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	Descritivo científico	19 (43,18%)
	Conceitual	6 (13,65%)
	Técnico ou Processual	9 (20,45%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	Socioeconômico	10 (22,72%)
	Ético-moral	
TOTAL DE RESPOSTAS		44 (100,0 %)

Nas leituras analisadas observa-se uma maior concentração de termos referentes ao domínio científico (Tabela 10), principalmente no nível de significação *descritivo científico*, o que demonstra uma destacada preocupação com um compromisso científico de leitura:

*São bandas de DNA em um processo de eletroforese (aluno 4).*

*Mostra o processo de eletroforese (aluno 7).*

Este fato é reforçado quando se percebe ainda que os estudantes não descrevem o objeto em termos denotativos (primeiro domínio de significação), mas o primeiro contato com a imagem já faz com que os leitores cheguem à conclusões valorativas sobre o tema, por isso, no que diz respeito ao domínio de significação ético e valorativo, observou-se um destaque nas leituras realizadas:

*Tudo em uma pessoa depende do seu DNA (aluno 4).*

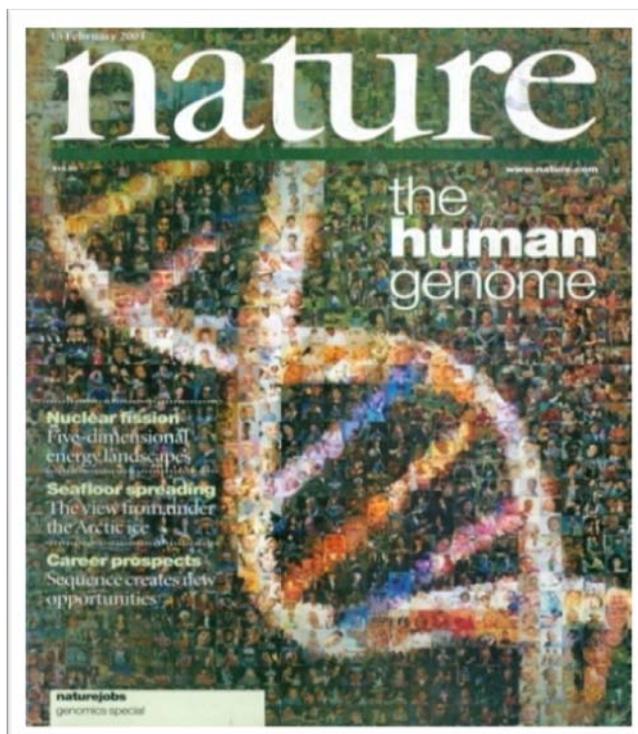
*O DNA determina quem somos (aluno 3).*

### 6.3.2 Análise 2: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 2

A imagem 2 traz uma molécula de DNA que ocupa a capa toda da revista *Nature*, com inúmeros rostos de pessoas de diferentes origens, como que uma marca d'água ao fundo da molécula. Tal perspectiva torna possível uma leitura que pode se ramificar em vários tópicos de discussão: a descrição física e

química da molécula, sua função e sua relação com os rostos ao fundo, diversidade genética, eugenia e Projeto Genoma Humano.

**Imagem 2** – Nature: O genoma humano



Na Tabela 11 são apresentadas as leituras realizadas a partir da imagem 2. Apesar de esta imagem permitir ao leitor uma discussão que permeie tanto o domínio denotativo, como os domínios científico e valorativo, observou-se que houve uma concentração de respostas no domínio científico, com uma exploração de todos os níveis de significação deste domínio.

**Tabela 11** – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 2

DOMÍNIOS SIGNIFICAÇÃO	NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO	RESPOSTAS
DESCRITIVO	Descritivo não científico	0 (0,00%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	Descritivo científico	15 (31,92%)
	Conceitual	8 (17,02%)
	Técnico ou Processual	18 (38,29%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	Socioeconômico	6 (12,77%)
	Ético-morall	
TOTAL DE RESPOSTAS		47 (100,0%)

Observou-se pouca preocupação com discussões que envolvem questões de cunho ético e social, poucas respostas exploraram o fato da diversidade genética existir, apesar do material genético ser o mesmo para todos os indivíduos, por exemplo: A imagem mostra uma cadeia de DNA (aluno 2); Com o Projeto Genoma Humano, é possível sequenciar todo o DNA da espécie (aluno 4).

### 6.3.3 Análise 3: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 3

Na imagem 3, o artista gráfico faz uma referência à obra de Michelangelo, onde uma mão do alto toca outra mão, com uma luz ao fundo. Neste caso, a mão que vem do alto está revestida com uma luva cirúrgica. A estrutura desta imagem convida o leitor a refletir sobre uma ciência que faz milagres a partir do uso de células-tronco.

Como não há elementos gráficos que chamem a atenção para os processos e mecanismos científicos para a obtenção e utilização de células-tronco, os estudantes também não se preocuparam em descrever ou explicar tais mecanismos.

**Imagem 3** – Revista Veja: A Medicina que faz milagres.



Esta é a provável razão de que as leituras realizadas a partir desta imagem trouxeram à tona discussões centradas no domínio valorativo (Tabela 12) e não se observou, como nas imagens anteriores, uma preocupação com o caráter científico do tema.

A ênfase de respostas das leituras analisadas recaiu sobre o domínio valorativo, uma vez que a imagem apela diretamente a uma associação entre ciência e religião. É bastante comum em notícias envolvendo o tema a convocação de opiniões de natureza religiosa, dada a relação entre as técnicas de obtenção de célula-tronco e valores éticos e morais acerca do início da vida.

**Tabela 12** – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 3

DOMÍNIOS SIGNIFICAÇÃO	NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO	RESPOSTAS
DESCRITIVO	Descritivo não científico	1 (2,94%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	Descritivo científico	7 (20,59%)
	Conceitual	1 (2,94%)
	Técnico ou Processual	10 (29,41)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	Socioeconômico	15 (44,12%)
	Ético-moral	
TOTAL DE RESPOSTAS		34 (100,0%)

#### 6.3.4 Análise 4: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 4

A imagem 4 apresenta uma grande molécula de DNA, com sua estrutura de dupla hélice detalhada e um curativo entre duas bases nitrogenadas. A manchete traz a ideia de uma ciência sem limites, que pode consertar o material genético de um indivíduo.

Imagem 4 – Super Interessante: O Curativo Genético



Esta é a imagem que mais ensejou discussões que permeiam os três domínios de significação estabelecidos (Tabela 13). Nota-se ainda que o domínio ético-social é mais bem explorado ao passo que a descrição denotativa aparece em menor frequência (Tabela 13).

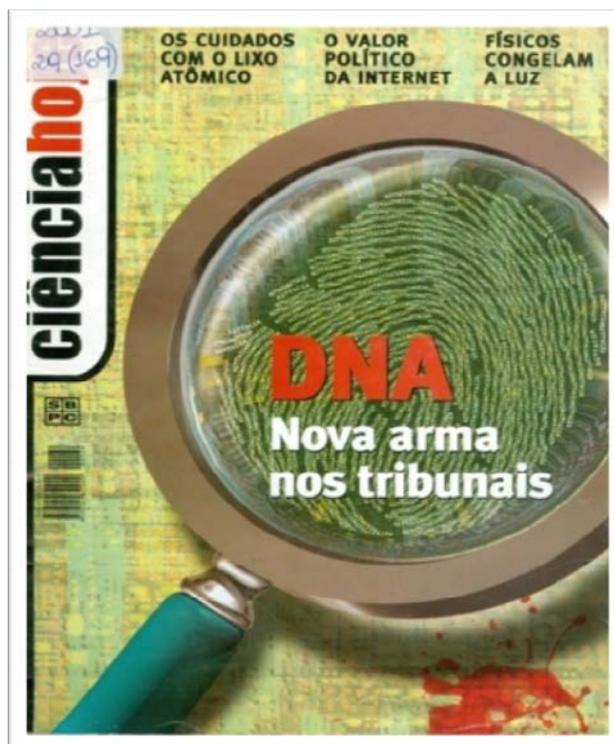
**Tabela 13** – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 4.

DOMÍNIOS DE SIGNIFICAÇÃO	NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO	RESPOSTAS
DESCRITIVO	Descritivo não científico	5 (7,35%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	Descritivo científico	15 (22,06%)
	Conceitual	4 (5,88%)
	Técnico ou Processual	21 (30,88%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	Socioeconômico	23 (33,83%)
	Ético-moral	
TOTAL DE RESPOSTAS		68 (100,0%)

#### 6.3.5 Análise 5: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 5

A imagem 5 traz a manchete *DNA: nova arma nos tribunais*, estampando a figura de uma lupa, uma molécula de DNA, uma impressão digital e uma gota de sangue. A partir desta configuração seria possível ao leitor discutir questões práticas do uso do material genético para identificar as pessoas, os mecanismos conceituais e científicos da obtenção do DNA para testes criminalísticos e de paternidade além de debater o acesso à identidade genética.

Imagem 5 – Ciência Hoje: DNA Nova arma nos Tribunais



Assim, a figura levanta conceitos e discussões ligados tanto ao domínio conotativo científico como ao domínio valorativo. Entretanto, nas leituras realizadas, não há uma distribuição equitativa entre os níveis de significação do domínio científico, ocorrendo uma maior ênfase na descrição científica da imagem (Tabela 14). Nota-se um padrão: pouca ou nenhuma descrição não científica da imagem, despreocupação com os aspectos conceituais além do baixo nível de leitura de características técnicas e processuais.

**Tabela 14** – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 5

DOMÍNIOS DE SIGNIFICAÇÃO	NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO	RESPOSTAS
DESCRITIVO	Descritivo não científico	4 (12,50%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	Descritivo científico	11 (34,38%)
	Conceitual	1 (3,12%)
	Técnico ou Processual	4 (12,50%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	Socioeconômico	12 (37,50%)
	Ético-moral	
TOTAL DE RESPOSTAS		32 (100,00%)

### 6.3.6 Análise 6: Leituras Realizadas a Partir da Imagem 6

A imagem acabou suscitando maior ênfase no nível de descrição não científica (denotativa) e na discussão ético-social. O domínio científico aparece com uma frequência menor em relação às análises das outras imagens.

**Imagem 6** – Tomate com boca.



A Tabela 15 mostra a distribuição dos domínios e níveis de significação alcançados nas leituras da imagem 6, que faz referência ao tema “transgênicos”. A figura exhibe, de uma forma criativa, um tomate com uma boca aberta, associando negativamente o tema ao imaginário dos monstros artificiais criados pela ciência, que fogem às intenções iniciais de seu criador.

**Tabela 15** – Distribuição dos domínios e níveis de significação identificados nas leituras da imagem 6

DOMÍNIOS DE SIGNIFICAÇÃO	NÍVEIS DE SIGNIFICAÇÃO	RESPOSTAS
DESCRITIVO	Descritivo não científico	15 (42,85%)
INTERPRETATIVO CIENTÍFICO	Descritivo científico	5 (14,29%)
	Conceitual	6 (17,15%)
	Técnico ou Processual	0 (0,00%)
INTERPRETATIVO VALORATIVO	Socioeconômico	9 (25,72%)
	Ético-moral	
TOTAL DE RESPOSTAS		35 (100,00%)

Neste caso fica evidente a interdependência entre questões socioeconômicas e de natureza científica. É provável que tal fato resulte da constante exposição do tema “transgênico” nos meios de comunicação de massa, assim como da relação cotidiana que em geral a população tem com este tema. Em geral a temática da biotecnologia chega às pessoas pela mídia. Costa et al. (2007), em um trabalho similar, observaram também que a produção das imagens por crianças, sobre o tema da biossegurança, estava diretamente relacionada aos aspectos explorados pela mídia, sendo assim um fator preponderante na construção de significado conceitual sobre a temática abordada.

Apesar de tal influência não é possível garantir que as discussões levantadas tenham uma relação direta com o conhecimento de conceitos científicos, pois muitas vezes, a exploração de questões científicas pelos meios televisivos ou em jornais impressos acontece de forma superficial e incompleta e, em muitos casos, apresenta ênfases parciais, permeadas por interesses socioeconômicos de grupos particulares. Nesse sentido, em uma pesquisa com cidadãos americanos, Trumbo (2006) constatou que somente um em cada três

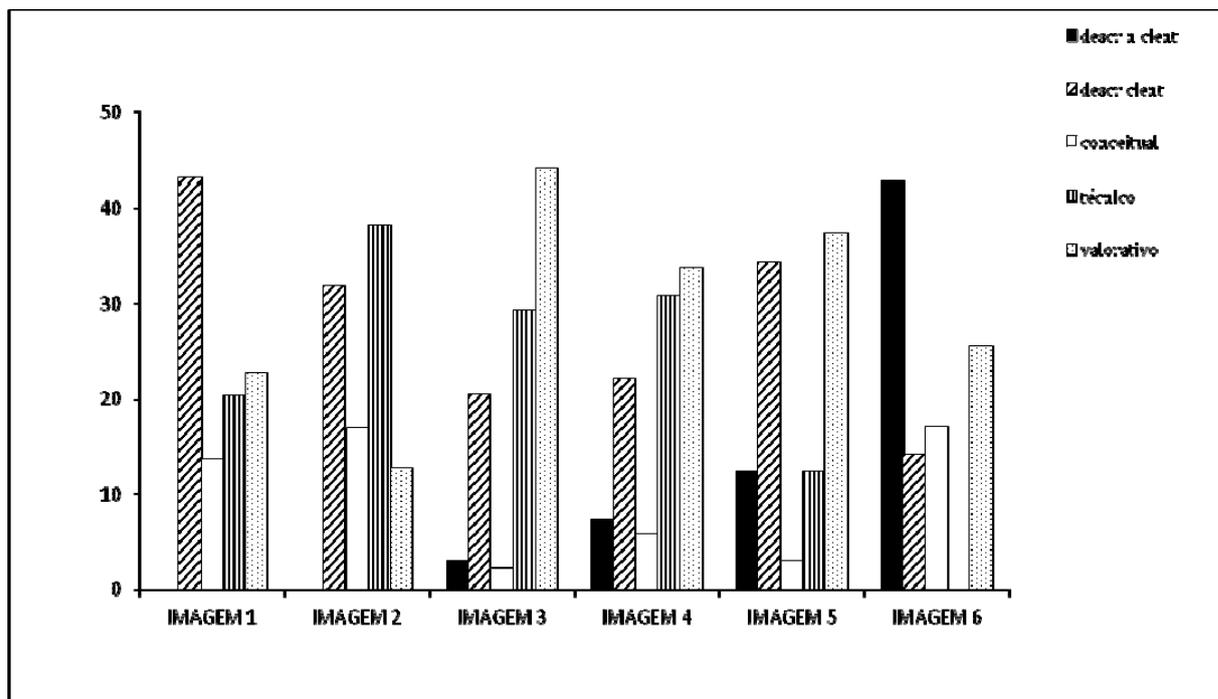
indivíduos, pode fornecer uma definição aceitável de DNA, apesar da discussão em torno da genética, clonagem, prova criminalística de sangue em julgamentos em tribunais ou em shows de televisão.

#### 6.4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS LEITURAS DAS IMAGENS

Nas descrições analisadas houve uma grande incidência do domínio de significação valorativo em contraste com nível de significação conceitual, contudo, conforme observado anteriormente, a forte distribuição dos domínios valorativo e do científico não resulta necessariamente em uma correlação adequada entre os dois.

Paralelamente, observa-se a força do nível de significação descritivo científico, onde os participantes têm a preocupação de descrever o objeto utilizando termos científicos (Figura 2). Este fato certamente deriva do contexto de aplicação da pesquisa, uma vez que os grupos pesquisados possuem algum grau de familiaridade com os temas propostos. Por isso, os resultados também devem levar em consideração de Pawels (2006) sobre o contexto de recepção. Aqui as experiências e expectativas do receptor estão condicionadas a um contexto educacional mais específico, que por si só já se encontra estratificado em quatro grupos: alunos do ensino médio, alunos do ensino superior, professores de biologia e professores de ciência.

**Figura 56** – Distribuição Percentual dos Níveis de Significação Identificados nas Leituras das Imagens Realizadas pelos Estudantes do Ensino Médio.



Assim, o espectro percorrido pelas leituras não obedeceu a um padrão. Por exemplo, apenas as leituras da Imagem 4 permearam os cinco níveis de significação estabelecidos (Figura 2).

A análise das leituras das imagens realizada neste estudo revela que os alunos não se envolvem em determinadas situações com a complexidade exigida pela leitura de imagens, ora se restringindo a meros aspectos descritivos, ora se fixando em questões morais. Na maioria das leituras analisadas o domínio científico foi mais explorado e poucas vezes se notou uma integração entre os três domínios e níveis de significação estabelecidos.

Por exemplo, na imagem 1 os alunos restringiram-se ao domínio descritivo científico. Neste caso, evidencia-se a necessidade do leitor em percorrer os diferentes domínios e níveis de significação para que de fato ocorresse um entendimento integral da imagem, em que fosse possível permear os diferentes campos de conhecimento que estão evidenciados na imagem em questão: o concreto (a imagem em si), o científico (desde a descrição dos processos elementares da constituição e função genômica, até a indicação de mecanismos

mais complexos de obtenção do material genético) e, finalmente o ético e valorativo, onde, a partir dos pressupostos dos níveis anteriores, fosse possível argumentar sobre o determinismo genético ou a necessidade de se conhecer características determinadas geneticamente, mas que ainda não se manifestaram.

Entretanto, não houve leituras que descrevesse a imagem denotativamente, mas foram significativas as leituras que exploraram de forma significativa o domínio científico. O que não ocorreu com as imagens 3, 5 e 6, onde houve uma maior concentração de discussão no domínio valorativo. Isto provavelmente se deve ao fato de que os temas “célula-tronco”, “testes de DNA” e “transgênico” são amplamente explorados pelos meios de comunicação de massa. Determinadas imagens, como a imagem 4, permitem uma maior facilidade para o leitor percorrer os domínios e níveis de significação estabelecidos.

Assim, apesar da ferramenta proposta, baseada na distribuição de domínios e níveis de significação ser um instrumento adequado para a análise imagética, é fundamental ponderar o apelo de certas imagens e sua capacidade de incitar uma leitura em determinado nível de significação como, por exemplo, a associação clara entre o tomate transgênico e o monstro. Dessa forma, deve-se considerar em que medida a falta de equilíbrio dos domínios e níveis de significação se dá por uma carência de repertórios de conhecimento do leitor ou pelos apelos da própria imagem.

Os conceitos metodológicos permitem decodificar os sentidos das imagens, possibilitando a apreensão dos elementos que constituem a mensagem. Entretanto, esta análise demonstra que as imagens ensejam leituras em níveis independentes, ou seja, os participantes não estabeleciam relações claras entre os domínios de significação. Estes se apresentam de maneira autônoma. Daí o desafio para o ensino de ciências ou biologia propiciar bases comuns para integrar aspectos valorativos, sociais, econômicos aos conceitos e procedimentos científicos estudados.

Em uma pesquisa sobre as dificuldades dos alunos ao lerem imagens científicas, Amentller e Pintó (2002), identificaram dois fatores necessários para que um elemento ou símbolo adquira importância significativa. O primeiro é que os estudantes tenham conhecimento científico suficiente, dentro de um contexto, para ler a imagem onde o significado do símbolo seja relevante. O

segundo fator é que o significado representado pelo símbolo deve ser enfatizado, seja através das legendas ou outro meio de destaque.

De forma semelhante, Martins e Gouvêa (2005), em uma análise sobre a leitura de imagens por alunos do ensino fundamental, identificaram uma diversidade de formas de engajamento com a imagem (afetivo, cognitivo, estético) e uma variedade de estratégias de leitura, que destacam o papel do conhecimento prévio, de experiências de leitura anteriores realizadas no ambiente escolar e de leitura que integram a informação verbal e contextualizam a imagem.

Tal constatação converge com as considerações de Trumbo (2006), para quem os fatores cognitivos e afetivos são fatores essenciais para a visualização científica, onde o potencial sensorial de uma representação está operando em uma variedade de níveis perceptivos. Por exemplo, uma animação gráfica de computador torna possível a criação de modelos de substâncias ou processos que têm qualidades tridimensionais, movimento, cor, assim como um alto nível de realismo, mas tais características não garantem sua correspondência com a ciência de fato pode ser estritamente conceitual, ou seja, não há construção direta dos conceitos a partir de uma imagem.

## 6.5 ANÁLISE COMPARATIVA VERBAL-VISUAL

### 6.5.1 Júri Simulado “Transgênicos”

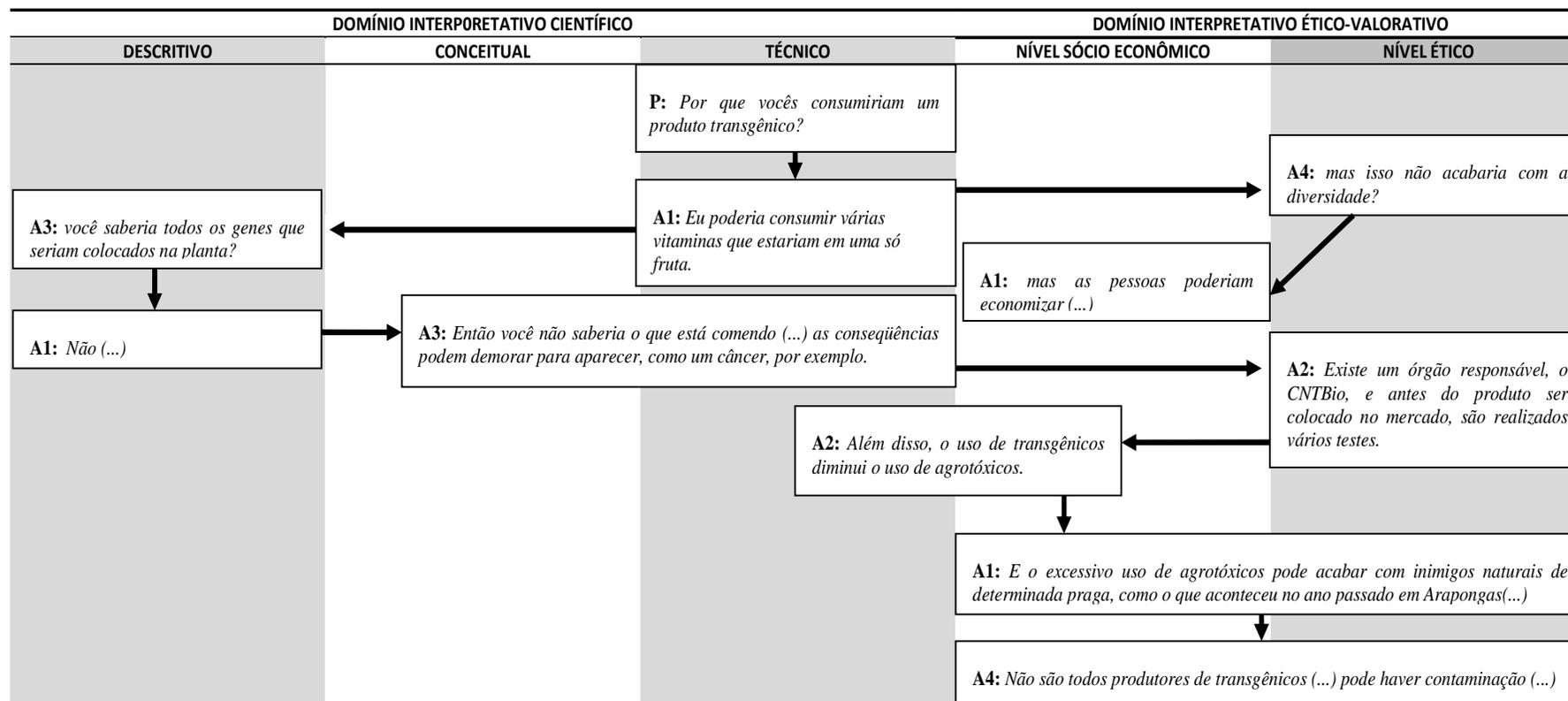
Os resultados foram apresentados na forma de quadros explicativos (Quadro 5 e 6), com o intuito de se melhor visualizar as relações estabelecidas pelos estudantes, entre os domínios e níveis de significação e os modos de representação conceitual.

Nesta etapa do trabalho apresenta-se a discussão oral somente do tema “transgênicos”, assim como, a triangulação comparativa entre este modo representacional e o modo imagético (mapa conceitual e leitura de imagens).

A análise isolada do episódio argumentativo (modo *verbal-oral*) demonstra a facilidade dos estudantes em “saltar” de um nível de significação para outro (Quadro 5). O diálogo estabelecido permite que a descrição de mecanismos científicos apoie os argumentos utilizados no nível socioeconômico e no nível ético-valorativo. Além disso, as discussões não se detêm em um exclusivo nível de

significação, mas podem estar atreladas entre diferentes níveis, como é observado nas últimas falas dos alunos A1 e A4 (Quadro 5).

Neste caso, torna-se fato que a *palavra* como signo, torna-se o principal agente de abstração e generalização, assumindo um papel central como mediadora na formação da consciência e na organização das ações, assim como na compreensão e na interpretação de conceitos por parte dos sujeitos (VYGOTSKY, 2000).



**QUADRO 5.** Níveis de Significação Identificados Durante as Atividades Desenvolvidas sobre o Tema *Transgênicos no Modo Representacional Verbal-Oral* (**A1:** Aluno 1; **A2:** Aluno 2; **A3:** Aluno3; **A4:** Aluno 4; **P:** Professor; as setas indicam a sequência das falas no episódio discursivo)

### 6.5.2 Triangulação e Discussão dos Resultados

A análise dos mapas conceituais construídos evidencia uma maior ênfase nas relações entre conceitos e mecanismos científicos inerentes à produção de um organismo geneticamente modificado. Entretanto, neste modo representacional, os mapas de conceitos construídos pelos estudantes A1 e A3 apresentam também relações conceituais entre os níveis de significação socioeconômico e ético-moral (Quadro 6).

Na prática de leitura de imagens, os participantes da pesquisa detiveram suas explicações entre o nível descritivo da imagem (macroscópico) e o nível ético-valorativo (Quadro 6). Houve explanação de questões referentes ao avanço científico, à preocupação com a produção e o consumo de produtos transgênicos. O estudante A3 também discutiu em seu texto a questão do transgênico e o mercado econômico. Vale ressaltar que não houve referência, nos textos analisados, a conceitos e símbolos científicos ou a mecanismos moleculares para a obtenção de um organismo geneticamente modificado (Quadro 6).

De forma geral, quando a *performance* de um estudante é analisada nos diferentes modos representacionais (leitura de imagem, construção do mapa de conceitos e discussão oral), há distinção na relação estabelecida entre os níveis de significação conceitual e, em alguns casos, parece que cada modo representacional privilegia de forma autônoma os diferentes níveis de significação estabelecidos: os alunos A1 e A4 exploram de maneira mais ampla o espectro científico e o nível socioeconômico no modo imagético de representação, mas mantêm-se entre os níveis socioeconômico e ético-valorativo, quando fazem uso de representações verbais (leitura de imagens e discussão oral) (Ver Quadro 5 e 6).

Já o aluno A2, no modo imagético (mapa conceitual) descreve de forma mais detalhada os mecanismos celulares e moleculares referentes à produção de um organismo geneticamente modificado e utiliza de forma satisfatória a linguagem científica para explicar tais mecanismos ou estruturas nos exemplos macroscópicos (Figura 4). Mas, assim como os estudantes A1 e A4, o aluno A2, nos modos representacionais verbais, detém a sua discussão nos níveis de significação socioeconômico e ético-valorativo (Quadro 5 e 6).

Essas observações levam a inferir que há dificuldade do estudante em perpassar os níveis de significação explorados nos diferentes modos representacionais, mas apoiam a constatação de que cada modo de representação explora melhor determinados níveis de significação do conceito. Como as representações que fazem uso de símbolos incluem elevados níveis de abstração, tem sido demonstrado (WU, 2001; KOZMA et al., 2000) que, para uma aprendizagem de determinados conceitos seja eficaz, é necessário que o aprendiz, em uma primeira instância, compreenda as próprias representações utilizadas e, em um segundo momento, seja capaz de representar o mesmo conceito em diferentes formas possíveis, como a gráfica e a verbal, por exemplo.

Considerando que uma matriz disciplinar transcende o plano teórico para um sistema de crenças, valores e generalizações simbólicas (MAYR, 2005, p. 174), a aprendizagem, especificamente no que diz respeito aos temas da biotecnologia, envolve a capacidade do aprendiz em relacionar os diferentes níveis de representação conceitual (macroscópico, microscópico e simbólico) com as questões socioeconômica, éticas e valorativas. Pode-se afirmar, portanto, que uma aprendizagem dita significativa exige que o aprendiz seja capaz de relacionar o conceito ou fenômeno em diversas representações e situações de resolução de problema ou contextos argumentativos.

Prestar atenção à construção do registro simbólico, enquanto se estimula o trânsito e o trabalho dos estudantes por diversos modos de representação para promoção dessa construção, é uma forma de patrocinar aproximações com as estruturas cognitivas individuais e contribuir para que a aprendizagem se torne não arbitrária e substantiva. Um exemplo é a observação de que o espectro de discussão alcançado pelo estudante A3 em seu mapa conceitual atingiu os três níveis de significação pré-estabelecidos e, apesar de ater-se a questões descritivas (macroscópicas) e de cunho socioeconômico no modo verbal-textual, no modo verbal-oral, o estudante retoma as questões ligadas ao nível de significação científico para embasar a construção de seus argumentos. Para este estudante é possível transladar entre os diferentes níveis de significação, ligando os diferentes modos representacionais do conceito.

O uso inicial de formas representacionais mais intuitivas parece ser uma estratégia efetiva para a promoção da aprendizagem significativa de conceitos, já que leva em conta, de forma sistemática, o conhecimento prévio do

aprendiz. Pode-se inferir, assim, que um estudante, que está engajado em discussões, enquanto utiliza conhecimentos prévios, é capaz de ligar aspectos visuais com aspectos conceituais e esta capacidade depende da compreensão conceitual e da compreensão representacional.

De fato, quando se fala em *substantividade* (AUSUBEL, 1968), está-se a referir, nos termos de Bakhtin (segundo VOLOSHINOV, 1992), à compreensão genuína e, com isso, podemos dizer que uma aprendizagem significativa é atingida quando o aprendiz consegue converter e expressar equivalência de significados entre distintos modos ou registros de representação, de tal forma que não permaneça dependente de um modo exclusivo de expressão (DUVAL, 2004; PRAIN; WALDRIP, 2006).

Este relacionamento se apresenta quando se passa a incorporar à estrutura cognitiva a *essência* do novo conhecimento, das novas ideias e não somente as palavras. Isso acontece quando o mesmo conceito ou proposição é capaz de ser expresso em múltiplas representações, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, análogos em termos de significado, não ficando os mesmos dependentes do uso particular de determinados signos (AUSUBEL *apud* MOREIRA, 1999).

Conforme já discutido, a construção de conceitos científicos acontece dentro de uma variedade de signos e o intercâmbio comunicativo do pensamento científico se dá por meio de uma multiplicidade de modos discursivos. Um exemplo é a unificação da biologia como ciência, que só ocorreu após a apropriação de signos e símbolos (derivados de outras ciências, como a física e química), necessários para a demonstração de hipóteses, compreensão de fenômenos ou na demonstração de modelos científicos (MAYR, 2005, p. 83).

Nesse sentido, estratégias de ensino de natureza multimodal propiciam um cenário para que as elaborações conceituais ou níveis de significação não discutidos possam se desenvolver. Com o uso de procedimentos multimodais torna-se possível controlar, discriminar, entender e superar as recalitrâncias ligadas à construção das unidades significantes próprias a cada registro científico, auxiliando o aprendiz a construir um discurso coerente, coordenado e integrado.

Assim, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa pode-se afirmar que um estudante aprendeu, no momento em que for capaz de converter e

expressar congruência, em termos de significados, entre distintas linguagens ou formas representativas e não permaneça dependente da exclusividade de um signo em particular para exprimir suas ideias (AUSUBEL, 1963; DUVAL, 2004).

Contudo, há trabalhos que indicam que muitas das estratégias utilizadas nas aulas de ciências não são capazes de desenvolver a capacidade de abstração nos alunos em relação aos conceitos científicos, porque não há o uso inicial de formas representacionais mais intuitivas e assimiláveis para o sujeito (LAHORE, 1993; GALAGOVSKY et al., 2003). Por isso é importante que o professor use diferentes sistemas semióticos como recurso de comunicação (LEMKE, 2003), a fim de possibilitar que os modos de comunicação já percorridos sejam repetidos, revistos, corrigidos, aprofundados, integrados e coordenados, favorecendo a superação de falhas conceituais, capacitando os estudantes a integrar os significados daquilo que está sendo comunicado. Segundo Vygotsky (1987, apud SIRGADO, 2000), no processo de desenvolvimento cognitivo, o ser humano vai reconstituindo internamente, aproxima-se do que já foi desenvolvido e passa a contribuir na criação de novos instrumentos e signos.

Esse processo de interiorização e apropriação é mediado por interações e intercomunicações sociais e, assim, cada linguagem, tanto em termos de seu léxico, como de sua estrutura, constitui-se como uma maneira singular de perceber a realidade.

Esse traço da comunicação humana e, em particular, da científica conduz à dedução de que um significado somente se vê preenchido por integração de um somatório de significados levados pelas várias formas comunicativas, sem deixar de considerar os já elaborados no passado. O significado de cada palavra se enriquece pelo acúmulo do encontro de diferentes contextos, pela intersecção de muitas afirmações e pela confluência de muitos discursos (VYGOTSKY, 1988).

Já em um sentido semiótico, Silveira (2007) lembra que os signos, cujo Interpretante é determinado por necessidade lógica, crescem indefinidamente e são genuinamente capazes de se auto-organizarem, representando, em constante crescimento a evolução, toda a classe de fenômenos: “[...] por esta razão, conferem a todo pensamento uma dimensão cósmica e assumem a forma de uma rede em infinita expansão”, no processo de semiose.

Como um mapa conceitual representa, de forma analógica, a rede de significados de determinado conceito ou sua representação e, nesse aspecto,

torna-se interessante salientar que é possível estabelecer níveis de interpretação, partindo do pressuposto do processo de *semiose* ou a dinâmica estabelecida em uma rede de significação.

Levando em conta, entretanto, que a *semiose* não se desenvolve de uma maneira linear e evolutiva; pelo contrário, ela se estabelece como um processo não linear cujo ponto de partida é incerto e de natureza probabilística (SANTAELLA, 1994; 1995), assim como ocorre em um mapa conceitual ou na leitura de imagem.

Neste trabalho, a proposta é que o aprendiz seja capaz de aumentar seu espectro de representar (e apresentar) o conceito científico através de diferentes domínios e níveis de significação. Considerando o ideal de que o conhecimento deva apresentar-se na forma de rede de conceitos, o que implica diferentes áreas do conhecimento, o aprendiz deveria, da mesma forma, ser capaz de representá-lo de tal forma.

Modo Representacional (ATIVIDADE)	Domínio Interpretativo Científico			Domínio Interpretativo Ético-Valorativo	
	Descritivo	Conceitual	Técnico	Nível Sócio Econômico	Nível Ético-Moral
CONSTRUÇÃO DE MAPA CONCEITUAL	<b>A1:</b> Significa retirar de um DNA um gen que é responsável por determinada característica (...)	<b>A1:</b> (...) e transferir para outro ser de outra espécie	<b>A1:</b> Intenção de rapidez e perfeição (qualidades) para os descendentes	<b>A1:</b> O melhoramento genético também está envolvido aos transgênicos	
	<b>A2:</b> Enzimas de restrição para cortar o DNA <b>A2:</b> O DNA é formado por timina, adenina, citosina, guanina e contém pontes de hidrogênio		<b>A2:</b> Normalmente é feito transgênico de vegetais		
	<b>A3:</b> Pega-se o gene de interesse e introduz em outra espécie		<b>A3:</b> Uso de um gen do vagalume foi colocado em um pé de fumo, que ficou iluminado	<b>A3:</b> É possível produzir uma variedade de soja resistente à pragas	<b>A3:</b> Dúvida quanto à segurança do uso de transgênicos
	<b>A4:</b> São feitos cortes no DNA com enzimas de restrição <b>A4:</b> Obtenção de DNA recombinante		<b>A4:</b> São produtos modificados geneticamente (soja, verduras)		
LEITURA DE IMAGEM			<b>A1:</b> é m tomate monstruosamente modificado (um transgênico)		<b>A1:</b> A ciência evoluiu muito, modifica um ser, sem sentido
			<b>A2:</b> a imagem mostra como seria um tomate geneticamente modificado		<b>A2:</b> mostra a preocupação da população com os OGM
			<b>A3:</b> é um tomate com a boca aberta e protestando	<b>A3:</b> os organismos geneticamente modificados vão tomar conta do mercado	
			<b>A4:</b> é um tomate clonado com outros OGM		<b>A4:</b> os transgênicos podem fazer mal à saúde

**QUADRO 6.** Níveis de Significação Identificados Durante as Atividades Desenvolvidas Sobre o Tema *Transgênicos*, nas atividades de construção de mapa conceitual e leitura da imagem 6 (**A1:** Aluno 1; **A2:** Aluno 2; **A3:** Aluno3; **A4:** Aluno 4)

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

**S**e uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é que as ideias presentes na estrutura cognitiva do sujeito possam servir como âncora para as ideias novas, torna-se extremamente importante conhecer tais ideias durante o processo de ensino e aprendizagem. Essa não é uma tarefa simples e, tampouco, é fácil para o professor privilegiar características inerentes ligadas a fatores internos e singulares presentes na estrutura cognitiva de cada indivíduo. Além disso, em um ambiente plural, como o da sala de aula, onde vários acontecimentos ocorrem simultaneamente, há a evidência de frequentes falhas de comunicação entre o professor e o aluno, o que acarreta, ainda, defasagens temporais entre o conhecimento dos aprendizes e o que se pretende ensinar.

Fica para o estudante o malabarismo da difícil tarefa de selecionar e unir informações num todo coerente e sintético para alcançar a compreensão de um conceito específico. Talvez seja essa uma das razões da tão frequente ação de memorização de conceitos, símbolos e operações, de forma arbitrária e sem substantividade pelos alunos (ELIA et al., 2007). Muitas das falhas conceituais, não percebidas, explicitadas ou superadas em sala de aula, só tardiamente são identificadas em avaliações formais.

Muitos professores entendem que falar de biotecnologia é falar apenas da genética moderna no que tange aos conceitos científicos e suas aplicações, no entanto, deve-se ressaltar que os professores têm a responsabilidade de explorar os conceitos relacionados à manipulação genética associados às questões éticas e sociais (LESLIE; SCHIBENCI, 2006). O ensino e a aprendizagem do tema “biotecnologia” envolvem problemas adjacentes que vão

desde o cotidiano, como os aspectos de saúde e consumo, até a discussão de valores no campo da ética, moral e religião, permeando ainda conceitos científicos elementares e a compreensão dos mecanismos de manipulação genética formando, assim, uma rede conceitual complexa. Devido à tal abrangência, o uso de modos múltiplos representativos constitui um recurso pedagógico promissor, já que permite uma discussão integrada entre as diferentes formas de abrangência dos campos do conhecimento que envolvem a temática.

A pesquisa aqui realizada evidencia que a capacidade dos alunos em relacionar conceitos científicos, representações simbólicas, inerentes aos mecanismos e processos biotecnológicos, além de questões valorativas e éticas que permeiam o tema, independe do modo representacional utilizado. Assim, adequar uma representação e sua forma de apresentação ao aluno significa procurar partir de representações mais próximas das dele, respeitando sua estrutura cognitiva, seus conhecimentos prévios presentes na estrutura mental.

A noção aqui proposta de *domínios de interpretação e níveis de significação* pressupõe a mesma dinâmica de movimentos sígnicos autogerativos ou semiose. Como o *significado* é um produto “fenomenológico” do processo de aprendizagem, precisamente no que se refere à mobilidade da cadeia sígnica, torna-se possível identificar domínios e níveis de significação ligados à construção de um determinado conceito, pois uma análise semiótica consiste em identificar as diferentes categorias de signos, suas especificidades e leis de organização dentro dos processos de significação particulares.

Justifica-se assim, o uso da teoria semiótica como metodologia de investigação da aprendizagem significativa. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa os subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados, com maior capacidade para fixar novas informações. Essa modificação e evolução dos subsunçores revela a convergência entre a rede de interpretantes e a teoria da aprendizagem significativa. Neste sentido, é possível correlacionar tal incompletude do signo, que o faz crescer em diversos outros interpretantes, à construção de significados e conceitos durante o processo de cognição.

Outro fator que deve ser destacado é que mesmo que os alunos percorram diferentes domínios de significação, o modo representacional pode privilegiar um ou outro elemento da trajetória de construção conceitual. Por exemplo, quando o aluno parte de um referencial imagético, o domínio descritivo

aparece com maior incidência. Já no modo verbal-oral este domínio descritivo sequer aparece, provavelmente porque o aluno não parte de um objeto material para discussão.

Por isso, um modelo educacional baseado nos princípios de uma aprendizagem significativa deve privilegiar tanto as diferentes formas de representar um conceito, como também os domínios e níveis de significação inerentes a tal. Havendo, para cada sujeito, um caminho particular para a construção do significado, um ensino multimodal é coerente com o princípio pedagógico que atenta para as necessidades e preferências individuais.

Quando se incentiva os estudantes a trabalharem com múltiplos modos de representação cria-se uma potencialidade de aproximação com sua estrutura cognitiva, considerando que uma determinada forma representativa pode ser mais eficaz para iniciar ou aprimorar um processo de elaboração das ideias de um aluno particular, auxiliando-o a ultrapassar um obstáculo conceitual ou a utilizar as representações oficiais mais abstratas, pois a história e as habilidades cognitivas são construídas por cada sujeito, no momento instrucional.

Compreender as dificuldades dos estudantes para interpretar diferentes representações e o que acontece quando não notam as similaridades entre elas, ou se tornam incapazes de coordená-las ou integrá-las, é um caminho ainda aberto à pesquisa. Também, torna-se necessário compreender os desafios que se colocam aos professores, quando estes encaram a tarefa de capacitar os seus alunos para que trabalhem diferentes representações em um processo de desenvolvimento conceitual significativo.

Neste trabalho, a partir do ponto de vista das reflexões elaboradas, enfatiza-se que a aprendizagem de novos conceitos não pode ser separada de como aprender a representá-los e nem do que significam essas representações. O estudo ressalta a viabilidade do instrumento proposto na possibilidade de compreender de forma mais completa como os conceitos científicos são ensinados e aprendidos, dentro de uma perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Conclui-se claramente que a semiótica apresenta-se como uma ferramenta fundamental para verificação de dificuldades, além da identificação de percursos da aprendizagem por meio de signos, do conceito de biotecnologia, convergindo ricamente com os pressupostos da aprendizagem significativa.

A passagem de um modo representacional para o outro pode apoiar a aprendizagem de um conceito científico. Contudo, este trabalho demonstra que além do eixo dos modos de representação, os movimentos entre os domínios e níveis de significação colocam-se como fundamentais para a consolidação de um conceito como uma realidade para os alunos, envolvendo tanto aspectos técnicos e científicos quanto os valores que permeiam sua vida e seu cotidiano.

# REFERÊNCIAS

AGUILAR TAMAYO, M. F. *El Mapa Conceptual y La Teoría Sociocultural*. In: CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D. (Eds.). Second Int. Conference on Concept Mapping, San José, Costa Rica, 2006.

\_\_\_\_\_. *Novak and Vygotsky and the Representation of the Scientific Concept*. In: CAÑAS, A. J.; REISKA, P.; AHLBERG, M.; NOVAK, J. D. (Eds.). Third Int. Conference on Concept Mapping, Tallinn, Estonia & Helsinki, Finland 2008.

AIKENHEAD, G. Cultural Assimilation In Science Classrooms: Border Crossings And Other Solutions. *Studies in Science Education*. 27: 1-52, 1986.

AINSWORTH, S. E. A functional taxonomy of multiple representations. *Computers and Education*. 22 (2/3): 131-152, 1999.

AMETLLER J.; PINTÓ R. Students' reading of innovative images of energy at secondary school level. *Int. J. Sci. Educ.*, 24 (3), 285-312 2002.

AMORETTI, M. S. M.; TAROUÇO, L. M. R. Mapas conceituais: modelagem colaborativa do conhecimento. *Informática na Educação: Teoria & Prática*, v.3, n.1, 2000.

ARANTES, O. M. N. *O que é preciso saber sobre clonagem e transgênicos*. São Paulo: Loyola, 2003.

ARAÚJO, U. F.; AQUINO, J. G. *Os direitos humanos na sala de aula: a ética como tema transversal*. São Paulo: Moderna, 2001.

ARAÚJO, I. L. *Do Signo Ao Discurso: Introdução À Filosofia Da Linguagem*. São Paulo: Parábola Editorial, 2004.

ARDAC, D.; AKAYGUN, S. Using Static and Dynamic Visuals to Represent Chemical Change at Molecular Level. *International Journal of Science Education*. Vol. 27, No. 11, p. 1269-1298, 2005.

AUSUBEL, D. P. *The Acquisition and Retention of Knowledge: a cognitive view*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2000.

\_\_\_\_\_. *Aquisição E Retenção De Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

\_\_\_\_\_; Novak, J.; Hanesian, H. *Psicologia Educacional*, Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.

AXT, M. Estudos Cognitivos: Mapeando Tendências. In: Silva, D. F.; Vieira, R. (Orgs.). *Ciências Cognitivas em Semiótica e Comunicação*. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1999.

AZEVÊDO, E. S. Terapia Gênica. *Bioética*. 5: 157-164, 1997.

AZNAR, M. M.; ORCAJO, T. I. Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27 (1): 101-121, 2005.

BAKKER, Arthur; HOFFMANN, Michael H. G. Diagrammatic reasoning as the basis for developing concepts: a semiotic analysis of students' learning about statistical distribution. *Educational Studies in Mathematics*. 60: 333-358, 2005.

BAKHTIN, M. Marxismo e filosofia da linguagem. São Paulo: Hucitec, 1997.

BARACHO, I. *A Estrutura Dos Processos Biológicos*. Campinas: Fábrica de Livros, 1997.

BARTHES, R. *Elementos de semiologia*. São Paulo: Cultrix. 1971.

\_\_\_\_\_. *O óbvio e o obtuso: ensaios críticos III*. Tradução de Léa Novaes. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1990.

BRANDNER, D. L. Detection of genetically modified food. Has your food has been genetically modified? *The American Biology Teacher*. 64 (6), 2002.

BEZEMER, J.; Kress, G. Writing in multimodal texts: a social semiotic account of designs for learning. *Written Communication*. 25: 166, 2008.

BLOWN, Eric; BRYCE, Tom G. K. Conceptual coherence revealed in multi-modal representations of astronomy knowledge. *International Journal of Science Education*. Vol. 32, N.1: 31-67, 2010.

BORÉM, A. Histórico da Biotecnologia. In: BORÉM, A. (Org.). *Biotecnologia E Meio Ambiente*. Viçosa, 2008.

\_\_\_\_\_; del Giúdice, M. P. Biodiversidade e Biotecnologia. In: BORÉM, A. (Org.). *Biotecnologia E Meio Ambiente*. Viçosa, 2008.

BRANDNER, D. L. Detection of genetically modified food. Has your food has been genetically modified? *The American Biology Teacher*. 64 (6): 433-442, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais: apresentação dos temas transversais, ética*. Brasília: MEC/SEF, 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BROUSSEAU, G. Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches em Didactique des Mathématiques*. 7: 33-116, 1986.

BRUNO, F. Fronteiras do Humano: Primeiras Considerações Sobre a Relação entre Pensamento e Tecnologia nas Ciências Cognitivas Contemporâneas. In: Silva, D. F.; Vieira, R. (Orgs.). *Ciências Cognitivas em Semiótica e Comunicação*. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1999.

CALDEIRA, A. M. A. Semiótica e a Relação Pensamento e Linguagem no Ensino de Ciências Na turais. *Tese de Livre Docência*. Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista, UNESP, Campus de Bauru. Bauru, 2005.

CALDEIRA, A. M. A.; MANECHINE, S. R. S. Apresentação E Representação De Fenômenos Biológicos A Partir De Um Canteiro De Plantas. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 12(2):.227-261, 2007.

CAÑAS, A. J.; FORD, K. M.; COFFEY, J.; REICHERZER, T.; SURI, N.; CARFF, R.; SHAMMA, D.; HILL, G.; HOLLINGER, M.; MITROVICH, T. (1999). *Herramientas para Construir y Compartir Modelos de Conocimiento*. In: 99 Workshop Internacional sobre Educação Virtual, Fortaleza, Brasil.

\_\_\_\_\_; HILL, G.; CARFF, R.; SURI, N.; LOTT, J.; ESKRIDGE, T.; ARROYO, M.; CARVAJAL, R (2004). *Cmaptools: a knowledge modeling and sharing environment. Concept Maps: Theory, Methodology, Technology 2004*. First International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Espanha.

CARLOS, E. F. Desafios E Perspectivas Da Biotecnologia. In: PÍPOLO, V. C.; GARCIA, J. E. (Eds.). *Biotecnologia Na Agricultura: Aplicações E Biossegurança*. Cascavel: COODETEC – Cooperativa Central De Pesquisa Agrícola, 2006.

CAUZINILLE-MARMECHE, E.; MEHEUT, M.; SÉRÉ, M. G.; WEIL-BARAIS, A. The Influence of *a priori* Ideas on the Experimental Approach. *Science Education*, 69(2): 201-211, 1985.

CHEN, S.; RAFFAN, J. Biotechnology: students' knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. *Journal of biological education*. 34 (1): 17-23, 1999.

COBLEY, P.; JANSZ, P. *Introducing Semiotics*. Cambridge: Icon Books, 1999.

COLIN, P.; VIENNOT, L. Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 313-332, 2002.

COLL, C.; ONRUBIA, J. A Construção De Significados Compartilhados em Sala de Aula: Atividade Conjunta e Dispositivos Semióticos no Controle e no Acompanhamento Mútuo Entre Professor e Alunos. In: COLL, C.; DEREK, E. *Ensino, Aprendizagem e Discurso em Sala de Aula: Aproximações ao Estudo do Discurso Educacional*. Porto Alegre: ArtMed. 1998. Trad. Beatriz Affonso Neves.

COSTA, S.; DINIZ, D. Clonagem, Mídia e Bioética. In: COSTA, S.; DINIZ, D. *Bioética: Ensaio*. Brasília: 2001.

COSTA, M. A. F.; COSTA, M. F. B.; LEITE, S. Q. M.; LIMA, M. C. A. B. A construção da biossegurança através de imagens: contribuições para o ensino de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, v.6, n.1, 2007.

DAWSON, V.; SCHIBECI, R. Western Australian School Students' Understanding Of Biotechnology. *International Journal of Science Education*. 25(1): 57–69, 2003.

DISESSA, A. Metarepresentation: Native Competence and Targets for Instruction. *Cognition and Instruction*. 22(3): 293-331, 2004.

DINIZ, D.; GUILHEM, D. *O que é Bioética*. São Paulo: Brasiliense, 2002.

DORI, Y. J.; TAL, R. T.; TSAUSHU, M. Teaching Biotechnology Through Case Studies – Can We Improve Higher Order Thinking Skills Of Nonscience Majors? *Science Education*. 87:767-793, 2003.

DUIT, R.; ROTH W. R.; KOMORED M.; WILBERS J. Conceptual change cum discourse analysis to understand cognition in a unit on chaotic systems: towards an integrative perspective on learning in science. *International Journal of Science Education*, 20 (9): 1059-1073, 1998.

\_\_\_\_\_; TREAGUST, D. F. Learning in Science – From Behaviourism Towards Social Constructivism and Beyond. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Eds.). *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 1998.

DURAN, B. J.; DUGAN, T.; WEEFFER, R. Language Minority Students in High School: The Role of Language in Learning Biology Concepts. *Science Education*, 82: 311-341, 1998.

DUVAL, R. *Semiosis y Pensamiento Humano: Registros Semióticos Y Aprendizajes Intelectuales*. Santiago Del Cali: Universidad Del Vale, Instituto De Educación Y Pedagogía, 2004.

\_\_\_\_\_. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131, 2006.

\_\_\_\_\_. Algunas cuestiones relativas a la argumentación. *International Newsletter on the Teaching and Learning of Mathematical Proof*. 1999.

\_\_\_\_\_. The Cognitive Analysis of Problems of Comprehension in the Learning of Mathematics. Disponível em: <[www.math.uncc.edu/~sae/dg3/duval.pdf](http://www.math.uncc.edu/~sae/dg3/duval.pdf)>. Acesso em: 04 maio 2011.

ECO, U. *Tratado Geral de Semiótica*. São Paulo: Perspectiva, 1976.

\_\_\_\_\_. *A estrutura ausente*. São Paulo: Perspectiva, 2001.

\_\_\_\_\_. *A teoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

\_\_\_\_\_. *O signo*. Lisboa: Editorial Presença, 2004 (6. ed.). Col. Universidade Hoje. Trad. M. Fátima Marinho.

EDWARDS, D; MERCER, N. *Common Knowledge: The development of understanding in the classroom*. London: Methuen, 1987.

ELIA, I.; PANAOURA, A.; ERACLEOUS, A.; GAGATISIS, A. Relations between secondary pupils' conceptions about functions and problem solving in different representations. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v.5, n.3, p. 533-556, 2007.

ELLINGHAM, H.; LANGTON, N. The Power Station Game. *Physics Education*. 10: 445-447, 1975.

FERREIRA, R. *Watson & Crick. A História Da Descoberta Da Estrutura Do DNA*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003.

FLORES, V. S.; TOBIN A. J. Genetically modified (GM) foods and teaching critical thinking. *The American Biology Teacher*. 65 (3): 180-184, 2003.

FLUSSER, V. *Filosofia da Caixa Preta: ensaios para uma futura filosofia da fotografia*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2002.

FREITAS, D. A Perspectiva Curricular Ciência Tecnologia e Sociedade – CTS – no Ensino de Ciência. In: Pavão, A. C.; Freitas, D. (Orgs.). *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*. São Carlos: Edufscar. 2008.

FRANCE, B. Biotechnology Teaching Models; What Is In Their Role In Technology Education? *International Journal of Science Education*. 22 (9): 1027-1039, 2000.

GALAGOVSKY, L. R.; MUÑOZ, J. C. La distancia entre aprender palabras y aprender conceptos: el entramado de palabras-concepto (EPC) como um nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de la Ciencia*, 20 (1): 29-45, 2002.

\_\_\_\_\_; RODRÍGUEZ, M. A.; STAMATI, N.; MORALES, L. F. Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos em la Enseñanza de Ciencias Naturales. Un Ejemplo para el Aprendizaje del Concepto de Reacción Química a Partir del Concepto de Mezcla. *Enseñanza de Las Ciencias*, n. 21, p. 107-121, 2003.

GARCIA, J. J. G.; Perales Palacios, F. J. ¿Cómo usan los profesores de Química las representaciones semióticas? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, n. 5, 2006.

GILBERT J. K.; BOULTER C. J. Learning Science Through Models and Modelling. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 1998.

GIORDAN, A., VECCHI, G. *As Origens do Saber: Das Concepções dos Aprendentes aos Conceitos Científicos*. 2. ed. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GIRALDI, P. M.; SOUZA, S. C. O funcionamento de analogias em textos didáticos de biologia: questões de linguagem. *Ciência e Ensino*, v.1, n.1, 2006.

GODINO, J. D. *Teoría de las funciones semióticas: un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*. Trabajo de Investigación presentado para optar a la Cátedra de Universidad de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada, 2003.

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.

GOUVEIA, A. A.; LABURÚ, C. E. A Aprendizagem Da Representação Dos Circuitos Elétricos Mediada Por Símbolos-Ponte. In: Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Científica, Atas V Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Científica, Abrapec. Bauru SP, p. 7, 2005.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. BARROS, A. B. (2007). Desenhos: uma estratégia pedagógica para explicitação das dificuldades conceituais no ensino de circuitos elétricos, *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Científica (VI ENPEC)*, ABRAPEC, Pôster, Atas VI ENPEC ISSN 978-85-99372-58-6., Florianópolis, SC.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Mental Models, Conceptual Models, And Modelling. *International Journal of Science Education*. 22(1): 1-11, 2000.

GRECO, A. *Células-Tronco, Uma Revolução Científica*. São Paulo: Oirã Editora BEI, 2008.

HOMENSHELL, L.; HANDM B.; STAKER, J. Promoting conceptual understanding of biotechnology: writing to a younger audience. *The American Biology Teacher*. 66 (5): 333-338, 2004.

HSU, P.; YANG, W. Print And Image Integration Of Science Texts And Reading Cpmprehension: A Systemic Functional Linguistics Perspective. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 5: 639-659, 2007.

IBAÑES-ORCAJO, M. T.; MARTÍNEZ-AZNAR, M. M. Solving Problems In Genetics, Part III, Change In The View Of The Nature Of Science. *International Journal of Science Education*. 29(6): 747-769, 2007.

IHMC. Institute for Human Machine Cognition, University of West Florida. Disponível em: <[www.cmap.ihmc.us](http://www.cmap.ihmc.us)>. Acesso em: 26 jul. 2009.

JAMES, CLIVE. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009. *ISAAA (International Service for the Acquisition of Agribiotech Applications) Brief No. 41*. ISAAA: Ithaca, NY, 2009.

JAVIER, p.; JIMÉNEZ, J. D.; Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias: análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3): 369-386, 2002.

JOLY, M. *Introdução à análise da imagem*. Tradução M. Appenzeller. Campinas: Papirus: 1996.

KEIG, P. F.; RUBBA, P. A. Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 30, n. 8, p. 883-903, 1993.

KLEIN, T. A. S. *O ensino de bioética por competências*. In: SIQUEIRA, J. E.; PROTA, L.; ZANCANARO, L. (Orgs.). *Bioética: estudo e reflexões 3*. Londrina: EDUEL, 2000.

KLEIN, A. *Imagens de culto e imagens da mídia: interferências midiáticas no cenário religioso*. Porto Alegre: Sulina, 2006.

KLOP, T.; SEVERIENS, S. An Exploration of Attitudes Towards Modern Biotechnology: A Study Among Dutch Secondary School Students. *International Journal of Science Education*. 29(5): 663-679, 2007.

KIDMAN, G. C. Asking Students – What Key Ideas Would Make Classroom Biology Interesting? *Teaching Science*, 54: 34-38, 2008.

\_\_\_\_\_. Attitudes And Interests Towards Biotechnology: The Mismatch Between Students And Teachers. *Eurasia Journal Of Mathematics Science And Technology*. 5(2): 135–143, 2009.

KIND, P.; JONES, K.; BARMBY, P. Developing Attitudes Towards Science Measures. *International Journal Of Science Education*. 29 (7): 871-893, 2007.

KOZMA, R. B.; RUSSELL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 34, p. 949-968, 1997.

\_\_\_\_\_; CHIN, E.; RUSSELL, J.; MARX, N. The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry instruction. *Journal of the Learning Sciences*, n. 9, n. 2, p. 105-143, 2000.

KRESS, G. *Before Writing: Rethinking The Paths To Literacy*. London: Routledge, 1997.

\_\_\_\_\_; OGBORN, J.; MARTINS, I. A Satellite View of Language: Some Textbooks? *Journal of Biological Education*, 33 (2), p. 87-94, 1999.

KRESS, G.; VAN LEEUWEN, T. *Reading Images: the grammar of visual design*. London: Routledge, 1996.

KREUZER, H.; MASSEY, A. *Engenharia Genética E Biotecnologia*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

KÜÇÜKÖZER, A. Evolution of the Students' Conceptual Understanding in the Case of a Teaching Sequence in Mechanics: Concept of Interaction. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. Vol.2, N.1, 2006.

KULKARNI, V. G. Role of Language in Science Education. In: FENSHAM, P. (Ed.). *Development And Dilemmas In Science Education*. London: The Falmer Press. New York: Philadelphia, 1995.

KUROWSKI, S.; REISS, R. Mendel Meets CSI: Forensic Genotyping As A Method To Teach Genetics And DNA Science. *The American Biology Teacher*. 69 (5): 280-286, 2007.

LABURÚ, C. E.; CaRvalho, M. Educação Científica: Controvérsias Construtivistas E Pluralismo Metodológico. Londrina: Eduel, Biblioteca Universitária, 2005.

LAHORE, A. A. Lenguaje Literal y Connotado en la Enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, n. 1, p. 59-62, 1993.

LAWSON, A. E. The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa? *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 185-199, 1988.

LEMKE, J. L. Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. In: MARTIN, J. R.; VEEL, R. (Eds.). *Reading Science*. London: Routledge, 1998.

\_\_\_\_\_. *Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions*, <<http://www-personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>>, 2003. Acesso em: 1 fev. 2007.

\_\_\_\_\_. Investigar para El Futuro de La Educación Científica: Nuevas Formas de Aprender, Nuevas Formas de Vivir. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol. 24, No. 2, pp. 5-12, 2006.

MATHEWSON, J. The Visual Core Of Science: Definition And Applications To Education *International Journal of Science Education*. 27 (5): 529-548, 2005.

LEMOS, E. S. O Aprender Da Biologia No Contexto Da Disciplina Embriologia De Um Curso De Licenciatura Em Ciências Biológicas. In: MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: Condições Para Ocorrência e Lacunas que Levam a Comprometimentos*. São Paulo: Vetor, 2008.

LEROI-GOURHAN, A. *O gesto e a palavra: técnica e linguagem*. Lisboa: Edições 70, s/d.

LESLIE, G.; SCHIBENCI, R. Teaching About Designer Babies And Genetically Modified Foods: Encouraging The Teaching Of Biotechnology In Secondary Schools. *The American Biology Teacher*. Online Publication, p. 98-103, Sept. 2006.

LEWIS, J. Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings in genetics. *International Journal of Science Education*, 26 (2): 195-206, 2004.

LEWONTIN, R. C. *A doutrina do DNA: Biologia Como Ideologia*. São Paulo: Editora Funpec, 2001.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. *Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

LYNCH, M. Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility. In: PAUWELS, L. (Ed.). *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. New England: Dartmouth College Press, p. 195-221, 2006b.

\_\_\_\_\_. The Production of Scientific Images: Vision and Re-Vision in the History, Philosophy and Sociology of Science. In: PAUWELS, L. (Ed.). *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. New England: Dartmouth College Press, p. 26-40, 2006a.

LYSAGHT, T.; ROSENBERGER III, P. J.; KERRIDGE, I. Australian Undergraduate Biotechnology Student Attitudes Towards The Teaching Of Ethics. *International Journal Of Science Education*. 28(10): 1225–1239, 2006.

MÁRQUEZ, C.; IZQUIERDO, M. Y ESPINETET, M. Comunicación Multimodal En La Clase De Ciencias: El Ciclo Del Agua. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 21, p. 371-386, 2003.

MARTINS, I. O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de ciências. Em: *Atas Do Encontro De Pesquisa Em Ensino De Ciências*, 1997, Águas De Lindóia (SP), 366-373.

\_\_\_\_\_; GOUVÊA, G. Analisando aspectos da leitura de imagens em livros didáticos de ciências por estudantes do ensino fundamental no Brasil. *Enseñanza de las ciencias*, número extra, 2005.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. PICCININI, C. Aprendendo com Imagens. *Ciência e Cultura*, 57(4), 38-40, 2005.

\_\_\_\_\_; OGBORN, J.; KRESS, G. Explicando uma Explicação. *Ensaio*, v.1, n.1, 1999.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: Condições Para Ocorrência e Lacunas que Levam a Comprometimentos*. São Paulo: Vetor, 2008.

MASON, R.; MORPHET, T.; PROSALENDIS, S. *Reading Scientific Images The Iconography of Evolution*. Cape Town: HSRC Press, 2006.

MAYER, R. E.; GALLINI, J. K. When is an illustration worth ten thousand words. *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715-726, 1990.

MAYR, E. *Biologia, Ciência Única: Reflexões Sobre A Autonomia De Uma Disciplina Científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MAZZOTTI, A. J. A.; GEWANDSZNAJDER, F. *O Método nas Ciências Naturais e Sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. São Paulo: Pioneira, 1996.

MCCONNELL, M. C. Teaching About Science, Technology And Society At The Secondary School Level In The United States. *Studies In Science Education*. 9: 1-32, 1982.

MCQUAIL, D. Mass Communication Theory: An Introduction. London: Sage Publications, 1983.

MERCER, N. As Perspectivas Socioculturais E O Estudo Do Discurso Em Sala De Aula. In: COLL, C.; DEREK, E. *Ensino, Aprendizagem e Discurso em Sala de Aula: Aproximações ao Estudo do Discurso Educacional*. Porto Alegre: ArtMed. 1998. Trad. Beatriz Affonso Neves.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. Analogias em livros didáticos de Química brasileiros destinados ao Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*. 5 (2), 2000.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

\_\_\_\_\_. Linguagem e Aprendizagem significativa. *Conferência de Encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa*. Maragogi, Alagoas, Brasil, 8 a 12 set. 2003.

\_\_\_\_\_. *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala De Aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_; BUCHWEITZ, B. *Novas Estratégias de Ensino e Aprendizagem*. Lisboa: Plátano, 1993.

\_\_\_\_\_; MASINI, E. *Aprendizagem Significativa - A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

\_\_\_\_\_; CABALLERO, C. Y Rodríguez Palmero, M. *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos, 2004.

*Nature Magazine*. n. 68 (Imagem Capa).

NÖTH, W. *Panorama da Semiótica no Século XX*. São Paulo: Annablume, 1995.

\_\_\_\_\_. *Panorama da Semiótica: de Platão a Pierce*. São Paulo: Annablume, 1998.

\_\_\_\_\_. Semiótica e Semiologia: os conceitos e as tradições. *Com Ciência*. Campinas, n. 74, 2006. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/?section=8&edicao=11&id=82>>. Acesso em: 19 maio 2008.

\_\_\_\_\_. *Charles Sanders Peirce*, Pathfinder in Linguistics. Disponível em: <[www.digitalpeirce.fee.unicamp.br/p-ling.htm](http://www.digitalpeirce.fee.unicamp.br/p-ling.htm)>. Acesso em: 21 out. 2007.

NOVAK, J. D.; CAÑAS A. J. (2006) *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them*, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01, Institute for

Human and Machine Cognition. Disponível em:  
<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em: 03 mar. 2005.

\_\_\_\_\_; GOWIN, D. B. *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press, 1984.

O'BYRNE, B. Knowing more than words can say: using multimodal assessment tools to excavate and construct knowledge about wolves. *International Journal of Science Education*, 31 (4): 523-539, 2009.

OLIVEIRA, A. J. S.; FALTAY, P. Breve Relato Da Política Da Divulgação Científica No Brasil. In: Pavão, A. C.; Freitas, D. (Orgs.). *Quanta Ciência há no Ensino de Ciências*. São Carlos: Edufscar. 2008.

OPITZ, J. M. O que é normal considerando no contexto da genetização da civilização ocidental? *Bioética*. 5: 131-143, 1997.

OTERO, M. R.; GRECA, I. M.; SILVEIRA, F. L. Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: un estudio comparativo. *Rev. Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), 2003.

\_\_\_\_\_; MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. El uso de imágenes en textos de física para La enseñanza secundaria y universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (2), 2002.

PACCA, J. L. A.; FUKUI, A.; BUENO, M. C. F.; COSTA, R. H. P.; VALÉRIOS, R. M.; MANCINI, S. Corrente Elétrica E Circuito Elétrico: Algumas Concepções Do Senso Comum. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, n. 20, p. 151-167, 2003.

PAIS, C. T. Semântica Cognitiva, Noêmica, Semântica Lexical e Semiótica das Culturas. In: SILVA, D. F.; VIEIRA, R. (Orgs.). *Ciências Cognitivas em Semiótica e Comunicação*. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1999.

PALMERO, Luz Rodríguez. Revisión bibliográfica relativa a la enseñanza de la biología y la investigación en el estudio de la célula. *Investigações em Ensino de Ciências*. 5 (3), 2000.

PANESE, F. The Accursed Part of Scientific Iconography. In: PAUWELS, L. (Ed.). *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. New England: Dartmouth College Press, 2006, p. 63-89.

PASSOS-BUENO, M. R. O Projeto Genoma Humano. *Bioética*. 5: 145-155, 1997.

PAUWELS, L. A Theoretical Framework for Assessing Visual Representational Practices in Knowledge Building and Science Communications. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. New England: Dartmouth College Press, 2006a, p. 1-25.

\_\_\_\_\_. Representing Moving Cultures: Expression, Multivocality, and Reflexivity in Anthropological and Sociological Filmmaking. In: PAUWELS, L. (Ed.). *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. New England: Dartmouth College Press, 2006b, p. 120-153.

PAVÃO, A. C.; FREITAS, D. *Quanta Ciência há no Ensino De Ciências*. São Carlos: Edufscar. 2008.

PEIRCE, C. S. *Collected Papers of Charles S. Peirce*. 8 vols. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press.

\_\_\_\_\_. *Semiótica*. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2005.

PERALES PALLACIOS, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 1, 13-30, 2006.

\_\_\_\_\_; JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones em la enseñanza-aprendizaje de las ciências. Analisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciências*, 20 (3), 369-386, 2002.

PEREIRA, L. V. *Seqüenciaram o genoma humano... E agora?* São Paulo: Moderna, 2001.

PESSINI, L.; Barchifontaine, C. P. Problemas atuais de Bioética. São Paulo: Loyola, 1997.

PESSOA, F. M. G. Bioética e direito penal: a questão dos transgênicos. *Conteúdo Jurídico*. Brasília-DF: 11 fev. 2009. Disponível em: <[http://www.conteudojuridico.com.br/?colunas&colunista=1888\\_Flavia\\_Pessoa&ver=213](http://www.conteudojuridico.com.br/?colunas&colunista=1888_Flavia_Pessoa&ver=213)>. Acesso em: 15 maio 2011.

PINTÓ, R.; AMETLLER, J. Students` difficulties in readings images. Comparing results from four national research groups, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 333-341, 2002.

PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science, *International Journal of Science Education*, 28, 15, 1843-1866, 2006.

PRESMEG, N. Semiotics and the "connections" standard: significance of semiotics for teachers of mathematics, *Educational Studies in Mathematics*. 61: 163-182, 2006.

PROKOP, P.; LEŠKOVÁ, A.; KUBIATKO, M.; DIRAN, C. Slovakian Students' Knowledge of and Attitudes Toward Biotechnology. *International Journal of Science Education*. 29(7): 895-907, 2007.

QUEIROZ, J. Sobre a Síntese de Sistemas e Criaturas Semióticas. In: QUEIROZ, J.; LOULA, A.; GUDWIN, R. (Orgs.). *Computação, Cognição, Semiose*. Salvador: EDUFBA, 2007.

REID, N. Thoughts on Attitude Measurement. *Research in Science & Technological Education*. 24 (1): 3-27, 2006.

Revista *Ciência Hoje*. São Paulo: Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência (SBPC), n.29, v.169, 2001 (Imagem Capa).

Revista *Época*. São Paulo: Globo, n. 570, 2009 (Imagem Capa).

Revista *Super Interessante*. São Paulo: Abril, n.11, v.11, 1997 (Imagem Capa).

Revista *Veja*. São Paulo: Abril, n.38, v.47, 2005 (Imagem Capa).

ROTH, W.-M.; BOWEN, G. M. Knowing and Interacting: A Study of Culture, Practices, and Resources in a Grade 8 Open-Inquiry Science Classroom Guided by a Cognitive Apprenticeship Metaphor. *Cognition and Instruction*. 13: 73-128, 1995.

\_\_\_\_\_; ROYCHOUDHURY, A. The Concept Map as a Tool for the Collaborative Construction of Knowledge: A Microanalysis of High School Physics Students. *Journal of Research in Science Teaching*. 30: 503-534, 1993.

RUSSEL, T.; MCGUIGAM, L. Promoting Understanding Through Representational Redescription: An Illustration Referring to Young Pupils' Ideas About Gravity. In: D. PSILLOS; P. KARIOTOGLOU; V. TSELFES; G. BISDIKIAN; G. FASSOULOPOULOS; E. HATZIKRANIOTIS; E. KAKKERY (Eds.). *Science Education Research in the Knowledge-Based Society. Proceedings of the Third International Conference of the ESERA* (pp. 600-602). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki, 2001.

SÁEZ, M. J.; NIÑO, A. G.; CARRETERO, A. Matching Society Values: Students' Views Of Biotechnology. *International Journal Of Science Education*. 30 (2): 167-183, 2008.

SALZANO, F. M. *DNA e eu com isso?* São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

\_\_\_\_\_. *Genética e Ambiente*. *Bioética* 1997:5 165-172.

SANTAELLA, L. *A Teoria Geral Dos Signos. Como As Linguagens Significam As Coisas*. São Paulo: Editora Pioneira, 2000.

\_\_\_\_\_. *O que é Semiótica*. São Paulo: Brasiliense, 2005.

\_\_\_\_\_. *A Teoria Geral Dos Signos: Semiose E Autogeração*. São Paulo: Ática, 1994.

\_\_\_\_\_. *Semiótica Aplicada*. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

\_\_\_\_\_; Nöth, W. *Imagem, Cognição, Semiótica, Mídia*. São Paulo: Iluminuras, 2005.

SANTOS, M. E. *A Cidadania Na "Voz" Dos Manuais Escolares*. Lisboa: Livros Horizonte, 2001.

SAUSSURE, F. *Curso de Linguística Geral*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.

SEEGER, F. Beyond the Dichotomies Semiotics in Mathematics Education Research. *ZDM*, vol. 36 (6), 2004.

SHAH, P.; HOFFNER, J. Review Of Graph Comprehension Research: Implication For Instruction: Education. *Psychology Review*, n. 14, p. 47-69, 2002.

SHAPIRO, B.; KIRBY, D. An Approach to Consider the Semiotic Messages of School Science Learning Culture. *Journal of Science Teacher Education*. 9(3): 221-240, 1989.

SILVA, D. F.; VIEIRA, R. (Orgs.). *Ciências Cognitivas em Semiótica e Comunicação*. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1999.

SILVEIRA, L. F. B. Pensar é Estar em Pensamento. In: SILVA, D. F.; VIEIRA, R. (Orgs.). *Ciências Cognitivas em Semiótica e Comunicação*. São Leopoldo: Editora UNISINOS, 1999.

\_\_\_\_\_. *Curso de Semiótica Geral*. São Paulo: Quartier Latin, 2007.

SIMONEAUX, L. A Study Of Pupils' Conceptions And Reasoning In Connection With "Microbes" As A Contribution To Research In Biotechnology Education. *International Journal of Science Education*. 22(6): 619-644, 2000.

SIRGADO, A. P. O conceito de mediação semiótica em Vygotsky e seu papel na explicação do psiquismo humano. *Cadernos Cedes: Pensamento e Linguagem – Estudos Na Perspectiva Da Psicologia Soviética*, ano XX, n. 24, 2000.

SOLOMON, J. The Dilemma of Science, Technology and Society Education. In: FENSHAM, P. (Ed.). *Development And Dilemmas In Science Education*. London: The Falmer Press. New York: Philadelphia, 1995.

SLOVIC, P. Perception of risk. *Science*. 236 (4799): 280-285, 1987.

STYLIANIDOU, F.; ORMEROD, F.; OGBORN, J. Analysis of science textbook pictures about energy and pupils' readings of them, *International Journal of Science Education*, 24, 3, 257-283, 2002.

SUTTON, C. New Perspective on Language in Science. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Eds.) *International Handbook of Science Education*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 27-38.

TIENNE, A. D. Aprendizagem Qua Semiose. In: QUEIROZ, J.; LOULA, A.; GUDWIN, R. (Orgs.). *Computação, Cognição, Semiose*. Salvador: EDUFBA, 2007.

TRUMBO, J. Making Science Visible: Visual Literacy in Science Communication. In: PAUWELS, L. (Ed.). *Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. New England: Dartmouth College Press, p. 266-284, 2006.

TYTLER, R.; PETERSON, S.; PRAIN, V. Picturing evaporation: learning science literacy through a particle representation. *Teaching Science*, 52(1), 12-17, 2006.

\_\_\_\_\_; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation, *Research Science Teaching*, 37, 313-331, 2007.

VERHOEFF, R. P.; WAARLO, A. V.; BOERSMA, K. T. Systems modeling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education*, 30 (4): 543-568, 2008.

VILAS-BÔAS, L. A.; VILAS-BÔAS, G. T. Genômica: Desvendando Os Genomas. In: Pípolo, V. C.; Garcia, J. E. (Eds.). *Biotecnologia Na Agricultura: Aplicações E Biossegurança*. Cascavel: COODETEC – Cooperativa Central De Pesquisa Agrícola, 2006.

VOLOSHINOV, V. N. *Marxismo e filosofia da linguagem*, São Paulo, Hucitec, 1992.

VYGOTSKY, L. *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

\_\_\_\_\_. *A Formação Social Da Mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning Junior Secondary Science Through Multi-Modal Representations. *Electronic Journal of Science Education*. 11(1), 2006.

WATTERS, D. J.; WATTERS J. J. Approaches to learning by students in the biological sciences: implications for teaching. *International Journal of Science Education*, 29 (1): 19-43, 2007.

WATSON, J. D.; CRICK, F. H. C. A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid. *Nature*. 171, 737, 1953.

WATSON, J. D.; BERRY, A. *DNA: O Segredo da Vida*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

WERTSCH, J. V. *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991.

WOOD-ROBINSON, C.; LEWIS, J.; LEACH, J.; Driver R. Genética y Formación Científica: Resultados de un Proyecto de Investigación y sus Implicaciones sobre los Programas Escolares y la Enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias*. 16(1): 43-61, 1998.

WU, H. Linking the Microscopic View of Chemistry to Real-Life Experiences: Intertextuality in a High-School Science Classroom. *Science Education*. 87: 868-891, 2003.

\_\_\_\_\_; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting Understanding of Chemical Representations: Students' Use of a Visualization Tool in the Classroom. *Journal of Research in Science Teaching*. 38 (7): 821-842, 2001.

**ANEXO**

# ANEXO 1

## TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

A pesquisa "O Ensino de Biotecnologia", sob minha responsabilidade, tem por objetivo obter informações relativas estratégias e o ensino do tema da biotecnologia na escola de nível médio e fundamental de ensino.

Estou interessada em esclarecer como o aluno constrói o conhecimento deste tema e propor recursos e estratégias de ensino para o professor. Tal pesquisa faz parte da minha tese de doutorado que está sendo desenvolvida nesta instituição. Para tanto, agradeço sua colaboração. Suas respostas serão mantidas em sigilo e não serão usadas para fins de avaliação, apenas para fins de produção acadêmica e para subsidiar ações futuras.

A análise das respostas será realizada com os cuidados devidos para que não ocorram riscos quanto à identificação dos participantes. Agradeço sua disposição em contribuir a realização do presente trabalho.

Profa. Tania Aparecida da Silva Klein  
Departamento de Biologia Geral  
Universidade Estadual de Londrina

CONTATO: (43) 33714417

.....

CONCORDO COM MINHA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA “ENSINO DE BIOTECNOLOGIA” E AUTORIZO O USO DAS MINHAS RESPOSTAS, COM A GARANTIA DE ANONIMATO.

LONDRINA, \_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_ DE 2009.

NOME: \_\_\_\_\_

RG \_\_\_\_\_