



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA ROBERTO ALCANTARA GOMES**  
**DEPARTAMENTO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA**

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:  
SITUAÇÃO DE ALUNOS DE ESCOLAS ESTADUAIS DO RIO DE JANEIRO COM  
RELAÇÃO A CONCEITOS DE BIOLOGIA MOLECULAR**

**Daniel Alves Escodino**

Rio de Janeiro

2011



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE BIOLOGIA ROBERTO ALCANTARA GOMES**  
**DEPARTAMENTO DE ENSINO DE CIÊNCIAS E BIOLOGIA**

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA:  
SITUAÇÃO DE ALUNOS DE ESCOLAS ESTADUAIS DO RIO DE JANEIRO COM  
RELAÇÃO A CONCEITOS DE BIOLOGIA MOLECULAR**

**Daniel Alves Escodino**

**Orientadora: Dr<sup>a</sup> Andréa Carla de Souza Góes**  
Departamento de Ensino de Ciências e Biologia (DECB)- UERJ

Rio de Janeiro

2011

## FICHA CATALOGRÁFICA

E47 Escodino, Daniel Alves

Alfabetização científica e aprendizagem significativa: situação de alunos de escolas estaduais do rio de janeiro com relação à conceitos de biologia molecular. Rio de Janeiro, 2011.

65 f.

Orientadora: Andréa Carla de Souza Góes

Monografia (Graduação) apresentada à Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

1. Biologia Molecular. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Alfabetização Científica. 4. Ensino de Biologia.

CDU 576.3

Dedico este trabalho a minha mãe, Rosângela Alves Escodino, que sempre me fez acreditar que eu era grande como um gigante, que posso dar passos maiores que minhas próprias pernas. Mãe, sinto a sua falta.

## AGRADECIMENTO

A minha mãe, a personificação dos meus sonhos, o contínuo de mim mesmo, a falta. Dedico a ela esse trabalho e tudo mais que puder.

A minha irmã, Damaris Alves Escodino, cuja presença ao longo desses anos tem sido um deleite inexplicável e a quem devo o trabalho de uma vida.

Ao meu pai. Desde que eu era pequeno, me ensinou a importância do conhecimento, me acompanhava em debates eternos, e me ensinou o que é ser ético.

Ao meu tio, e melhor amigo, Jarilson José Nunes Gomes, por ser o fomentador do meu conhecimento, por estar ao meu lado em todos os momentos, e por ser o melhor amigo que eu poderia ter.

A minha tia, Marilene Escodine Gomes, por ter me apoiado, e ter me proporcionado um lar, quando eu achei que não mais o teria. Tia, nunca serei capaz de te agradecer o suficiente.

Aos meus sobrinhos, Caio Henrique e Sophia Gomes, que em tudo me inspiram. Tenho certeza que serão grandes em suas conquistas.

Ao meu irmão David Soares Escodino Junior, por ter me ajudado durante toda a faculdade e sem o qual eu não teria conseguido terminar essa etapa.

A minha avó, Joana Escodine, que sempre torceu por mim, e que mesmo sem saber direito do que eu falava, enquanto explicava vias bioquímicas complexas, me fazia acreditar que era tudo tão importante pra ela quanto pra mim.

Aos meus amigos, Yuri, Nathalia Ramos, Beatriz e Bruna Lotufo. A faculdade com vocês foi a melhor das possíveis.

A minha amiga Thaís Pármera, por ter sido minha família, por ter estado ao meu lado mesmo quando eu não estive ao seu. E por razões infundáveis.

A minha amiga Nathália Costa, por ter sido aquela que me acompanhou desde o primeiro dia até este último. Sua amizade é um tesouro pra mim.

Aos meus professores, especialmente, Rosalina, Lucienne, Andréa Góes, Andréa Espinola, inspiração para esse trabalho.

A André de Souza Mecawi, profundo conhecedor dos mistérios do estrógeno! Suas contribuições estão patentes nesse trabalho, mas se estendem para além dele.

“– La ventura va guiando nuestras cosas mejor de lo que acertáramos a desear; porque ve allí, amigo Sancho Panza, donde se descubren treinta o pocos más desaforados gigantes, con quien pienso hacer batalla y quitarles a todos las vidas, con cuyos despojos comenzaremos a enriquecer, que esta es buena guerra, y es gran servicio de Dios quitar tan mala simiente de sobre la faz de la tierra.

– Que gigantes? – dijo Sancho Panza.”

*Miguel de Cervantes Saavedra*

## RESUMO

A Biologia Molecular (BM) vem se desenvolvendo rapidamente, como importante ferramenta, ao longo do último século. Hoje em dia, é impossível pensar em um campo da Biologia que não a envolva. No entanto, muitas críticas vêm sendo feitas à distribuição do conhecimento na área de BM. Dentro desse contexto, surge um importante debate sobre a alfabetização científica de alunos do ensino médio com relação ao tema Biologia Molecular.

O objetivo desse trabalho é avaliar, considerando temas relacionados à BM, em que nível de alfabetização científica estão os alunos das escolas estaduais Colegio Estadual Jeannette Mannarino, Colegio Estadual Prof. Fernando Antônio Raja Gaba Gliau e Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira.

Para fazer isso, aplicamos questionários semi-fechados divididos em grupos, conforme os níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual, Procedimental e Multidimensional.

Além disso, buscamos observar se esses alunos já experimentaram aprendizagem significativa. Para isso, pedimos que os mesmos elaborassem mapas conceituais utilizando conceitos de BM.

Por fim, tentamos avaliar se o uso de materiais didáticos alternativos e de aulas que consideram o processo de aprendizagem significativa teria efeito sobre a apropriação de novos conceitos. Para isso, preparamos aulas sobre o tema Biologia Molecular, para alunos das três escolas, considerando os mapas conceituais montados por eles. Ministramos essas aulas e avaliamos, através de uma segunda montagem de mapas conceituais, o efeito das aulas.

Observamos que a maior parte dos alunos está no nível Funcional de alfabetização. No entanto, muitos alunos do Instituto de Aplicação encontram-se em níveis mais elevados, como o Conceitual e Procedimental, de alfabetização.

Constatamos que a maior parte dos alunos não havia experimentado aprendizagem significativa e que o uso de materiais didáticos e a elaboração de propostas que considerem a estrutura cognitiva dos alunos teve um efeito relevante sobre a apropriação de uma quantidade importante de conceitos.

**Palavras-chave:** Biologia Molecular, Aprendizagem Significativa, Alfabetização Científica, Ensino de Biologia.

## ABSTRACT

Molecular Biology (MB) has been quickly developing, as an important tool, through the last century. Nowadays, it is virtually impossible to think about one of Biology's field which is not related to it. However, several criticism have been made about the distribution of the knowledge in the MB area. In this scenario, an important debate emerges about Molecular Biology scientific literacy for high school students.

This work's goal is to determine the level of MB scientific literacy of the students from the schools Colegio Estadual Jeannette Mannarino, Colegio Estadual Prof. Fernando Antônio Raja Gaba Gliau and Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira.

In order to look that, we applied semi-closed questionnaires specific to the scientific literacy levels: Nominal, Functional, Conceptual, Procedural and Multidimensional.

Besides, we have asked them to elaborate conceptual maps with MB concepts in order to observe if they have experienced meaningful learning.

Finally, we tried to evaluate if the employing of alternative didactics material, which consider meaningful learning process, would have any effect over the appropriation of new concepts. To do this, we've prepared Molecular Biology classes, for students of the three schools, considering their conceptual maps. We evaluated, through a second maps elaboration, the effect of the classes.

We observed that most students are located at Functional literacy level. Nonetheless, several students from Instituto de Aplicação were also located at higher levels, as the Conceptual and Procedural.

We found that most students have not experienced meaningful learning and that the employment of didactic material and elaboration of proposals which consider the cognitive structure of the students had a relevant effect over the appropriation of significative amounts of concepts.

**Keywords:** Molecular Biology, Meaningful Learning, Scientifically Literacy, Biology Teaching.



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1.....	Pág 16
GRÁFICO 2.....	Pág 21
GRÁFICO 3.....	Pág 27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 Um breve histórico da Biologia Molecular .....	1
1.2 O Ensino de Biologia Molecular.....	4
1.3 Aprendizagem Significativa e Alfabetização Científica .....	7
<b>2 OBJETIVO</b> .....	10
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	10
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	14
4.1 Colegio AR.....	15
4.1.1 Mapas Conceituais .....	15
4.1.2 Teste de Alfabetização Científica .....	16
4.2 Colegio JM.....	20
4.2.1 Mapas Conceituais .....	20
4.2.2 Teste de Alfabetização Científica .....	21
4.3 CAp.....	25
4.3.1 Mapas Conceituais .....	25
4.3.2 Teste de Alfabetização Científica .....	26
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	34
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36
<b>ANEXOS</b> .....	43

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 Um breve histórico da Biologia Molecular

Os estudos sobre a hereditariedade remontam a tempos remotos, no entanto, as bases das técnicas modernas da Biologia Molecular foram lançadas somente em 1865, com os estudos sobre herança de Gregor Mendel. Por isso, a Biologia Molecular é uma área relativamente nova das Ciências Biológicas.

A partir da análise dos estudos de Mendel, no século XX, observou-se um rápido desenvolvimento daquela que viria a ser conhecida como a ciência deste século: a Biologia Molecular (OSADA e COSTA, 2006).

Em 1903, os cromossomos são apontados como sendo os responsáveis pela herança biológica e, em 1905, William Bateson cita o termo “genética” pela primeira vez, em uma carta a Adam Sedgwick (SUTTON, 1903). Em 1908, a lei de Hardy-Weinberg é publicada (HARDY, 1908; WEINBERG, 1908) e a genética ganha importância em estudos populacionais e evolutivos, o que sem dúvida representou uma revolução no desenvolvimento dessa área de conhecimento.

Já em 1910, Thomas Hunt Morgan mostra que os chamados genes se encontram em estruturas denominadas cromossomos, os quais há apenas pouco tempo haviam sido descritos (MORGAN, 1910). Em 1913, em artigo de autoria de Alfred Sturtevant, foi apresentado pela primeira vez um mapa físico dos cromossomos (STURTEVANT, 1913) e cinco anos depois, Ronald Fisher publica “*On the correlation between relatives on the supposition of Mendelian inheritance – the modern synthesis of genetics and evolutionary biology starts*” (FISHER, 1918). Esse estudo deu a seu autor o título de sucessor moderno de Darwin e complementou a teoria da evolução descrita por Darwin no século anterior, fundamentando o chamado Neo-Darwinismo.

Em 1928, Griffith mostra em seus experimentos com diferentes cepas de bactérias um fenômeno chamado transformação, que consiste na capacidade das bactérias de apresentar características de outras bactérias quando entram em contato entre si (GRIFFITH, 1928). Esse experimento lançou bases para que, em

1944, surgisse o estudo que mostrava que o elemento transformante transferido pelas bactérias durante o processo é lisado pela enzima desoxirribonuclease, provando que é o DNA que contem o código genético tão citado por outros cientistas naquele mesmo século (AVERY e McCARTY, 1944). Até hoje esse experimento é considerado revolucionário e uma transição real entre os estudos da genética e o surgimento da Biologia Molecular.

Em 1941, George Beadle e Edward Tatum relacionam, pela primeira vez, a estrutura conhecida como gene a uma única proteína. Assim, o famoso conceito de “um gene, uma proteína” é enunciado (BEADLE e TATUM, 1941). E finalmente, em 1953, James Watson e Francis Crick elaboram o modelo para descrever a estrutura da molécula de DNA (WATSON e CRICK, 1953).

Desde então, inúmeros estudos nessa área vem sendo publicados todos os anos. Hoje em dia, é impossível restringir a Biologia Molecular à apenas uma área de estudo, ela acabou se tornando uma ferramenta que auxilia estudos de taxonomia, farmacologia, imunologia, evolução, ecologia e muitas outras áreas, tornando-se, sem dúvida, a ferramenta mais amplamente utilizada por cientistas das áreas biológicas e afins nas últimas duas décadas (CARVALHEIRO, 2002).

Uma área de conhecimento que sofreu uma grande revolução graças ao surgimento da Biologia Molecular foi a Sistemática. Estudos de sistemática vegetal que tentam remontar linhagens evolutivas analisam características morfológicas, como a presença ou ausência de determinadas estruturas (sementes, hipanto, ornamentação do pólen), assim como o tamanho e peso dessas estruturas (DONOGHUE, 1980). No entanto, existe a possibilidade do aparecimento da mesma estrutura, independentemente, em duas linhagens evolutivas diferentes, os chamados: “caracteres análogos” (DOYLE, 1986). Desta forma, a Biologia Molecular surge como uma ferramenta precisa para a determinação de espécies com características fenotípicas bastante similares. Ajudando a determinar se certos caracteres podem, ou não, ser considerados análogos.

Outra área muito afetada pelo surgimento da Biologia Molecular é a antropologia. Cientistas têm conseguido isolar marcadores moleculares, a partir de fósseis de linhagens arcaicas de seres humanos, que remontam o período cenozóico, para tentar esclarecer, dentre outras coisas, a relação entre os grupos que colonizaram as Américas e os grupos ancestrais que habitaram a África, ou

ainda, há quanto tempo a América é habitada por essas linhagens ancestrais (FAGUNDES, 2007).

Hoje em dia, técnicas empregadas pela Biologia Molecular para silenciamento de alguns genes, já são utilizadas como importantes instrumentos para desenvolvimento de terapias (FRIEDMANN e ROBLIN, 1972). A terapia gênica, como ficou conhecida, tem sido responsável pela mudança de perspectivas com relação ao tratamento de doenças que há muito intrigavam pesquisadores, como o mal de Parkinson. Um estudo recente aponta que o uso de terapias gênicas no tratamento do mal de Parkinson pode ser um novo caminho para ajudar pacientes da doença a ter melhor qualidade de vida (LEWITT *et al*, 2011). Isso corrobora o papel terapêutico da Biologia Molecular no próximo século: ser utilizado como ferramenta, principalmente para tratamento de doenças que ainda permanecem sem cura (RABINO, 2003).

Também podemos falar sobre a Biologia Molecular como ferramenta terapêutica pela sua contribuição em diagnósticos de diversos tipos de doenças. Sabe-se que uma das principais armas contra o tumor hipofisário, por exemplo, é o diagnóstico precoce. Exames de imagem (como tomografias) não são eficientes para identificar surgimento de tumores muito pequenos, por isso esse é um tipo de câncer associado a altos níveis de mortalidade (ZHANG *et al*, 1999). Agora, com o uso de sondas de DNA, que buscam genes, já conhecidos, relacionados ao desenvolvimento de tumor na hipófise, é possível identificar pacientes que possivelmente estão desenvolvendo o câncer, mesmo que ainda não haja manifestações visíveis (detectáveis em outros exames) dessa doença. Graças à nova aplicação dessa técnica de Biologia Molecular, um novo enfoque é apresentado por pesquisadores da área de oncologia: a prevenção. E, talvez, esse seja o caminho para a redução das taxas de mortalidade devido a esse tipo de neoplasia (ZHANG *et al*, 1999).

A Biologia Molecular também teve grande impacto sobre a ecologia de populações. Sabe-se que existe um fluxo gênico entre indivíduos da mesma população, o qual é expresso na proporção de determinados alelos, proporcionando o perfil de uma população. Através de técnicas de Biologia Molecular, tem sido possível traçar o perfil de diversas populações, como as do camarão *Xiphopenaeus kroyeri* (VOLOCH e SOLÉ-CAVA, 2005). Estudos recentes demonstraram que, ao longo da costa brasileira, existem duas

subpopulações desse camarão, o que não era possível de se verificar baseado apenas no perfil morfológico daquela grande população. A consequência da existência de duas subpopulações na costa brasileira é que o perfil de uma população acabou derivando de um período reprodutivo diferente, em julho para uma população, em setembro para outra. Os órgãos que controlam a pesca de camarões estabeleceram período de defesa somente para setembro, o que tem levado a primeira subpopulação a grande risco de extinção (VOLOCH e SOLÉ-CAVA, 2005).

## 1.2 O Ensino de Biologia Molecular

Os resultados de estudos com uso de ferramentas de Biologia Molecular figuram no dia a dia de qualquer cidadão comum do Brasil e do Rio de Janeiro.

Um exemplo clássico é a produção de alimentos transgênicos que são comprados todos os dias em mercados pelo Brasil afora. No entanto, muitas pessoas não fazem ideia das tecnologias empregadas para o desenvolvimento desse tipo de alimento.

Em seus estudos, Pedrancini constata um estado de analfabetismo tecnológico basal em alunos de escolas públicas do Paraná com relação às ferramentas utilizadas para a produção de transgênicos (PEDRANCINI *et al*, 2007). A crítica que se faz é a pouca difusão do conhecimento produzido nos centros intelectuais brasileiros à população.

No ano 2000, um grupo de pesquisadores brasileiros do projeto genoma, financiados pela FAPESP, se tornou pioneiro no continente por mapear o genoma da bactéria *Xylella fastidiosa*, marcando um novo nível de desenvolvimento tecnológico no país e ganhando assim reconhecimento mundial (MCILWAIN e BONALUME, 2000).

Entretanto, concomitantemente, o país é apontado como um dos mais segregacionistas e elitistas com relação à distribuição do conhecimento científico na área de Biologia Molecular (TRIUNFOL, 2007).

Para resolver esse tipo de problema, em seu país, pesquisadores norte-americanos testaram vários modelos de divulgação de conhecimento na

área de Biologia Molecular (mídia, cursos técnicos presenciais e a distância, dentre outros), especialmente porque aquele país corria o risco de ter demanda de mão de obra (nessa área) não atendida nos próximos 30 anos. Munn e colaboradores provaram que a educação formal no Ensino Médio é a melhor maneira de formar mão de obra para trabalhar com biotecnologias que envolvam Biologia Molecular (MUNN *et al*, 1999). O modelo de ensino daquele país tem sido apontado por especialistas como uma das razões do seu alto nível de alfabetização científica em Biologia Molecular (RATTAN, 2006).

No Brasil, o tema Biologia Molecular já faz parte do currículo de alunos do Ensino Médio, em cumprimento às orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e às determinações da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 20 de dezembro de 1996 (LDB/96), segundo a qual uma das incumbências da União é:

[...] estabelecer, em colaboração com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, competências e diretrizes para a educação infantil, Ensino Fundamental e o Ensino Médio que nortearão os currículos e seus conteúdos mínimos [...] (BRASIL, 1996).

Considera-se que o aluno precisa ter competências para saber decidir/agir sobre questões políticas e sociais em que está ou estará inserido (RICARDO e ZYLBERSZTAJ, 2008).

Vários autores afirmam que esse conhecimento passa a ser considerado estruturador de novas competências porque a Biologia Molecular assume um papel de grande relevância para a realidade social, política e econômica na atualidade (TRIVELATO, 1987; TRIVELATO, 1993; CAMARGO *et al*, 2007).

No entanto, apesar da importância atribuída ao conhecimento da área de Biologia Molecular, os pesquisadores de ensino/aprendizagem de Biologia Molecular sofrem muitas críticas. É possível constatar, em diversos trabalhos apresentados entre os anos de 2001 e 2005 no Congresso Nacional de Genética (Seção Ensino<sup>1</sup>), que tais pesquisadores são criticados por tratarem as questões relativas a ensino/aprendizagem de Biologia Molecular de maneira muito superficial, por apresentarem, em seus trabalhos, muitos conceitos incorretos e

---

<sup>1</sup>Trabalhos apresentados entre os anos de 2001 e 2005 na seção ensino, <http://www.sbg.org.br>

por não se inserirem nas discussões que surgiram a partir das orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio:

[...] por em discussão não só os conteúdos a ensinar, mas de colocar em questão qual o aluno se quer formar [...] a idéia de competência como *mobilização de recursos*, de ação, frente a determinadas situações [...] isso não se consegue apenas pelo acúmulo de informações, mas com *uma forma diferenciada* de trabalho[...] (RICARDO e ZYLBERSZTAJ, 2008).

Alguns autores sugerem que a falta de propostas alternativas, como aulas mais participativas, debates e uso de mídias, e a ineficácia dos professores na hora de escolher boas ferramentas de avaliação a fim de detectar se houve ou não apropriação de conceitos, concorrem para a má formação dos alunos com relação ao tema (PEDRANCINI *et al*, 2007).

O grupo da pesquisadora Solange Camargo, no entanto, questiona a real eficiência do uso de propostas alternativas, que segundo a mesma, já são aplicadas, porém são superficiais e pouco eficazes. Mesmo professores que já têm utilizado mídias alternativas relatam que não conseguem muitos resultados positivos, quando se considera, principalmente, a apropriação de conceitos (CAMARGO *et al*, 2007).

A razão filosófica apontada pela pesquisadora para esse problema é o fato de vivermos no que Bondía chama de “Sociedade da Informação” em que se credita o processo de ensino/aprendizagem à simples transmissão de informação: “Como se o conhecimento se desse sob a forma de informação e como se aprender não fosse outra coisa que não adquirir e processar informação” (BONDÍA, 2002, página 20).

No entanto, há muito tempo, especialistas têm alertado para a necessidade de que os professores ajudem a administrar a grande quantidade de conceitos à qual esses alunos são submetidos (GADOTTI, 1999) e não só a contribuir para um acúmulo desenfreado de informações. No caso da Biologia Molecular, é fundamental que os alunos se apropriem, de fato, de uma grande quantidade de conceitos, no entanto, esses conceitos devem estar articulados entre si, e serão, justamente pelo caráter multidisciplinar da Biologia Molecular, articuladores de muitos outros conceitos das Ciências Biológicas. Uma vez que



se consiga fazer com que ocorra essa apropriação e articulação de conceitos, é provável que haja um grande avanço na formação de cidadãos que compreendam melhor as ciências, em seus muitos campos.

### **1.3 Aprendizagem Significativa e Alfabetização Científica**

Os alunos têm sido expostos a um número cada vez maior de informações e não se observa nesses alunos, mesmo com propostas alternativas, a **aprendizagem significativa** (GALAGOVSKY, 1996; NOVAK, 2002).

A aprendizagem significativa considera que a estrutura cognitiva é constituída não só pelos conteúdos das ideias mas também por sua organização (AUSUBEL *et al*, 1978). Moreira (1999, página 12) enfatiza que não se trata de simples associação, e sim da “(...) interação entre os aspectos específicos e relevantes da estrutura cognitiva e as novas informações por meio das quais essas adquirem significados e são integradas à estrutura cognitiva.”

Nesse processo, os conceitos subsunçores são reelaborados, tornando-se mais abrangentes e refinados. Conseqüentemente, são aperfeiçoados os significados e a potencialidade para aprendizagens significativas posteriores (AUSUBEL *et al*, 1978).

Segundo pesquisas divulgadas na última década, a aprendizagem significativa é promovida pela alfabetização científica (GIL-PÉREZ e VILCHES, 2006).

A alfabetização científica é a denominação atribuída a um novo discurso sobre o Ensino de Ciências escolar decorrente de investigações emergentes no campo da Didática das Ciências (CAJAS, 2001). Ela sugere a conversão da educação científica para parte de uma educação básica geral a todos os estudantes (CACHAPUZ e GIL-PÉREZ, 2005).

Essa necessidade surgiu num contexto no qual o Ensino de Ciências era dogmático, centrado em verdades, baseado na transmissão-recepção de resultados, conceitos e doutrinas pouco contextualizadas e voltado para a formação de cientistas (FOUREZ *et al*, 1997). Inúmeros estudos sobre concepções alternativas (DRIVER e ASOKO, 1999) e sobre a percepção pública da ciência (JENKINS, 1999) evidenciaram os baixos índices de aprendizagem e

interesse das pessoas pelas áreas das ciências, como resultado desse tipo de ensino.

Surge então uma nova perspectiva para o Ensino de Ciências que passa a ser visto, não só como a primeira etapa na formação de pesquisadores, como também, indispensável na formação de cidadãos em geral. São lançadas, enfim, as bases para a alfabetização científica (MILLAR, 2003).

Gil-Pérez e Vilches (2006) defendem que a alfabetização científica é necessária para:

- i) tornar a ciência acessível aos cidadãos em geral;
- ii) reorientar o Ensino de Ciências também para os futuros cientistas;
- iii) modificar as concepções errôneas da ciência frequentemente aceitas e difundidas;
- iv) tornar possível a aprendizagem significativa.

De acordo com Bybee (1997), a alfabetização científica se divide em cinco estágios:

- Nominal – aquele em que o aluno já ouviu falar nos termos científicos em questão, mas não sabe defini-los.
- Funcional – aquele em que o aluno já sabe definir os termos científicos em questão, mas não faz ideia do que realmente significam.
- Conceitual – aquele em que o aluno já sabe definir os termos científicos e realmente se apropria de seus significados mas não sabe estabelecer relações entre esses termos para resolver problemas do cotidiano.

- Procedimental – aquele em que o aluno é capaz de definir termos científicos e correlacioná-los para resolver questões do seu cotidiano, mas que restringe essa capacidade a termos de uma área da ciência, como a Biologia Molecular por exemplo.
- Multidimensional – é o estágio final da alfabetização científica, quando o aluno é capaz de mobilizar conhecimentos de diferentes disciplinas que já domina em nível Procedimental para resolver problemas do seu cotidiano.

Francisco Caruso salienta que o dia a dia de qualquer cidadão é modificado quando esse se torna alfabetizado cientificamente, e cita um exemplo claro:

[...] as adolescentes de hoje em dia não entendem a necessidade de tomar a pílula anticoncepcional regularmente, nem no que implica diretamente a alteração no uso regular dessas pílulas e não é a toa que muitas delas acabam engravidando mesmo fazendo uso de anticoncepcionais (CARUSO, 2003).

Após analisar exaustivamente os trabalhos que relatam o baixo nível de alfabetização científica dos alunos no Ensino Médio, observamos que o Brasil corre um sério risco de não produzir mão de obra qualificada para atender as expectativas para o desenvolvimento tecnológico futuro. Aliás, o país já não produz mão de obra que possa atender as demandas de tantas biotecnologias desenvolvidas até agora (transgênicos, biocombustíveis, clonagem, terapias com células tronco).

Um dos exemplos que provam isso é a criação, pelo Arranjo Produtivo Local de Biotecnologia do Triângulo Mineiro e Vale do Paranaíba, em 2003, de vários cursos de formação em biotecnologia, que visam suprir a escassez de mão de obra (BRITO, 2010).

Acreditamos que o país apresenta um problema na educação básica e que o analfabetismo científico é uma das razões que tem levado milhões de alunos ao fracasso em testes nacionais e internacionais que medem a capacidade de discutir questões atuais relacionadas ao desenvolvimento científico (como o Pisa

e ENEM). Isso ocorre, provavelmente, porque esses alunos tem vivenciado um processo de ensino/aprendizagem baseado no ensino formal e na aprendizagem mecânica, o que segundo Millar (2003) não é eficaz.

Os professores não têm considerado os conceitos subsunçores relevantes na estruturação de estratégias de ensino e modelos didáticos. Tratando especificamente da Biologia Molecular, esse problema se agrava, haja visto que poucos professores realmente se dão conta do rápido desenvolvimento dessa área e de como, apesar de afetar diretamente seus alunos, a Biologia Molecular está distante deles. Desta forma, há poucos conceitos subsunçores para ancorar uma gama tão ampla de conhecimentos que precisam ser transmitidos (TRIVELATO, 1993).

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho é determinar, através dos testes de alfabetização científica e de montagem de mapas conceituais, em que nível de alfabetização científica estão os alunos das escolas estaduais Colegio Estadual Jeannette Mannarino, Colegio Estadual Prof. Fernando Antônio Raja Gaba Gliau e Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira com relação a termos de Biologia Molecular. Pretendemos também, avaliar se os alunos que se encontram em níveis inferiores de alfabetização científica são sensíveis a aulas dinâmicas que consideram conceitos subsunçores relevantes e modelos didáticos inovadores relacionados à aprendizagem significativa.

## **3. METODOLOGIA**

O estudo foi realizado com alunos do terceiro ano do Ensino Médio de três escolas estaduais (que chamamos de extratos). Duas delas localizam-se em Campo Grande (Colegio Estadual Jeannette Mannarino e Colegio Estadual Prof.

Fernando Antônio Rajá Gaba Glia), bairro da Zona Oeste do Rio de Janeiro, a região mais populosa da cidade. A terceira, o Colegio de Aplicação Fernando Rodrigues da Siqueira (CAp UERJ), localiza-se na Zona Norte da cidade.

Ao todo, participaram 120 alunos. Desse total, 48 são do CAp UERJ, 35 do CE Jeannette Mannarino e 37 do CE Prof Fernando Antônio Rajá Gaba Glia. Todos participaram da pesquisa voluntariamente.

Esses alunos foram submetidos a dois testes clássicos: um que mede o nível de alfabetização científica e outro que avalia a estrutura cognitiva do indivíduo, considerando-se principalmente a organização de conceitos e conteúdos.

O primeiro teste consistiu de um questionário semi-fechado dividido em quatro grupos de perguntas (com cinco perguntas em cada grupo, com exceção do Grupo IV que só continha uma pergunta), totalizando 16 questões. O questionário está disponível no Anexo I.

Cada grupo de perguntas era referente a um nível de alfabetização científica e o questionário foi montado de acordo com os estudos de Bybee (1997).

O Grupo I de perguntas refere-se ao nível Funcional, o Grupo II ao nível Conceitual, o Grupo III ao nível Procedimental e o Grupo IV ao nível Multidimensional. Não havia um grupo de perguntas com o objetivo de testar se o aluno estava no nível Nominal, haja visto que alunos que não conseguissem acertar três das cinco questões do Grupo I (perguntas de nível Funcional) eram considerados do nível Nominal.

Foi considerado como tendo atingido determinado nível de alfabetização o aluno que respondesse corretamente a três das cinco perguntas do grupo correspondente.

Não foi considerada a possibilidade de algum aluno ser completamente analfabeto com relação aos termos utilizados porque a turma havia entrado em contato com esse conteúdo há pouco tempo, e alguns desses termos são muito empregados no dia a dia desses alunos, sendo, portanto, desprezível a possibilidade de que nunca tivessem ouvido falar de nenhum dos termos chave de Biologia Molecular.

É importante ressaltar que as perguntas do Grupo I apenas objetivavam avaliar se o aluno estava familiarizado com os termos e, portanto, eram menos

complexas e tinham caráter investigativo e menos avaliativo. Por exemplo: “Você já ouviu falar em...?” ou então “Qual dessas palavras atrapalha o entendimento do texto?”

Para diminuir o efeito da ressonância cognitiva – evento no qual o entrevistado dá respostas que acredita serem aquelas que o entrevistador julgará corretas, e não as que ele, o entrevistado, julga serem corretas (BUSBY e O'REILLY, 2002) – cruzamos os dados das perguntas de cada grupo que posicionavam os mesmos conceitos em diferentes perspectivas. Além disso, contrastamos as respostas do mesmo aluno às questões do grupo seguinte que, de certa forma, indicavam possíveis deficiências em questões do grupo anterior. Assim, por exemplo, um aluno pode dizer que já ouviu falar em “Cromatina”, ao responder a primeira questão do Grupo I. Mas se esse mesmo aluno responde que a palavra “Cromatina” dificulta o entendimento do texto e/ou confunde em várias respostas do Grupo II a cromatina com outras estruturas, então provavelmente esse aluno não está familiarizado com o conceito “Cromatina”.

Embora esse tipo de análise cruzada tenha ajudado no momento da análise dos resultados, reconhecemos que é impossível eliminar completamente a ressonância cognitiva, especialmente no Grupo I onde fica claro para o aluno qual é a “resposta certa”. Mesmo assim, na tentativa de diminuir esse efeito, os alunos foram exaustivamente instruídos a responderem com sinceridade as perguntas e informados de que não estavam sob nenhum tipo de avaliação formal.

O teste durou 45 minutos. Antes de sua aplicação, os alunos foram separados e os materiais para consulta foram proibidos. Por fim, os alunos foram instruídos a deixar em branco as questões que não soubessem responder, ao invés de tentarem criar uma resposta. Isso facilitou muito a análise, porque reduziu o número de respostas dadas aleatoriamente.

O segundo teste objetivava avaliar quais são os possíveis conceitos subsunçores, em Biologia Molecular, que os alunos possuem. Nesse teste, os alunos receberam uma folha em branco e os seguintes conceitos foram escritos no quadro:

**“Cromossomo, Cromatina, DNA, RNA, Núcleo, Ribossomos, Nucléolo, Célula, Pele, Cromátide, Ser vivo, Eucariotos, Ser humano.”**

Em seguida, foi pedido aos alunos que organizassem esses conceitos através de linhas que representassem conexões entre os mesmos, e deixando sem linhas de ligação direta conceitos que não estivessem relacionados. Pedimos ainda que tentassem colocar mais próximos os conceitos mais relacionados e deixar mais distantes os conceitos menos relacionados. Demos o seguinte exemplo:

“O esquema mais apropriado para os objetos ‘Lápis, Caneta, Grafite e Tinta’ seria: lápis próximo ao grafite e caneta próximo à tinta porque eles estão respectivamente mais relacionados, muito embora, todos esses conceitos devam ser conectados com linhas, já que todos têm relação entre si, uma vez que canetas e lápis são usados para escrita, e tanto a tinta como o grafite produzem um risco no papel.”

Esse modelo de teste foi proposto por Novak e Gowin em 1996 e é denominado mapa conceitual. Ele consiste numa variação de um teste psicológico que buscava avaliar a estrutura cognitiva de um indivíduo, e que sob a luz dos estudos de Novak passou a objetivar verificar a organização de conteúdos no aparato cognitivo do sujeito do teste e se há conceitos subsunçores para ancorar novos conceitos (NOVAK e GOWIN, 1996). Um modelo de mapa conceitual está disponível no Anexo II.

Vale ressaltar que esse teste não se baseia no modelo dicotômico de certo e errado, é apenas uma tentativa de visualizar a organização de conteúdos na estrutura cognitiva do indivíduo, bem como de avaliar a presença ou ausência de determinados conteúdos âncora, para a acomodação de novos conceitos.

Num segundo momento, os alunos participaram de uma aula interativa sobre Biologia Molecular na qual foram utilizados os seguintes modelos didáticos: Modelo de Cromossomo, Modelo de Núcleo, Modelo de Cromatina e Modelo de DNA (MACEDO, 2011). Os modelos didáticos podem ser visualizados no Anexo III.

A aula foi planejada baseada nos mapas e nas avaliações dos alunos. O objetivo da aula não era que o aluno avançasse em algum grau de alfabetização científica. Na verdade, procuramos priorizar os conteúdos âncora que identificamos a partir dos mapas conceituais e ministramos aulas diferentes para tentar atender, de maneira específica, as demandas dos três colegios analisados, já que possuíam demandas diferentes.

No final dessa aula, os alunos foram submetidos a uma nova avaliação, e elaboraram um segundo mapa conceitual envolvendo os mesmos conceitos dos mapas conceituais da primeira avaliação. Vale ressaltar que nenhum tipo de gabarito foi passado aos alunos no final da primeira avaliação.

Os dados dos testes foram analisados separadamente para avaliar o nível de alfabetização científica e a estrutura cognitiva dos alunos e posteriormente foram contrastados:

- As respostas do mesmo aluno aos diferentes grupos de questões do mesmo teste e ao mapa conceitual, na tentativa de reduzir a ressonância.
- As respostas dos alunos dos três extratos para avaliar as diferenças de nível de alfabetização entre os extratos.
- As respostas do mesmo aluno aos testes dos dois momentos (antes e depois da aula) para avaliar o impacto de estratégias que considerem a aprendizagem significativa visando alfabetização científica. Vale ressaltar que essa última análise também considerou os resultados da análise anterior, isto é, as diferenças pré-existentes entre os três grupos de alunos.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nenhum aluno tomou mais que 45 minutos para a realização dos dois testes. A pergunta do último grupo não foi respondida por nenhum aluno.

Para facilitar a apresentação dos resultados, passaremos a chamar o Colegio Estadual Prof Fernando Antônio Rajá Gaba Glia de AR; o Colegio Estadual Jeannette Mannarino de JM e o Instituto de Aplicação Fernando Rodrigues da Silveira de CAp.



## 4.1 Colegio AR

### 4.1.1 Mapas Conceituais

Antes da aula:

A maior parte dos alunos posicionou apropriadamente os conceitos: “Ser Vivo”, “Ser Humano”, “Célula” e “Núcleo”. Observamos a confusão na associação de “Eucarioto” com “Núcleo” (27 entre 37 alunos). Poucos alunos (apenas 6) correlacionaram “Pele” à “Célula”, e muitos relacionaram “Pele” a “Seres Vivos” (22 alunos).

Muitos alunos não associaram “DNA”, e suas estruturas, ao conceito de “Ser Vivo”, muito embora o associassem ao conceito de “Núcleo”.

Nesse extrato, também não observamos muitos alunos relacionarem apropriadamente “Cromossomos”, “Cromátide” e “Cromatina” (11 alunos relacionaram apropriadamente os três conceitos), 21 alunos relacionaram “Cromossomos” com “DNA”.

Em linhas gerais, nesse extrato, os alunos encontram muita dificuldade com conceitos básicos com exceção de pouquíssimos alunos que parecem apresentar alguns conceitos subsunçores, mas que, no entanto, precisam de maior número de correlações.

Depois da Aula:

O desafio dessa aula era atender a um grupo nitidamente heterogêneo de alunos (era possível identificar dois grupos distintos de alunos com relação ao nível de alfabetização). Nesse extrato, foi possível lançar mão de um ou outro conceito subsunçor que alguns alunos já possuíam, o que facilitou a transmissão dos novos conceitos. No entanto, as deficiências com uma grande quantidade de conceitos, muitos dos quais não estavam diretamente relacionados à Biologia Molecular, mudaram um pouco o foco da aula, sendo necessário despendere um tempo maior para preparar conceitos que futuramente seriam usados para ancorar os conceitos desejados (Cromatina, Cromossomo, DNA, RNA, Nucléolo).

No final da aula recolhemos o segundo teste, e percebemos que os alunos aparentemente desenvolveram algumas capacidades. Observamos que 23 alunos conseguiram associar “Eucariotos” com “Seres Vivos” e com “Nucléolo”. Nesse extrato, 19 alunos associaram “Pele” com “Célula” depois da aula, onde receberam (fotos e esquemas) vários exemplos de órgãos e sua pluralidade de células. Não houve redução considerável no número de alunos que associaram “Pele” a “Seres Vivos”. Foi observado, também, que 18 alunos associaram “Cromossomos”, “Cromatina”, “Cromátide” e 35 alunos associaram “Cromatina” com “DNA”.

Observou-se que o número de alunos capazes de fazer a associação entre “Nucléolo” e “RNA”, dobrou.

#### 4.1.2 Teste de Alfabetização Científica

O gráfico 1 mostra a distribuição dos alunos do extrato AR nos níveis de alfabetização científica, de acordo com os resultados do teste.

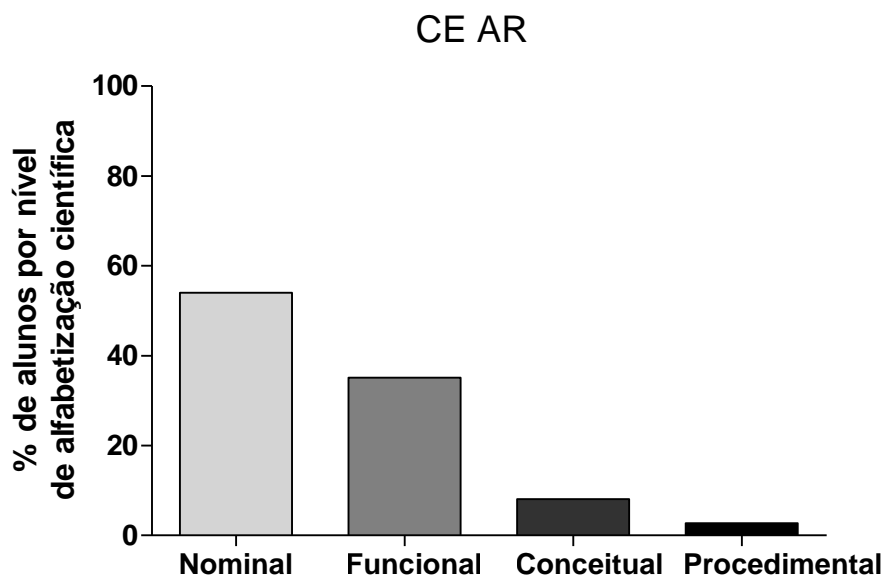


Gráfico 1. Distribuição, em porcentagem, de alunos do extrato AR nos 4 níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual e Procedimental.

No colegio AR, 54,05% dos alunos analisados se encontram no nível Nominal com relação aos conceitos pesquisados, 35,13% se encontram no nível Funcional, 8,1% se encontram no nível Conceitual e apenas 2,7% se encontram no nível Procedimental. Não foi observada ressonância cognitiva nesse grupo.

O gráfico de distribuição de alunos do colegio AR nos diferentes níveis de alfabetização mostra uma presença inesperada (tomando como base outras escolas públicas da região) de alunos no nível Conceitual assim como no nível Procedimental (8,1% e 2,1%, respectivamente).

Analisando o histórico da instituição AR, notamos que esta já é há muito tempo conhecida como referência entre os colegios públicos da região de Campo Grande. Por isso, muitos alunos se matriculam nessa instituição todos os anos. Esses alunos são provenientes das regiões mais variadas da Zona Oeste, o que não acontece com os alunos do extrato JM (da mesma região) que vem de bairros próximos a escola, por exemplo. Assim, acreditamos que alunos que tenham participado de experiências positivas de alfabetização e alfabetização científica em outras escolas<sup>2</sup> compõem a minoria de alunos em níveis superiores de alfabetização. Além disso, essa parcela de alunos apresentou um resultado particular a todos os testes que não está em harmonia com os resultados do grupo como um todo.

A análise da questão três do Grupo II (página 23) revelou que esse pequeno grupo de alunos está realmente alfabetizado a nível Conceitual – com *score* de 100% (em nenhum extrato obtivemos um *score* que se compare ao desse grupo). Desta forma, esse grupo de alunos será chamado, a partir de agora, de AR1. Esse grupo deverá ser analisado separadamente, sempre considerando suas peculiaridades. O grupo dos demais alunos desse extrato será chamado AR2.

A questão quatro do Grupo I gerou um resultado que nos chamou a atenção.

- 4) Todos os seres vivos, por mais diferentes que sejam, possuem algumas características em comum, dentre elas podemos citar:

---

<sup>2</sup> Como exemplo, podemos citar alunos que estudaram em colegios militares e centros federais de educação. Exames nacionais comprovam um nível maior de alfabetização entre alunos dessas instituições.

- a) A reprodução sexuada.
- b) O metabolismo aeróbico.
- c) A presença de DNA.
- d) A capacidade de se locomover.
- e) A presença de núcleo celular.

Nesse extrato, dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse grupo, 82,3% responderam incorretamente as alternativas E e B e apenas 17,7% responderam a alternativa correta (alternativa C). Esses – os alunos que responderam corretamente – foram os mesmos alunos que pontuaram também nos outros níveis de alfabetização (alunos de AR1).

Nesse caso, alguns alunos de AR2 não parecem ter sido influenciados pelo contexto do questionário – pelo conjunto das outras perguntas – e por isso, observamos muitos deles respondendo a alternativa B. Além disso, parecem não estar articulando os conceitos: “DNA”, “Núcleo” e “Seres Vivos”. Esperávamos que aqueles alunos de AR2 que não foram afetados pelo contexto do questionário, e que por isso, talvez não estivessem tão focados a assinalar alternativas que apresentassem conteúdo de Biologia Molecular, distribuíssem de maneira irregular suas respostas dentre todas as alternativas. Mas observamos que esses alunos concentraram-se apenas na alternativa B.

Ora, os alunos que assinalaram a alternativa E, estes sim devem estar influenciados pelo contexto do questionário, mas aqueles que assinalaram a alternativa B, não estavam influenciados, como já dissemos, e mesmo assim concentraram-se somente em uma alternativa.

Não conseguimos formular uma hipótese que justifique esse resultado, apenas temos a impressão de que esses alunos podem ter ouvido falar do conceito “Metabolismo” recentemente, mas não tê-lo articulado ao ponto de poderem reconhecer que organismos anaeróbios não fazem “Metabolismo Aeróbico”, ou ainda, podemos atribuir o resultado a simples coincidência de que as respostas aleatórias dos alunos que não haviam se apropriado dos conceitos e que não haviam sido influenciados pelo contexto, tenham recaído sobre a alternativa B.

Em AR1, todavia, observamos um resultado muito diferente. Os alunos desse grupo marcaram corretamente a alternativa C.

Há uma clara disparidade entre os grupos. De acordo com (NERCI, 1976), esse tipo de disparidade promove a formação de diferentes demandas de aprendizagem. Os alunos de AR1 provavelmente já se apropriaram do conceito “DNA”. No entanto, alunos do grupo AR2 parecem não estar familiarizados com o conceito “DNA”, apesar de já terem ouvido falar em DNA, ou seja, estão em nível Nominal de alfabetização com relação ao conceito.

Considerando que, como já dissemos, o termo “DNA” é amplamente utilizado pelos professores e meios de comunicação e apresentado de maneiras diferentes para os alunos, nos determinamos a buscar entender por que alunos desse extrato e, mais especificamente do grupo AR2, não conseguem utilizar bem o conceito.

Durante a aula, conversamos com alguns alunos e notamos que em muitos casos o que ocorre é que o conceito está realmente desligado de outros conceitos, como o de “Seres Vivos”, por exemplo. Esse dado é coerente com o resultado trazido pelos mapas conceituais desses alunos.

Outro dado importante obtido durante a ministração da aula aos alunos desse extrato, é a diferença no comportamento dos alunos dos dois grupos AR1 e AR2. Aparentemente, o fato de alunos do grupo AR1 possuírem mais conceitos subsunçores os torna mais interessados do que os alunos do grupo AR2, em sua maioria.

No momento da elaboração da aula para esse extrato, pesquisamos alguns problemas comuns encontrados por professores.

Ferreira (1988) aponta que alunos “mais aplicados” ou “mais estudiosos” em geral são mais participativos, dificultando o acesso do professor aos demais alunos e a avaliação do rendimento da aula para esses alunos “menos participativos”.

Nesse caso, nos preparamos para tornar a aula interessante principalmente para os alunos do grupo AR2, utilizando conceitos que estivessem bem alocados em sua estrutura cognitiva, assim como estratégias para chamar a atenção no momento em que esses conceitos eram usados.

Notamos que a estrutura cognitiva, nesse caso, implicou diretamente no comportamento de alunos em sala de aula. De certa forma, essa estrutura de

classe (isto é, a maneira como os diferentes grupos de alunos se organizam em sala de aula e a maneira como participam da mesma aula) parece fazer com que os alunos do grupo AR1 continuem evoluindo nos níveis de alfabetização e os alunos do grupo AR2 continuem praticamente estagnados. Isso pode estar relacionado com o abismo cognitivo que se forma quando os alunos deixam de alocar uma grande quantidade de conceitos, e também porque os alunos do AR2 não participam da aula tornando muito mais difícil a alocação de novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

## **4.2- Colegio JM**

### 4.2.1 Mapas Conceituais

Antes da Aula:

A maior parte dos alunos posicionou apropriadamente os conceitos: “Ser Vivo”, “Ser Humano”, “Célula” e “Núcleo”. Também observamos a confusão na associação de “Eucarioto” com “Núcleo” (33 entre 35 alunos). Poucos alunos (apenas 15) correlacionaram “Pele” com “Célula”, e muitos relacionaram “Pele” com “Seres Vivos” (19 alunos). Houve um aluno que relacionou “Pele” com “Nucléolo”.

Nesse extrato, não foram muitos os que relacionaram apropriadamente “Cromossomos”, “Cromátide” e “Cromatina” (13 alunos relacionaram apropriadamente os três conceitos) e 28 alunos relacionaram “Cromossomos” com “DNA”. Nenhum aluno relacionou “Cromatina” com “DNA”.

Depois da aula:

O objetivo da aula para esse extrato foi justamente tentar sedimentar novos conceitos subsunçores, que estavam patentemente ausentes ou muito isolados. A aula foi de caráter muito mais introdutório que reparatório (objetivou introduzir conceitos e não corrigir possíveis conceitos incorretos) e utilizamos os

modelos didáticos e situações cotidianas (teste de paternidade e síndromes mais conhecidas) como exemplos.

Depois da aula, os mesmos alunos montaram um mapa e houve uma redução considerável no número de alunos que não posicionavam “Eucariotos” próximo a “Núcleo” (de 33 para 1) . Um resultado interessante foi o aumento, nesse extrato, do número de alunos que associaram “Pele” com “Célula” (15 para 35 alunos). Mas também, observou-se o aumento do número de alunos que associaram “Pele” diretamente com “DNA” (4 alunos para 13 alunos). Essa resposta pode ser considerada correta porque grande parte das camadas da pele possui “DNA”, mas era esperado que esses alunos associassem a “Pele” mais intimamente a “Célula” que a “DNA”.

#### 4.2.2 Teste de Alfabetização Científica

O gráfico 2 mostra a distribuição dos alunos do extrato JM nos níveis de alfabetização científica, de acordo com os resultados do teste.

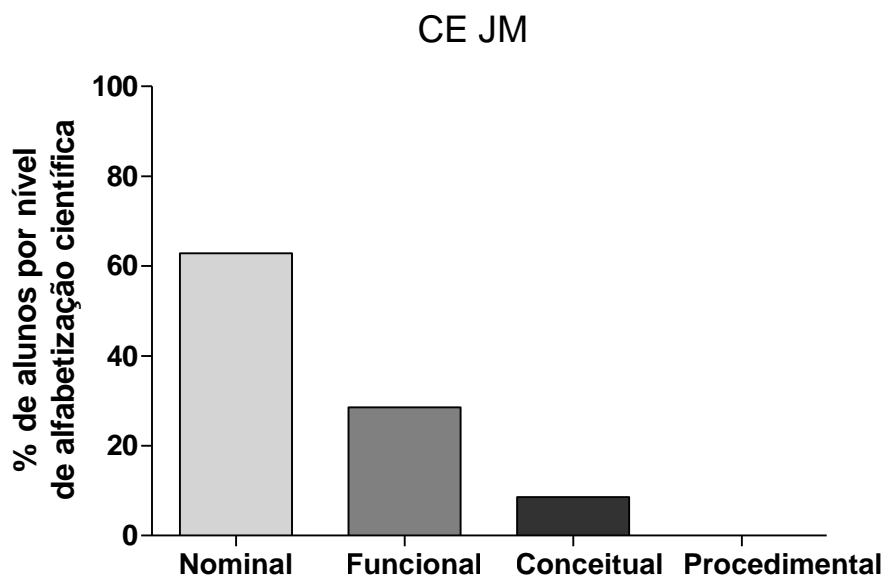


Gráfico 2. Distribuição, em porcentagem, de alunos do extrato JM nos 4 níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual e Procedimental.

No colegio JM, 62,85% dos alunos analisados se encontram no nível Nominal com relação aos conceitos pesquisados, 28,57% se encontram no nível Funcional e apenas 8,57% se encontram no nível Conceitual. Nenhum aluno foi atestadamente alocado no nível Procedimental de alfabetização.

A análise do teste de quatro alunos apontou para possível ressonância cognitiva. Assim, talvez, estes não estivessem no nível Funcional, especialmente com relação aos conceitos: “Nucléolo”, “Cromatina” e “Cromossomo”. A comparação de resultados não foi suficiente para esclarecer a possível ressonância, muito embora o número de alunos com possíveis resultados ressonantes seja também um dado a se considerar.

Os resultados analisados dessa instituição corroboram a crítica que se faz a muitos colegios estaduais (LÜDKE e BOING, 2007). Muitos alunos estão no nível Nominal de alfabetização, ou seja, não fazem ideia do que significam os conceitos apresentados.

Isso traça para essa escola um perfil completamente diferente dos demais extratos (ainda que AR seja uma escola pública da mesma região). Se também considerarmos a ressonância cognitiva, então teremos uma situação ainda mais complexa, haja visto que esse extrato apresentou o maior número de indivíduos sob suspeita de ressonância, o que poderia indicar um número ainda maior de indivíduos em estágios iniciais de alfabetização científica.

Observamos que nenhum aluno foi alocado no nível Procedimental de alfabetização. É notável o fato de que nos outros dois extratos, mesmo que pequeno, havia um número de alunos em nível Procedimental.

Uma explicação para isso pode ser o fato de que esses alunos não têm habilidade de mobilizar diferentes conceitos que formem um aparato cognitivo para receber novos conceitos, ou ainda que há poucos conceitos que funcionem como subsunçores.

A análise dos mapas conceituais de alunos desse extrato corrobora essa hipótese. Muitos alunos tiveram dificuldade em associar conceitos, de modo que muitos desses conceitos básicos, que sempre recebem mais linhas de conexão, ficaram isolados.

Moreira (1999) alerta para o fato de a possibilidade de mobilidade entre os diferentes níveis de alfabetização não ser a mesma entre os níveis mais



inferiores e os níveis mais superiores. Na verdade, quanto maior o nível de alfabetização, maior a dificuldade de ascender ao próximo nível. Isso ocorre porque as competências requeridas para ser considerado como claramente pertencente ao próximo nível são maiores.

Assim, acreditamos que esse número tão expressivo de alunos no nível Nominal e Funcional, e a provável existência de uma espécie de barreira de habilidades e competências que os separam do nível Procedimental, tenham concorrido para tornar, ao longo de sua história escolar, a ascensão de níveis impraticável para esses alunos.

Ao analisarmos a terceira questão do Grupo II obtivemos um resultado interessante.

3) Sobre as características gerais exclusivas dos seres humanos podemos afirmar que:

a) Realizam respiração branquial.

b) Possuem sistema nervoso difuso.

c) Possuem 23 pares de cromatinas no núcleo de células que não estão em divisão.

d) Machos e Fêmeas apresentam glândulas mamárias.

e) Possuem 23 cromossomos no núcleo de todas as células.

Dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse Grupo, 66,67% responderam a alternativa B e 33,34% responderam a alternativa E. Nenhum aluno desse extrato respondeu a alternativa correta (alternativa C).

Observamos que a alternativa B recebeu mais *scores* seguida da alternativa E. Esse dado revela que esses alunos não se apropriaram do conceito “Cromatina”, mas também revela que os mesmos não possuem conhecimento acessório que apóie uma estratégia de eliminação das respostas incorretas.

No caso desse extrato, como os alunos não se apropriaram do conceito “Cromatina”, diminuem assim, as suas chances de marcarem a alternativa

correta, mesmo que lançassem mão de estratégias de eliminação. A falta de um arcabouço de conceitos básicos dificultou o estabelecimento de critérios de eliminação.

Os elevados *scores* das alternativas B e E revelam que esses alunos provavelmente se valeram de conceitos do senso comum. Na falta de conceitos subsunçores formais, com conteúdo, se valem dos conceitos que possuem em sua estrutura cognitiva para tentar fazê-los funcionar como subsunçores. Por exemplo, a constatação de que o “sistema nervoso dos seres humanos é diferenciado” ou então que os “seres humanos possuem glândulas mamárias” são duas informações que se tornaram conceitos subsunçores.

Provavelmente, esses alunos não entenderam completamente o que significa “sistema nervoso difuso”, ou seja, não possuem conceitos com conteúdo. A resposta que marcaram é a que mais se aproxima dos conceitos, de pouca amplitude de conteúdo, de que dispõem em sua estrutura cognitiva.

A quarta pergunta do Grupo I também gerou, nesse extrato, um resultado que nos chamou a atenção (página 17). Dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse grupo, 69,23% responderam incorretamente a alternativa E e 30,76% responderam a alternativa correta (alternativa C).

Interessante observar que as respostas dos alunos se concentraram, basicamente, em duas alternativas: alternativa C e alternativa E, justamente as duas que apresentam temas relacionados à Biologia Molecular. Isso demonstra a importância do contexto, ou seja, a importância de todas as outras perguntas do teste, no momento em que o aluno elabora sua resposta, independente da estratégia que ele escolha para chegar a ela.

No entanto, a maior parte dos alunos assinalou a alternativa E como correta. Isso não nos revela muito sobre o nível de apropriação do conceito, mas sim, sobre a articulação do conceito, nesse caso, dos conceitos: “DNA” e “Núcleo”.

Ora, se os alunos conseguem associar “Núcleo” a “Seres Vivos”, mas não associam “DNA” a “Seres Vivos”, então, não associaram corretamente “DNA” e “Núcleo”, já que no núcleo sempre há DNA. Se “DNA” e “Núcleo” estivessem bem associados, os alunos deveriam no mínimo achar redundantes as duas respostas (alternativas C e E) e esperaríamos, assim, que respondessem aleatoriamente as alternativas C ou E. Nesse caso, o número de alunos

respondendo a alternativa correta seria maior. Seria maior porque as chances de que um aluno acerte uma resposta correta dentre duas, se responder aleatoriamente, é de 50%. Somando-se esse número ao número de alunos que realmente acertaram essa questão por terem articulado corretamente os conceitos: “DNA”, “Núcleo” e “Seres Vivos”, o número de testes com a resposta correta deveria ser maior que 50%. Por isso concluímos que não houve a devida articulação entre os conceitos: “DNA” e “Núcleo”.

Além disso, os alunos não associaram “DNA” ao conceito de “Seres Vivos” por não perceberem que é o DNA, e não o núcleo, caracteristicamente universal aos seres vivos.

Outro dado que sugere um provável desarranjo cognitivo, é o fato dos alunos não terem associado “Eucariotos” com “Núcleo”, embora tenham associado “Célula” com “Núcleo”.

A análise do mapa mostrou que, apesar de não saberem quais estruturas estão associadas ao DNA, os alunos parecem ter ciência da importância do DNA. Mostraram ainda que realmente estão no nível Conceitual de alfabetização com relação ao conceito DNA. Isto provavelmente ocorre porque o aluno se depara com este conceito várias vezes ao longo das aulas de biologia, assim como no seu dia a dia quando esse conceito é apresentado de maneiras diferentes nos espaços formais e nos espaços não formais de educação.

## **4.3– CAp**

### 4.3.1 Mapas Conceituais

Antes da Aula:

A análise dos Mapas revelou um resultado muito plural em todas as escolas, mas especialmente nesta.

A maior parte dos alunos posicionou apropriadamente os conceitos: “Ser Vivo”, “Ser Humano”, “Pele”, “Célula” e “Núcleo”. Muitos mostraram confusão

na hora de relacionar o conceito “Eucarioto” (36 entre 48 alunos), que é um importante conceito subsunçor para o ensino/aprendizagem dos conteúdos de Biologia Molecular. No entanto, observamos também a correlação apropriada do conceito “Pele” com “Célula” o que foi um resultado específico desta instituição (46 entre 48 alunos).

Muitos alunos relacionaram apropriadamente “Cromossomos”, “Cromátide” e “Cromatina”. Alguns relacionaram “Cromossomos” a “DNA”, mas somente onze relacionaram “Cromatina” a “DNA”.

Um resultado observado nessa instituição foi a associação apropriada de “Nucléolo” com “Núcleo”, mas não com “RNA”.

Depois da aula:

O objetivo da aula para esse extrato foi justamente tentar ancorar corretamente os possíveis conceitos subsunçores que haviam sido identificados como inadequadamente apropriados ou alocados.

Depois da aula, os mesmos alunos montaram um mapa e houve uma redução considerável no número de alunos que não posicionavam “Nucléolo” próximo a “RNA” (de 34 para 3) ou que não posicionavam “Eucariotos” próximo a “Núcleo” (de 36 para 7).

Houve redução do número de alunos que não posicionava “Cromatina” próximo a “DNA”. Nenhum erro novo foi observado na montagem do segundo mapa conceitual.

#### 4.3.2 Teste de Alfabetização Científica

O gráfico 3 mostra a distribuição dos alunos do extrato CAp nos níveis de alfabetização científica, de acordo com os resultados do teste.

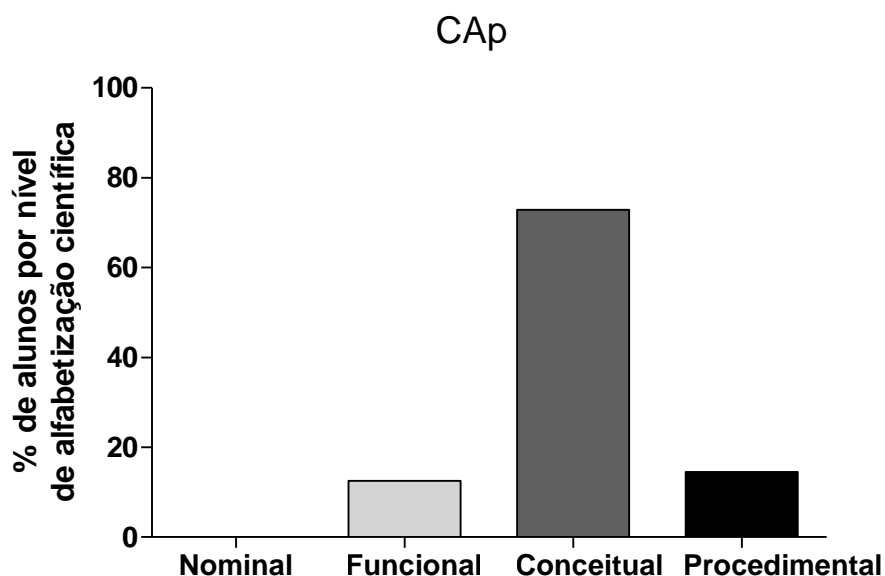


Gráfico 3. Distribuição, em porcentagem, de alunos do extrato CAp nos 4 níveis de alfabetização científica: Nominal, Funcional, Conceitual e Procedimental.

No colegio CAp, 12,5% dos alunos se encontram no nível Funcional com relação aos conceitos pesquisados, 72,9% se encontram no nível Conceitual e 14,5% se encontram no nível Procedimental. Nenhum aluno foi atestadamente alocado no nível Nominal de alfabetização.

A análise do teste de um aluno apontou para uma possível ressonância cognitiva e que talvez este não estivesse no nível Funcional com relação aos conceitos: “Nucléolo” e “Cromatina”. Mas a comparação de resultados não foi suficiente para esclarecer uma possível ressonância e este foi alocado no nível Funcional, por ter respondido corretamente três questões do Grupo II.

Nesse extrato, observamos grande proporção de indivíduos com níveis elevados de alfabetização com relação aos conteúdos gerais.

Observamos algumas dificuldades com relação aos conteúdos específicos, uma prova disso são os resultados apresentados a algumas questões.

Por exemplo, a questão três do Grupo II, nos mostrou um resultado interessante (página 23).

Dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse nível, 59,52% responderam corretamente a essa pergunta (Alternativa C), 35,71% responderam a alternativa E e 4,77% dos alunos responderam alternativa D. Não houve alunos que respondessem outras alternativas.

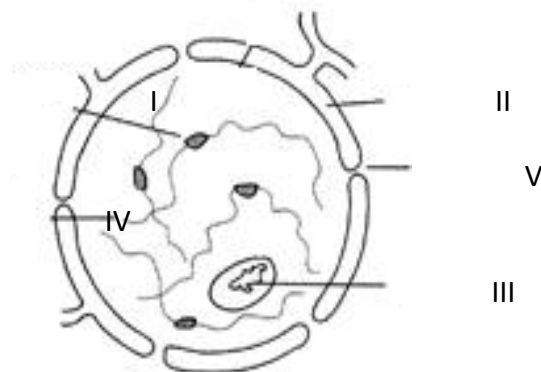
Esse é um dado importante sobre a associação de conceitos. Mesmo que a maior parte dos alunos tenha acertado a resposta, notamos que muitos alunos assinalaram a alternativa E, o que indica uma má apropriação do conceito “Cromossomos”, e também uma má associação desse conceito ao conceito “Cromatina”. É possível que os alunos tenham considerado a alternativa C incorreta por não estarem seguros do conceito “Cromatina”.

Além disso, muitos sabem que o conceito “Cromossomo” está associado ao número “vinte e três”, no entanto, deveriam ter associado “vinte e três pares” (e não só “vinte e três”) ao conceito “Cromossomo”. E mais, observamos que além de não associarem “vinte e três pares” a “Cromossomos” tampouco fizeram a mesma associação a “Cromatina”.

Se os alunos reconhecessem a ligação entre os conceitos “Cromossomos” e “Cromatina”, estariam mais seguros para reconhecer que se há vinte e três pares de cromossomos, então também deve haver vinte e três pares de filamentos de cromatina e que, portanto, nenhuma das respostas poderia estar correta. Este não é um raciocínio muito assertivo, mas diminuiria o número de erros. Entretanto, provavelmente, “Cromossomo” e “Cromatina” não estão associados em sua estrutura cognitiva, o que contribui para a má apropriação de ambos os conceitos, em especial o conceito “Cromatina”.

Outra pergunta do mesmo grupo apresenta um resultado aparentemente contrastante:

- 5) Observe o esquema que representa o núcleo de uma célula eucariótica e assinale a alternativa correta:



**Figura 2: Núcleo.**

- a) II representa a carioteca, membrana que delimita o núcleo e que é característica de todos os seres vivos.
- b) III indica que o DNA dessa célula está sendo copiado.
- c) O núcleo celular é envolto por uma membrana com poros como vemos em I.
- d) Uma informação contida em algum gene presente em I será facilmente copiada pela célula.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Na mesma instituição, dos alunos que estavam habilitados a responder perguntas desse nível, 54,76% responderam a alternativa D, 7,14% responderam a alternativa B, 11,9% responderam a alternativa A e 26,19% responderam a alternativa correta (alternativa E).

A princípio, o objetivo dessa pergunta era avaliar a capacidade dos alunos de reconhecer determinadas estruturas, comprovando assim uma maneira plural de encarar um mesmo conceito (sabendo defini-lo e também identificá-lo em uma representação), característica esta de quem está em nível Conceitual de alfabetização.

Reconhecemos que pode ter ocorrido uma possível confusão entre os conceitos: “Cópia do DNA” e “Produção de RNA”. Exatamente por isso, essa questão exigia que os alunos tivessem fundamentado e ancorado à maior quantidade de conceitos subsunçores possível, conceitos importantes, como “Transcrição” e “Tradução”, e que fossem capazes de lidar com esses conceitos através de perspectivas bem diferentes, como já dissemos.

No entanto, observamos que a maior parte dos alunos não respondeu a alternativa correta. Especificamente nesse extrato, onde o número de alunos em nível Conceitual e Procedimental é bastante elevado, esse dado é um pouco contrastante e nos fez pensar sobre o porquê de tantos alunos responderem incorretamente.

O que observamos é que, mesmo que haja muitos alunos que estão em níveis Conceitual e Procedimental com relação à maioria dos conceitos, ainda é possível que alguns conceitos não tenham sido muito bem estabelecidos.

O conceito “Nucléolo” não parece ter sido apropriado por esses alunos, pelo menos não a nível Conceitual de alfabetização. Prova disso é que os alunos associaram nucléolo à “cópia” do DNA e não à produção de RNA para tradução. E muitos dos que associaram à produção de RNA, podem ter hesitado por não ver listada dentre as alternativas, a resposta que consideravam correta. Nesse caso, portanto, pode ter havido alguma influência tanto da ressonância cognitiva como também da formação desses alunos.

Outro resultado interessante do teste nesse extrato analisado foi o gerado pela seguinte pergunta do Grupo III:

4) Analise a figura abaixo indicando as diferentes maneiras pelas quais o DNA pode se apresentar no núcleo e responda:

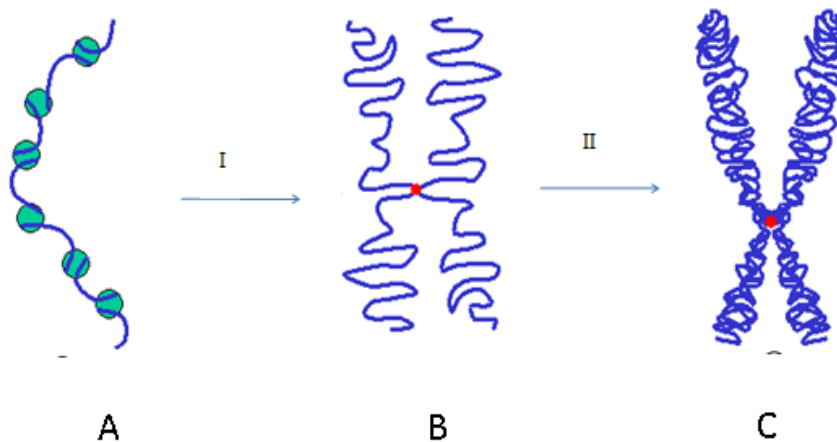


Figura 3: Diferentes estruturas nucleares que contem DNA.

- a) Qual a diferença da estrutura que carrega o DNA em A e em B?
- b) Qual o nome que se dá a estrutura A e a estrutura B? Por que ela passa pelo processo I?



Nesse caso, o aluno deveria notar que a cromatina foi duplicada e grande parte das respostas apontou alguma coisa nesse sentido. Observamos que alguns alunos, habilitados a responder perguntas desse grupo, responderam corretamente a pergunta. No entanto, muitos deles responderam que o “Cromossomo” foi duplicado ou que a estrutura foi duplicada e essa mesma resposta foi dada por alunos que não haviam pontuado mais que três questões no Grupo II. Houve ainda um aluno que apontou o desaparecimento da heterocromatina como evento importante.

Esse dado, articulado com os demais, apresenta outro resultado muito importante: a estratégia utilizada por alunos desse extrato para responder questões de múltipla escolha. Muitos alunos não sabem dissertar uma resposta coerente que envolva os conceitos “Cromossomos” e “Cromatina”, e não sabem lidar com as multidensões desses conceitos para trabalhar não só a sua definição, mas também a identificação em representações gráficas (as figuras da questão). O fato de não conseguirem realizar essa articulação cognitiva na elaboração de uma resposta escrita, muito embora tenham feito *scores* elevados nas questões de múltipla escolha (que consideram os mesmos conceitos), revela que, muito provavelmente, muitos alunos nunca se apropriaram, de fato, de conceitos importantes para a Biologia Molecular. Ao invés disso, podem ter lançado mão de outros conceitos básicos, já fundamentados em sua estrutura cognitiva, na tentativa de eliminar respostas incorretas e aumentar suas chances de acerto nas questões objetivas do teste.

Notamos ainda que alunos de AR1 responderam corretamente a pergunta, evidenciando a duplicação da cromatina. Também analisamos as respostas dos outros dois alunos do nível Conceitual (no extrato AR), os quais não conseguiram associar a figura com a cromatina, mas ressaltaram que houve uma duplicação, resposta similar a dos alunos do CAp.

Em JM, nenhum aluno foi considerado como sendo de nível Procedimental, mas consideramos as respostas de todos os alunos a essa questão para efeito comparativo com os outros extratos. Quatro alunos responderam que a cromatina foi duplicada e muitos responderam algo como: “a estrutura foi duplicada”, como alunos do extrato CAp.

A similaridade entre a resposta de alunos de extratos com perfis de distribuição tão diferentes, ao longo dos níveis de alfabetização, corrobora nossa

hipótese de que muitos alunos do extrato CAp não se apropriaram realmente do conceito “Cromatina”, e ainda, que não o relacionam a “Cromossomos” mas antes, lançaram mão de estratégias de eliminação e lograram obter altos *scores* nas perguntas de múltipla escolha

É interessante ressaltar que incapacidade de enxergar “Cromossomos” e “Cromatina” sobre mais de uma perspectiva parece ser comum à maior parte dos alunos de todos os extratos.

Considerando o mapa conceitual do extrato CAp, encontramos um ponto de discussão:

Por que os alunos associaram “Cromatina”, “Cromátide” e “Cromossomos” entre si nos mapas conceituais, mas não associaram esses conceitos com “DNA” no Teste de Alfabetização Científica (salvo o último conceito)?

Aparentemente, esse resultado indica que os alunos têm em sua estrutura cognitiva um arranjo que relacione os três conceitos devido aos seus conteúdos. No entanto, Gowin (GOWIN, 1999) alerta que os alunos podem associar conceitos pela sua forma ou pela maneira como foram apresentados ao invés de associá-los por seu conteúdo, e nesse caso, dizemos que houve associação livre. Provavelmente, os alunos desse extrato se utilizaram de associação livre para relacionar “Cromossomos”, “Cromatina” e “Cromátide”, pelo radical comum “crom” de cada conceito, sem saber de fato, porque os estavam relacionando.

Não é possível, com base nos dados, afirmar categoricamente que eles lançaram mão da associação livre, no entanto, a análise da questão apresentada do Grupo III (página 30) revela que esses alunos não associam o conteúdo dos conceitos de “Cromatina” com “Cromossomo”, já que muitos sequer empregaram o conceito “Cromatina” em suas respostas e que empregaram o conceito “Cromossomo” em seu lugar. A análise da questão cinco do Grupo II (página 28) também aponta para uma possível falta de conhecimento do que seja a cromatina.

Outro resultado que indica associação livre é a ligação feita por alunos desse extrato entre os conceitos “Núcleo” e “Nucléolo”. Aparentemente, esses alunos teriam ciência do conceito de “Nucléolo” e que essa estrutura aparece no núcleo. Todavia, se observamos a resposta à questão número cinco do Grupo II (página 28) nos deparamos com um dado contrastante: esses alunos não

conseguiram associar o “Nucléolo” com a tradução do “DNA”. Além do mais, no próprio mapa conceitual os alunos não associaram “Nucléolo” com “RNA”. Isso indica que provavelmente os mesmos fazem associações livres determinadas pela forma e não pelo conteúdo do conceito.

As respostas a questão do Grupo III (página 30) fundamentaram uma discussão importante. Como já foi exposto, verificamos também, que se comparada com a resposta de alunos de outros níveis de alfabetização ou até de outros extratos, não se vê grande diferença. Muitos alunos, em todos os níveis, observaram que houve uma duplicação.

Esse dado corrobora resultados de exames formais (ENEM, vestibulares em geral e PISA) que medem diretamente ou indiretamente a alfabetização científica. Muitos alunos que estão atestadamente alocados em níveis inferiores de alfabetização conseguem fazer *scores* em níveis muito elevados. Neste caso, acreditamos que a figura ajuda na elaboração da resposta. Dessa forma, fica claro que a questão não revela somente dados com relação à alfabetização científica, mas a capacidade geral do aluno de interpretar textos.

Essa habilidade dos alunos desse extrato de interpretar textos somada à habilidade de mobilizar conceitos acessórios para eliminar respostas incorretas, poderia ser considerada como uma interferência no processamento dos dados. No entanto, preferimos considerar isso também um dado importante.

Segundo Lorenzetti e Delizoicov, a aquisição do sentido mais amplo de palavras e conceitos auxilia a elucidação do significado de novos conceitos (LORENZETTI e DELIZOICOV, 2001), ou seja, aumenta a possibilidade de que os conceitos presentes na estrutura cognitiva do aluno funcionem como conceitos subsunçores. Esse dado é corroborado pela pesquisa de Gil-Pérez e Vilches (GIL-PÉREZ e VILCHES, 2006).

Nesse extrato, de maneira mais independente, o aprendizado de novos conceitos será observado – principalmente pela grande facilidade com que esses alunos interpretam textos – e a importância da proposta de aula escolhida é um pouco menor, isto é, mesmo propostas que sejam falhas, resultarão em alguma evolução na aprendizagem, justamente porque esses alunos têm a capacidade de se valer das habilidades que já possuem (interpretar textos do material didático, mobilizar conceitos previamente adquiridos) para aprender novos conceitos.

Esse dado pode ser confrontado com as pesquisas de Nogueira e Nogueira (NOGUEIRA e NOGUEIRA, 2002) que se baseia na obra de Bourdieu para dizer que o desempenho de alunos, em exames locais ou nacionais, pode refletir na verdade a rede de proteção social na qual estão inseridos, e não as habilidades cognitivas de cada um.

Na verdade, os alunos desse extrato demonstram habilidade de interpretação e mobilização de conceitos porque a alfabetização científica, e alfabetização em senso comum, vêm sendo trabalhadas neles continuamente, desde fases iniciais da sua formação. Essas ações positivas se acumulam ao longo da história dos alunos, se estes possuem a capacidade de mobilizar conceitos é porque têm sido estimulados a fazer isso desde o início de sua formação. Precisamos considerar sempre o histórico do grupo que analisamos.

A princípio, se tomados a estaque, poderíamos erroneamente julgar suas habilidades cognitivas como sendo diferentes por razões puramente subjetivas, mas esse não é o caso, as estratégias dos professores daquela instituição são muito importantes.

## **5. CONCLUSÃO**

Alunos do Colegio Estadual Prof. Fernando Antônio Rajá Gaba Glia foram alocados predominantemente nos níveis Nominal e Funcional de alfabetização científica.

Alunos do Colegio Estadual Jeannette Mannarino foram alocados predominantemente no nível Nominal de alfabetização científica.

Alunos do Colegio de Aplicação Fernando Rodrigues da Siqueira foram alocados predominantemente no nível Conceitual de alfabetização científica.

Preparamos as aulas com o objetivo de avaliar qual seria o impacto de uma intervenção pequena, e estaque, nos extratos analisados com relação a alfabetização científica e aprendizagem significativa.

As aulas preparadas especificamente para cada grupo parecem ter surtido um resultado positivo com relação à melhor associação de conceitos subsunçores, facilitando a aquisição progressiva de novos conceitos.

Os conceitos mais inapropriadamente associados receberam mais foco no momento da elaboração de material didático alternativo. Essa proposta se mostrou altamente eficiente, considerando-se o número de alunos que passou a associar corretamente tais conceitos.

O número de alunos que associa “Nucléolo” a “RNA” dobrou, e triplicou o número de alunos que passaram a associar “Cromatina” a “DNA” no extrato AR, por exemplo.

Observamos que alunos que aprendem vários conteúdos por meio da aprendizagem significativa, através da construção de conexões entre diversos conteúdos, devem evoluir mais rapidamente e a níveis mais superiores de alfabetização científica.

Alunos em níveis basais de alfabetização científica são sensíveis a propostas que consideram o perfil de sua turma, o nível de alfabetização em que se encontram e aprendizagem significativa.

Mapas conceituais e testes de alfabetização se mostraram eficazes na avaliação da estrutura cognitiva e como ferramenta para o planejamento de aulas.

## REFERÊNCIAS:

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Educational psychology*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- AVERY, M. e McCARTY, M. Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types: Induction of Transformation by a Desoxyribonucleic Acid Fraction Isolated from Pneumococcus Type III. *Journal of Experimental Medicine*, Nova York, v.79(1), p.137–58, 1944.
- BEADLE, G. e TATUM, E. Genetic control of biochemical reactions in Neurospora, *PNAS*, Washington, v.27, p. 499-506, 1941.
- BONDÍA, J. Notas sobre a experiência e o saber da experiência. *Revista Brasileira de Educação*, Rio de Janeiro, v. 19, p. 20-28, 2002.
- BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei 9.394, de 20/12/1996.
- BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, 1999<sup>a</sup>.
- BRITO, V. 2010. Curso de Gestão em Biotecnologia atende demanda de pólo mineiro. Disponível em: <[http://www.necnet.net/artigo.php?id\\_artigo=40075&item=14515](http://www.necnet.net/artigo.php?id_artigo=40075&item=14515)>. Acesso em: 15 de Nov. 2010.
- BUSBY, S. e O'REILLY, R. Generalizable Relational Binding from Coarse-coded Distributed Representations. *Advances in Neural Information Processing Systems*, Augusta, v.14, p. 183-191, Augusta, 2002.
- BYBEE, R. *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*. Portsmouth: Heinemann Educational Books, 1997.

- BYBEE, R. *National Standards and the Science Curriculum: Challenges, Opportunities, and Recommendations*. Dubuque: Kendall/Hunt Publishing, 1996.
- CACHAPUZ, A. e GIL-PÉREZ, D. *A necessária renovação do ensino das ciências*. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. *Enseñanza de las Ciencias*, Tandil, v.19(2), p. 243-254, 2001.
- CAMARGO, S.; INFANTE, M. e AMABIS, J. O Ensino de Biologia Molecular em Faculdade e Escolar Médias de São Paulo. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*, São Paulo, v. 01/2007, Artigo A, 2007.
- CARUSO, F. Desafios da Alfabetização Científica. *Ciência, Cultura e Sociedade: A Importância da Educação Científica Hoje*, Rio de Janeiro, v.único, 2003.
- CARVALHEIRO, J. R. O crucial debate da ciência no limiar do século 21. *Ciência e Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 7(1), p. 17-20, 2002.
- DRIVER, R. e ASOKO, H. Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, São Paulo, v.9, p.31-40, 1999.
- DONOGHUE, M. J. Flowering times in *Viburnum*. *Arnoldia*, Kansas, v. 40, p.2-22, 1980.
- DOYLE, J. A. *Relationships of angiosperms and Gnetales: a numerical cladistic analysis*. In Systematic and Taxonomic. London: Oxford Univ. Press, 1986.
- FAGUNDES, N. J. 2007. Origem do Homo sapiens e sua chegada às Américas : uma contribuição da antropologia molecular. Disponível em:<<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/10960>> Acesso: 12 de Abr. 2011.

- FERREIRA, A. B. *Dicionário Aurélio Básico de Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1988.
- FISHER, R. A. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Broadbridge: Clarendon Press, 1918.
- FOUREZ, G.; LECOMPTE, V. E.; GROOTAERS D.; MATHY, P. e TILMAN, F. *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue, 1997.
- FRIEDMANN, T. e ROBLIN, R. Gene Therapy for Human Genetic Disease? *Science*, Nova York, v. 175(25), p. 949, 1972.
- GADOTTI, M. 1999. Pedagogia da terra: Ecopedagogia e educação sustentável. Disponível em:  
<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/22168/1/articulo6.pdf>> Acesso: 04 de Abr. 2011.
- GALAGOVSKY, R. *Redes conceptuales – aprendizaje, comunicación y memoria*. Buenos Aires: Lugar Editorial, 1996.
- GIL-PÉREZ, D. e VILCHES, A. Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, Buenos Aires, v.42, p. 31-53, 2006.
- GOWIN, D. *Aprender a aprender*. Tradução de Carla Valadares. 2. ed. Lisboa: Plátano Edições, 1999.
- GRIFFITH, F. The Significance of Pneumococcal Types. *Journal of Hygiene*, Baltimore, v. 27 (2), p. 113–59, 1928.
- HARDY, G. H. Mendelian proportions in a mixed population. *Science*, Nova York, v. 28, p. 49–50, 1908.
- JENKINS, E. Comprensión pública de la ciencia y enseñanza de la ciencia para la acción. *Revista de Estudios del Currículum*, Barcelona, v. 2(2), p. 7-22, 1999.



LEWITT, P.; REZAI, A. R. e LEEHEY, M. A. AAV2-GAD gene therapy for advanced Parkinson's disease: a double-blind, sham-surgery controlled, randomised trial. *The Lancet Neurology*, Nova York, v. 147, p.54-74, 2011.

LORENZETTI, L. e DELIZOICOV, D. 2001. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. Disponível em: <[http://www.fae.ufmg.br/ensaios/v3\\_n1/leonor.PDF](http://www.fae.ufmg.br/ensaios/v3_n1/leonor.PDF)>. Acesso: 09 de Abr. 2011.

LÜDKE, M. e BOING, L.A. O trabalho docente nas páginas de Educação & Sociedade em seus (quase) 100 números. *Educação & Sociedade*, Campinas, v. 28, n. 100, p. 1179-1201, 2007.

MACEDO, J. *Construção de material didático que auxilie na compreensão da estrutura genômica e de fenômenos relacionados à dinâmica do DNA e análise da concepção dos alunos sobre o tema*. Monografia do Curso de Especialização em Ensino de Ciências, UERJ, 2011.

MCILWAIN, C. e BONALUME, R. News Feature – A springboard to success. *Nature*, Londres, v. 407, p. 440, 2000.

MILLAR, R. Um currículo de ciências voltado para a compreensão por todos. *Ensaio*, Belo Horizonte, v. 5(2), p. 34-37, 2003.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MORGAN, T. H. Sex-limited inheritance in *Drosophila*. *Science*, Nova York, v. 32, p. 120-122, 1910.

MUNN, M.; SKINNER, P. O.; CONN, L.; HORSAMA H. G. e GREGORY, P. The Involvement of Genome Researchers in High School Science Education - Review. *Genome Research*, Nova York, v. 97, p. 597- 607, 1999.

NERCI, G. *Introdução á didática geral*. 14.<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Científica, 1976.

NOGUEIRA, C. e NOGUEIRA, M. A sociologia da Educação de Pierre Bourdieu: Limites e contribuições. *Revista Educação & Sociedade: Revista quadrimestral de Ciências da Educação*, Campinas: Cedes (Centro de Estudos da Educação e Sociedade), Nº78, Ano XXIII, 2002.

NOVAK, J. Meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, Wisconsin, v.89(4), p. 548-571, 2002.

NOVAK, J. e GOWIN, D. *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996.

OSADA, N. M. e COSTA, M. C. 2006. A construção social de gênero na Biologia: preconceitos e obstáculos na biologia molecular. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-01/20111180\\_2004.83332006000200011&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-01/20111180_2004.83332006000200011&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso: 29 de Nov. 2010.

PEDRANCINI, D.; CORAZZA-NUNES, M. J.; GALUCH, M. T. B.; MOREIRA, A. L. O. R. e RIBEIRO, A. C. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 6(2), p. 299-309, 2007.

PONTES, J. e NETO, P. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. *Série Estudos – Periódico do Mestrado em Educação da UCDB*, Mato Grosso do Sul, v. 21(jan/jun), p.117-130, 2006.

RABINO, I. Gene therapy: ethical issues. *Theoretical Medicine & Bioethics*, Nova York, v. 24(1), p. 31-58, 2003.

RATTAN, S. Magic Universe: A grand tour of modern science. *EMBO*, Londres, v.7(5), p. 477, 2006.

RICARDO, E. C. e ZYLBERSZTAJ, N. A. Os parâmetros Curriculares Nacionais para as Ciências do Ensino Médio: Uma análise a partir da visão de seus elaboradores. *Investigação em Ensino de Ciências*, São Paulo, v.13(3), p. 257-274, 2008.

SHAPIRO, F. J. (em PROCEEDINGS da 4ª *International Conference on Biological Physics*, Quioto, Japão, 30 de julho a 3 Agosto de 2001) A 21<sup>st</sup> Century View of evolution James A. *Biol. Phys. impresso Shapiro Department of Biochemistry and Molecular Biology*, Chicago, IL 60637. 2001.

SILVA, P. B. e MORADILLO, F. Avaliação, ensino e aprendizagem de Ciências. *Ensaio*, Belo Horizonte, v. 4(1), 2002.

STURTEVANT, A. H. The linear arrangement of six sex-linked factors in *Drosophila*, as shown by their mode of association. *Journal of Experimental Zoology*. Nova York, v. 14, p. 43-59, 1913.

SUTTON, W. S. The chromosomes in heredity. *Biol. Bull*, Washington, v.4, p. 231–251, 1903.

TRIUNFOL, M. L. Latin American Science Moves into the Spotlight. *Cell*, Cambridge, v. 131, p. 1213 – 1216, 2007.

TRIVELATO, S. *Ciência, tecnologia, sociedade: mudanças curriculares e formação de professores*, Faculdade de Educação da USP, 1987.

TRIVELATO, S. *Ciência, tecnologia, sociedade: mudanças curriculares e formação de professores*, Faculdade de Educação da USP, 1993.

VOLOCH, C. e SOLÉ-CAVA, A. Genetic structure of the sea-bob shrimp (*Xiphopenaeus kroyeri* Heller, 1862; Decapoda, Penaeidae) along the Brazilian southeastern coast. *Genetics and Molecular Biology*. São Paulo, v. 28(2), p. 254-257, 2005.

WATSON, J. D. e CRICK, F. H. C. A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, Londres, v. 171, p. 737-738, 1953.

WEBBER, A. C. 2007. Morfologia e Taxonomia de Espermatófitas II Sistemática Molecular. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/sistemica-molecular-pdf-a107444.html>. Acesso: 05 de Abr. 2011.

WEINBERG, W. Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde*, Württemberg, v.64, p. 368–382, 1908.

ZHANG, X.; HORWITZ, A.; HEANEY, P.; NAKASHIMA, M.; PREZANT, R.; BRONSTEIN, D. M. E MELMED, S. Pituitary Tumor Transforming Gene (PTTG) Expression in Pituitary Adenomas. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. Los Angeles, v. 84(2), p. 761-767, 1999.

## ANEXO I

### Teste de Alfabetização Científica

Grupo I:

1) Você já ouviu falar em alguma das palavras abaixo? Se sim quais?

I – Célula

II –DNA

III –Cromossomo

IV –Cromatina

2) Leia o trecho do texto abaixo:

“(...) a produção de antibióticos visa bloquear a síntese de proteínas bacterianas.”

Ref. Scientific American Abr. 2007

Algumas pessoas podem não entender muito bem o que está escrito nesse trecho, dentre as palavras abaixo qual delas você acredita que dificultam mais a compreensão do trecho?

a) Produção.

b) Bloquear.

c) Síntese.

d) Proteínas.

e) Bloquear.

3) Qual das estruturas abaixo está diretamente relacionada ao processo de replicação do DNA?

- a) Fagossomos.
- b) Centríolos.
- c) Glicocálix.
- d) Complexo de Golgi.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

4) Todos os seres vivos por mais diferentes que sejam, possuem algumas características em comum, dentre elas podemos citar:

- a) A reprodução sexuada.
- b) O metabolismo aeróbico.
- c) A presença de DNA.
- d) A capacidade de se locomover.
- e) A presença de núcleo celular.

5) A pesquisa e produção de alimentos transgênicos possibilitou ao Brasil grande desenvolvimento no cultivo de monoculturas e exportação de insumos para todo o mundo. Um organismo transgênico por definição:

- a) É aquele que recebe uma proteína vinda de outro ser vivo e que lhe dá resistência a pragas.
- b) É aquele que recebe células inteiras de indivíduos de outra espécie que atuarão como células de defesa contra pragas.
- c) É aquele cujas sementes são transportadas para bancos de sementes para produção de alimento em condições ideais.
- d) É aquele que recebe moléculas nutritivas como lipídios e açúcares para se tornar mais atraente sob o ponto de vista comercial.

e) É aquele que recebe no seu genoma genes de outros seres vivos que promovem a expressão da característica de outro ser vivo no indivíduo transgênico.

Grupo II:

1) Qual das estruturas abaixo contem DNA:

- a) Cabelo.
- b) Pele.
- c) Ossos.
- d) Músculos.
- e) Todas as anteriores.

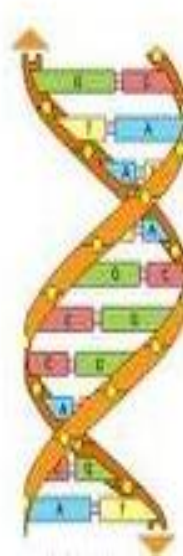
2) Os cromossomos estão localizados no:

- a) Citoplasma, onde são utilizados na produção de proteínas.
- b) Núcleo, onde são formados durante a divisão celular.
- c) Meio extracelular, pois são produzidos por células específicas e liberados para funções variadas.
- d) Nucléolo, uma estrutura do núcleo responsável por armazenar os cromossomos.
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

3) Sobre as características gerais dos seres humanos podemos afirmar que:

- a) Realizam respiração branquial.
- b) Possuem sistema nervoso difuso.
- c) Possuem 23 pares de cromatinas no núcleo.
- d) Machos e fêmeas apresentam glândulas mamárias.
- e) Possuem 23 cromossomos no núcleo de todas as células.

4) Analise a figura abaixo e assinale a alternativa falsa:



Fita I

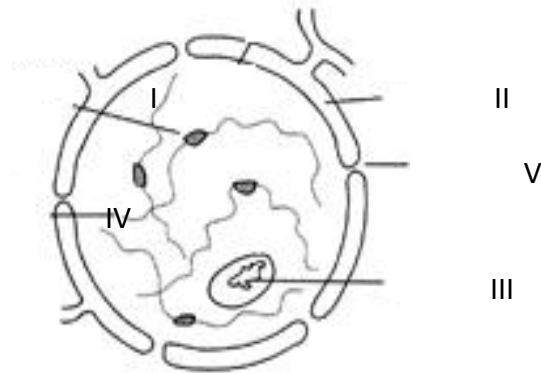
Fita II

Figura 1: Molécula de DNA

- a) A figura mostra a molécula de DNA: a primeira fita veio do pai e a segunda da mãe.
- b) A figura mostra a molécula de DNA: as fitas são formadas por açúcares com íon de fosfato e uma base nitrogenada associados.
- c) A figura mostra a molécula de DNA, a interação entre as duas fitas se dá por pontes de hidrogênio.
- d) A figura mostra uma macromolécula diretamente envolvida no processo de transcrição.
- e) A figura mostra uma macromolécula diretamente envolvida no processo de tradução.



5) Observe o esquema que representa o núcleo de uma célula eucariótica e assinale a alternativa correta:



**Figura 2: Núcleo.**

- a) II representa a carioteca, membrana que delimita o núcleo e que é característica de todos os seres vivos.
- b) III indica que o DNA dessa célula está sendo copiado.
- c) O núcleo celular é envolto por uma membrana com poros como vemos em I
- d) Uma informação contida em algum gene presente em I será facilmente copiada pela célula
- e) Nenhuma das alternativas anteriores.

Grupo III:

1) *“Todos nós temos DNA encerrado no núcleo celular, e esse DNA está lá protegido, justamente porque é importante que ele não sofra nenhum tipo de alteração (...)”*

Se o DNA está mesmo encerrado no núcleo, como a célula pode utilizar a informação contida nessa molécula para síntese de proteínas no citoplasma?

2) A diabetes do tipo I é uma doença que está fortemente relacionada à fatores genéticos. Sabemos que mesmo com hábitos de vida saudáveis indivíduos filhos de portadores dessa doença tendem a se tornarem diabéticos desde a infância.

Qual molécula fundamental das células do pâncreas contem o defeito que levará ao desenvolvimento da diabetes?

3) Uma paciente foi diagnosticada com câncer de pele e teme que a doença seja passada aos filhos que ela pretende ter. O médico esclarece que isso não seria possível. Considerando que o câncer é uma doença nos genes explique que fatores podem ter contribuído para o desenvolvimento do câncer de pele e por quê ele não será transmitido aos filhos da paciente.

4) Analise a figura abaixo indicando as diferentes maneiras pelas quais o DNA pode se apresentar no núcleo e responda:

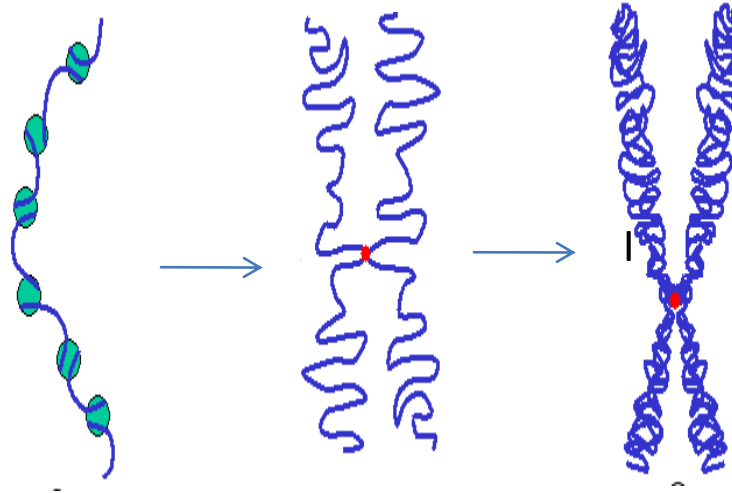


Figura 3: Diferentes estruturas nucleares que contem DNA.

- Qual a diferença do DNA em A e em B? Por que ele passa pelo processo I?
- Qual a diferença do DNA em B e em C? Por que ele passa pelo processo II?

5) Sabe-se que todas as células do corpo, desde fibras musculares, até células do epitélio intestinal tem a mesma origem, são todas descendentes da célula-ovo, aquela que surge logo após a fecundação. Exatamente por isso, todas elas contem DNA com as mesmas informações (o DNA de todas as células é a cópia do DNA da primeira célula). Assim sendo, porque então as células dos diferentes tecidos são tão diferentes umas das outras?

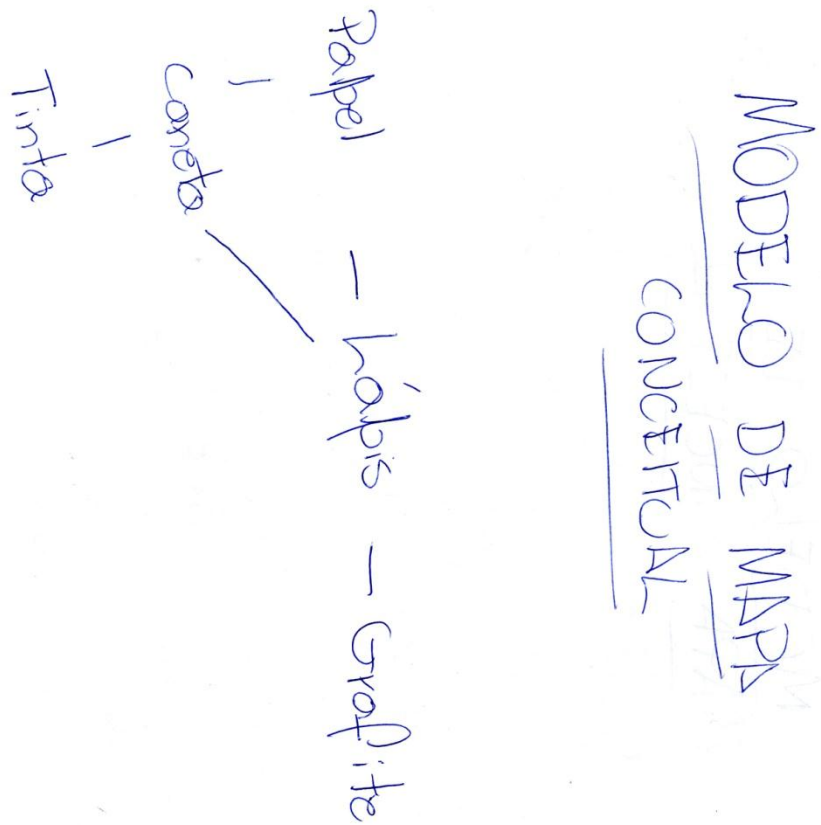
Grupo IV:

1) Leia o trecho de uma reportagem, abaixo:

*“le sofreu sérias queimaduras e voltou para a cidade onde morava, Nagasaki. A segunda bomba foi detonada em 9 de agosto, três dias depois da primeira (...) as explosões resultaram na morte de cerca de 220 mil pessoas em Hiroshima e Nagasaki, até o final de 1945 (...) Yamaguchi espera que sua história sirva como lição de paz para gerações futuras.”*

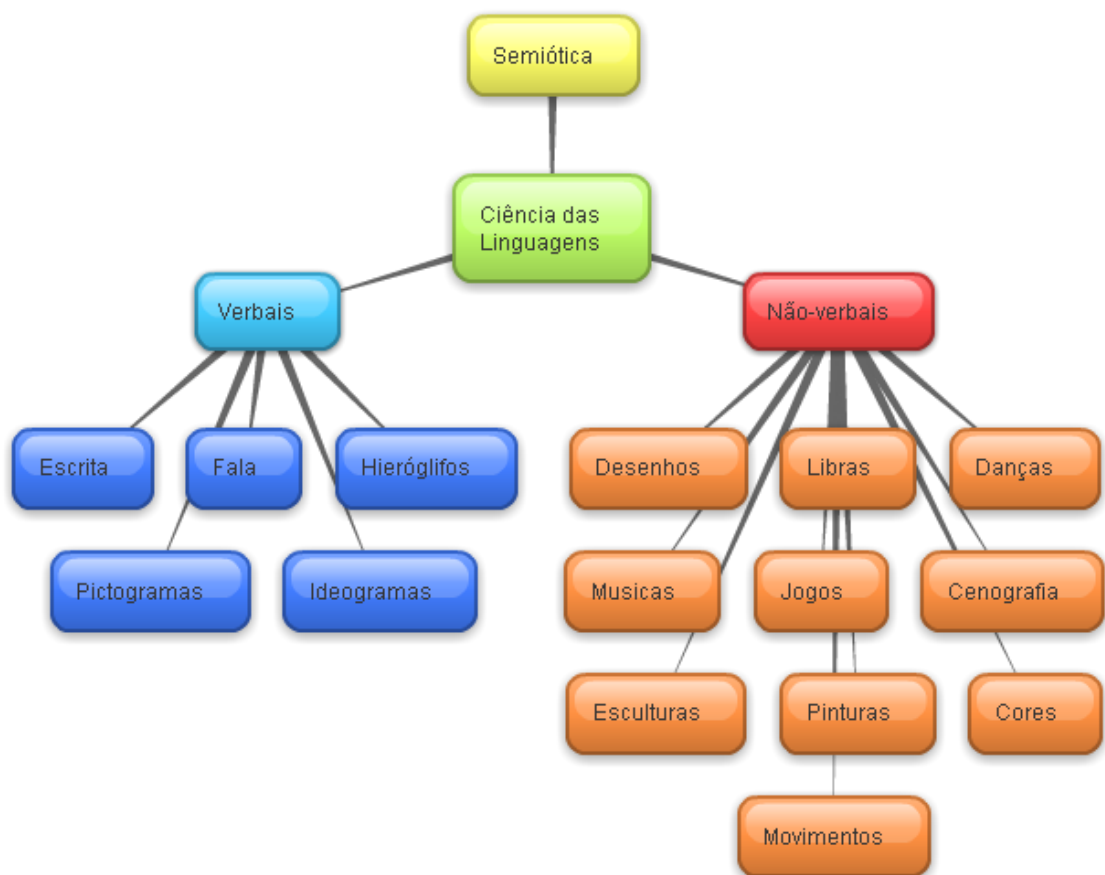
Considerando a interação da radiação com as moléculas orgânicas (incluindo os ácidos nucleicos), explique, com suas palavras, quais deverão ser os efeitos a curto e a longo prazo sobre os habitantes de Nagasaki que entraram em contato com a radiação da bomba nuclear.

ANEXO II  
Mapas Conceituais



Daniel A. Escodino

Modelo de Mapa Conceitual apresentado aos alunos de todos os extratos no momento das instruções para a montagem de mapas.



Exemplo de mapa conceitual.

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com>

Acesso: 15 de junho de 2011.

### ANEXO III

Fotografias do material didático utilizado para uso nas aulas nos três extratos. (Macedo, 2011)



Fig 1 Todo material utilizado: Reproduções do núcleo, da molécula de DNA, dos cromossomos e painel para montagem de cariótipo.



Fig 2 Modelo de núcleo celular, em evidência: os poros da carioteca e a cromatina no interior do núcleo.



Fig 3 Modelo de cromossomos, em escala maior (ao fundo) e em escala menor (mais à frente e no interior do “núcleo durante a mitose”).



Fig 4 Painel didático para montagem de cariótipo.

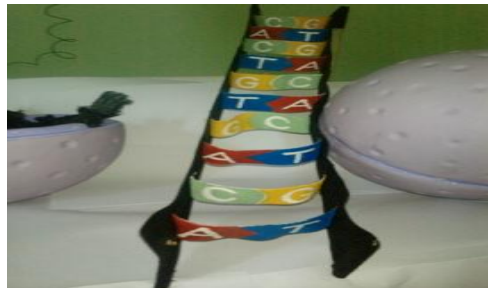


Fig 5 Modelo de DNA evidenciando as bases nitrogenadas.