

COMO OS ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO RELACIONAM OS CONCEITOS DE LOCALIZAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO MATERIAL GENÉTICO?

Rodrigo Venturoso Mendes da Silveira*

José Mariano Amabis

Instituto de Biociências, USP
Rua do Matão, trav. 13, nº 106
05508-090 São Paulo, SP, Brasil

Resumo

Pesquisas no ensino de Genética, especificamente sobre pseudo-conceitos e dificuldades dos estudantes na resolução de exercícios envolvendo herança biológica, evidenciam os problemas que os professores enfrentam ao tentar inserir temas atuais – como alimentos transgênicos, clonagem e testes de identificação por DNA – tão necessários para a educação científica almejada. Para compreender como os estudantes relacionam os conceitos de localização e organização do material genético é que desenvolvemos este trabalho e, para isso, adequamos metodologias tradicionais às nossas necessidades e particularidades. Inicialmente, um questionário adaptado foi aplicado em seis diferentes escolas com 186 alunos do 3º ano do Ensino Médio e 156 alunos do 1º ano. Durante a análise estatística desses dados, percebemos que seriam necessárias entrevistas semi-estruturadas para compreender os resultados obtidos com o questionário. Concluímos que algumas relações conceituais, não são compartilhadas por esses alunos, por exemplo, todas as células possuem informação genética. No entanto, outras relações são compartilhadas por eles, como que os gametas possuem cromossomos e genes. A partir disso, pudemos elaborar algumas recomendações para o Ensino de Genética.

Palavras-chave: Genética; Conceitos; Ensino Médio.

INTRODUÇÃO

A Pesquisa no Ensino de Genética

De acordo com Rodríguez (1995), a pesquisa sobre ensino de Genética durante os anos setenta foi escassa. Contudo, um trabalho de investigação já apontava a inapropriada compreensão de probabilidade e a ausência de um conceito simplificado de herança mendeliana como obstáculos para o desenvolvimento de conceitos genéticos mais elaborados por estudantes da escola secundária (Deadman & Kelly, 1978).

Trabalhos como o de Johstone & Mahmoud (1980) e o de Finlay *et al.* (1982) apresentam os temas genéticos como os mais difíceis, na percepção dos alunos, e também, segundo os professores do ensino médio, os mais importantes de se ensinar em Biologia. Esses trabalhos desencadearam um aumento das pesquisas relacionadas ao ensino de Genética nos anos seguintes, tanto no que se refere a concepções alternativas dos estudantes, como sobre a dificuldade destes na resolução dos problemas envolvendo herança biológica.

A busca pelas concepções prévias dos alunos que pela primeira vez entram em contato com o ensino formal de Genética na Espanha foi um dos objetivos definidos por Banet & Ayuso (1995). Das explicações espontâneas dos alunos, os autores puderam observar que existe uma concepção predominante, na qual apenas os gametas conteriam todas as informações hereditárias. As células somáticas conteriam apenas as informações necessárias à sua função específica. Ao comparar estes dados com os obtidos com alunos próximos do

término do ensino formal de Genética, os autores puderam observar a conservação das concepções pseudo-científicas, o que pode ser causado pelo não relacionamento dos conceitos de divisão celular com os de transmissão de características hereditárias.

A relação entre cromossomos, genes e a informação hereditária não é clara para os estudantes avaliados em outra pesquisa. Em um trabalho realizado por Lewis *et al.* (2000), alunos próximos do fim da educação científica obrigatória da Inglaterra apontaram ser os genes maiores que os cromossomos; pouca distinção foi feita por eles entre a função dos cromossomos e a dos genes, inclusive muitos acreditavam que alguns organismos poderiam conter cromossomos sem conter informação genética. Além da confusão relacionada com estas estruturas, ocorre certa utilização sem diferenciação dos termos cromossomo/gene e célula/gene. À semelhança do encontrado por Banet & Ayuso (1995), os alunos acreditam que as células que possuem o material genético se localizam no sangue e no sistema reprodutivo – geralmente masculino.

Boa parte das pesquisas recentes da área de Ensino de Genética partem da identificação de tais problemas para propor metodologias e abordagens diferenciadas que possibilitem minimizar a dificuldade do professor em tornar a aprendizagem do tema algo significativo para o aluno (Baker & Lawson, 2001; Ayuso & Banet, 2002).

Para compreender como os estudantes relacionam os conceitos de localização e organização do material genético é que desenvolvemos este trabalho. E a partir disso, podemos subsidiar propostas metodológicas para a resolução dos possíveis problemas encontrados.

MÉTODOS

O desenho metodológico inicial foi modificando-se durante o desenvolvimento do trabalho. Adequamos metodologias tradicionais às nossas necessidades e particularidades para tentar atingir o objetivo definido. Inicialmente, um questionário adaptado foi aplicado em diferentes escolas. Durante a análise estatística dos dados, percebemos que seriam necessárias entrevistas semi-estruturadas para compreender os resultados obtidos com o questionário.

Questionário

Um mapa de conceitos foi elaborado levando-se em conta as relações entre:

- os conceitos básicos envolvidos com a herança genética (DNA, alelo, gene, cromossomo, células, fenótipo e genótipo);
- os processos de divisão celular (mitose e meiose) e padrões de herança (segregação e segregação independente).

Para verificar a existência desses conceitos e de proposições deles decorrentes, elaboramos um questionário e fizemos alguns testes para validá-lo. Nesse processo de validação, realizamos reformulações e revisões sucessivas buscando o aperfeiçoamento do instrumento a ser utilizado, minimizando a possível ambigüidade dos resultados obtidos por meio dele.

Os resultados obtidos na avaliação do questionário permitiram chegar a uma versão final composta por nove questões, em sua maioria de múltipla escolha, mas com alguns exercícios de representações gráficas e de respostas abertas. Uma outra versão foi elaborada com questões semelhantes para alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Alunos

Com os instrumentos de coleta de dados finalizados, buscamos algumas escolas que nos permitissem aplicar os questionários. Os critérios principais para a escolha das escolas foram a disponibilidade e a receptividade dos professores e coordenadores.

Seis diferentes escolas da grande São Paulo (SP), sendo três públicas e três particulares, participaram da pesquisa. Duas classes de cada escola foram escolhidas pelos professores para preencher os questionários, sendo uma das classes de 1º ano e a outra, de 3º ano.

Os alunos receberam uma breve explicação do projeto e foram alertados que não seriam avaliados por meio do questionário. Durante cerca de 50 minutos, os alunos puderam preencher o questionário. O questionário foi preenchido por 186 alunos do 3º ano do Ensino Médio e por 156 alunos do 1º ano (Tab.I).

TABELA 1 - NÚMERO DE QUESTIONÁRIOS PREENCHIDOS POR ESCOLA DE ACORDO COM A SÉRIE DO ALUNO E O FINANCIAMENTO DA ESCOLA

	Escolas Públicas			Escolas Particulares		
	Escola A	Escola B	Escola C	Escola D	Escola E	Escola F
1º ano do EM	23	26	24	27	43	13
Total - 156	73			83		
3º ano do EM	30	36	24	28	35	33
Total - 186	90			96		

A comparação entre os dados obtidos nas diferentes escolas e nos diferentes anos foi feita com a utilização de algumas ferramentas estatísticas. Para averiguar se existiam diferenças nas frequências de acertos entre diferentes grupos, utilizamos o teste exato de Fisher (teste F). Quando a probabilidade obtida no teste foi igual ou superior a 5%, consideramos que as frequências não diferem significativamente entre si.

Entrevistas

Segundo Laville & Dionne (1999), o uso de questionários de múltiplas escolhas permite alcançar rápida e simultaneamente um grande número de pessoas, além de assegurar, através da uniformização, que cada pessoa veja as questões formuladas da mesma maneira. Já quanto às entrevistas, Ludke & André (1986) acreditam que sua utilização pode permitir um aprofundamento e esclarecimento de pontos levantados por outras técnicas como a de questionários de múltiplas escolhas.

Assim, na tentativa de esclarecer algumas questões colocadas a partir da análise dos questionários, decidimos realizar entrevistas semi-estruturadas com os alunos que finalizavam o Ensino Médio. Para isso, voltamos para uma das escolas públicas que nos recebeu durante a etapa dos questionários.

O questionário utilizado com os alunos do 3º ano do Ensino Médio foi novamente aplicado. Dos 37 alunos que responderam o instrumento, convidamos 9 e, finalmente, entrevistamos 3 desses alunos.

As entrevistas foram gravadas com a autorização dos alunos. E, conforme sugerido por Bogdan & Biklen (1994), transcrevemos apenas os trechos que dizem respeito às nossas preocupações. Durante a conversa, os alunos puderam rever seus questionários. Nossas perguntas solicitavam que os entrevistados expusessem quais os conhecimentos que mobilizaram para responder o instrumento.

RESULTADOS

Questionário

Muitos dados foram gerados a partir do questionário com nove questões. Decidimos analisar apenas as questões relacionadas com a estrutura e localização da informação hereditária.

A primeira questão analisada permite verificar se os alunos reconhecem que as células possuem cromossomos, genes e DNA (Quadro II). Além disso, foi possível verificar, por exemplo, se os alunos assinalam a presença de cromossomos em determinada célula e a ausência de genes ou DNA na mesma. Assim, fica evidente que não relacionam tais estruturas entre si.

QUADRO 1 - QUESTÃO APRESENTADA PARA OS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO (1º E 3º ANOS) SOBRE A PRESENÇA DE CROMOSSOMOS, GENES E DNA EM DIFERENTES CÉLULAS

Preencha a tabela abaixo com (S), se as células citadas possuem os itens indicados nas colunas, ou (N), se não possuem. Caso não esteja seguro da resposta, coloque (NS).			
Células	Cromossomos	Genes	DNA
glóbulos vermelhos (hemácias)	()	()	()
células nervosas (neurônios)	()	()	()
células da pele (epiteliais)	()	()	()
óvulos	()	()	()

Quanto aos cromossomos e genes, já podemos observar (Fig.1) que são mais frequentemente assinalados nos óvulos pelos alunos do 3º ano. Além disso, não existe uma relação direta nos valores assinalados para as diferentes estruturas. Considerando apenas os questionários com respostas válidas (S ou N) para todas as estruturas, a presença de DNA, genes e cromossomos é assinalada simultaneamente em apenas 19,35% das respostas obtidas sobre hemácias; 21,51%, sobre neurônios; 31,18%, sobre células epiteliais; e 48,39%, sobre os óvulos. A ausência dessas entidades nunca é assinalada simultaneamente em mais de 13% dos diferentes tipos celulares (10,22%, 12,37%, 7,53% e 9,68%, respectivamente).

Ao comparar as taxas de respostas corretas com as dos alunos do 1º ano do Ensino Médio, verificamos que, nos óvulos, as diferenças só não foram significativas quanto ao DNA (Tab.II). As frequências de respostas em branco e “não estou seguro da resposta” dos alunos do 1º ano são muito próximas da frequência da resposta “possuem”, chegando mesmo a ultrapassá-la em alguns itens (Fig.2).

TABELA 2 - RESPOSTAS AFIRMATIVAS DOS ALUNOS DO 1º ANO E DO 3º DO ENSINO MÉDIO À QUESTÃO (QUADRO II) E AS PROBABILIDADES OBTIDAS NO TESTE F COMPARANDO ESSAS RESPOSTAS

Ano	N	Cromossomos				Genes				DNA			
		hemácias	neurônios	epiteliais	óvulos	hemácias	neurônios	epiteliais	óvulos	hemácias	neurônios	epiteliais	óvulos
1º	156	76	65	67	64	37	53	62	84	71	57	78	84
3º	186	61	85	94	118	63	69	97	122	41	79	108	109
Teste F	P=	0,00	0,26	0,09	0,00	0,02	0,31	0,01	0,01	0,00	0,15	0,08	0,21

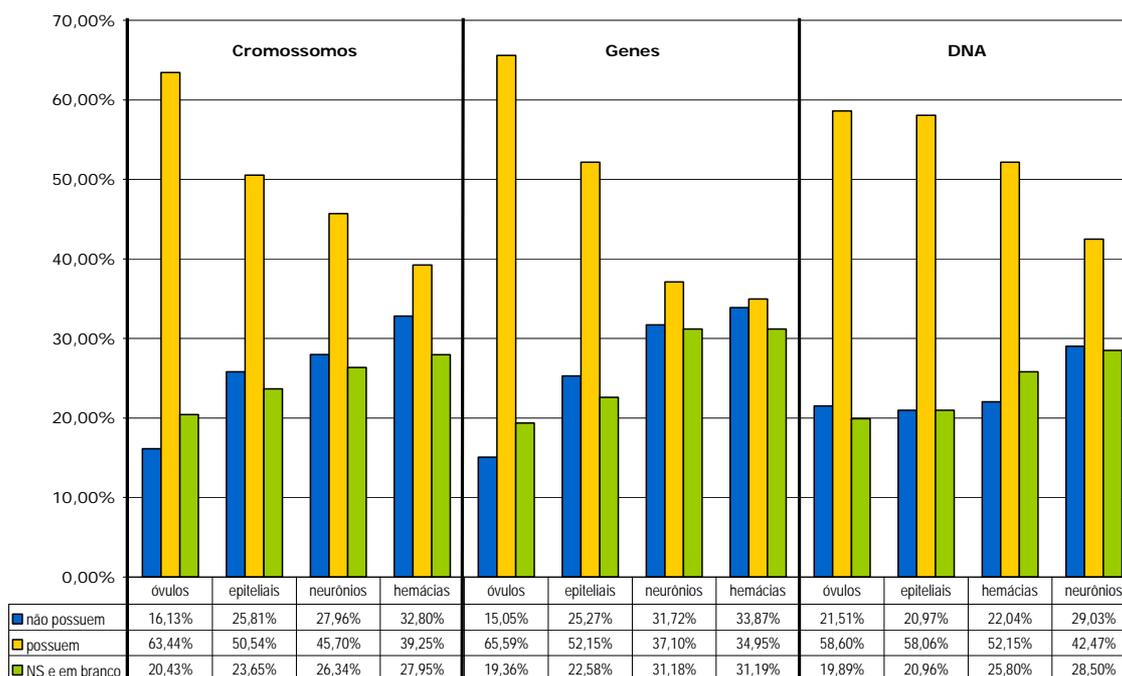


FIGURA 1 - RESPOSTAS DOS ALUNOS DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO À QUESTÃO: “AS CÉLULAS POSSUEM CROMOSSOMOS, GENES E DNA?”

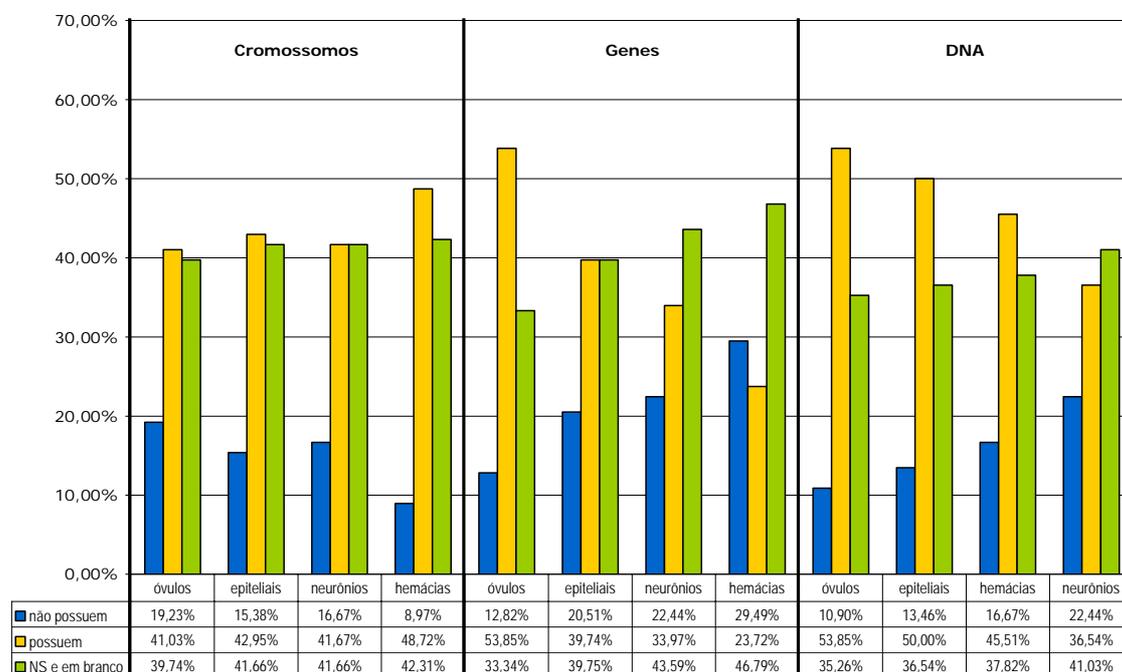
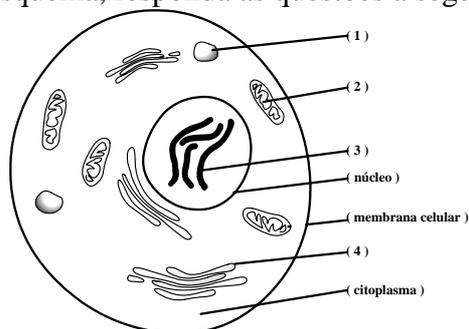


FIGURA 2 - RESPOSTAS DOS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO À QUESTÃO: “AS CÉLULAS POSSUEM CROMOSSOMOS, GENES E DNA?”. (N=156)

A segunda questão analisada (Quadro III) verificou, dentre outros aspectos, se os alunos reconhecem o cromossomo na ilustração esquemática de uma célula.

QUADRO 2 - QUESTÃO APRESENTADA PARA OS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO (1º E 3º ANOS) SOBRE A RELAÇÃO ENTRE CROMOSSOMOS, GENES E DNA

A seguir, esquematizamos uma célula da mucosa da boca de um animal. Com base neste esquema, responda as questões a seguir e caso não esteja seguro da resposta, coloque (NS).



a – Das estruturas indicadas, qual é o cromossomo? ()

A frequência de alunos que indicaram corretamente o cromossomo no esquema (73,12%) diminuiu quando observamos dentre esses, quais também assinalam, na questão anterior (Quadro II), a presença de cromossomos nos óvulos, nos neurônios e nas células epiteliais simultaneamente (20,97%). As diferenças encontradas quando comparamos as diferentes turmas (1º e 3º anos) foram significativas (Tab.IV).

TABELA 3 - RESPOSTAS CORRETAS DOS ALUNOS DO 1º E DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO À QUESTÃO (QUADRO III) E AS PROBABILIDADES OBTIDAS NO TESTE F COMPARANDO AS RESPOSTAS OBTIDAS

Ano	N	Respostas corretas
1º	156	67
3º	186	136
Teste F	P=	0,0000

Por fim, a terceira questão analisada nos traz informações relevantes sobre a localização do material genético ao identificar quais seriam as células que, segundo os alunos que terminavam o Ensino Médio, apresentavam as informações hereditárias para uma determinada característica do indivíduo (Quadro IV).

Com os resultados obtidos (Fig.3), pudemos verificar que existe um predomínio das alternativas que apontam a presença de informações genéticas apenas nos gametas (“apenas nos gametas” – 21,78% – ou “apenas no sangue e nos gametas” – 8,38%) ou em todas as células do organismo (“apenas nas células nucleadas” – 10,06% – ou “em todas as células” – 24,02%). Além dessas alternativas, é elevada a frequência da alternativa “não estou seguro da resposta” (20,67%).

Dos alunos que assinalaram na primeira questão (Quadro II) que os óvulos não possuem cromossomos, genes e DNA ou que não estão seguros disso (38 alunos), 10 deles apontam que as informações hereditárias estão nos gametas e 4, em todas as células nucleadas.

Questão semelhante foi feita para os alunos do 1º ano do Ensino Médio (Fig.4) e observamos elevados valores para as alternativas que apontam a presença de informações genéticas apenas nos gametas (“apenas nos gametas” – 21,52% – ou “apenas no sangue e nos gametas” – 27,78%). Comparando os resultados obtidos entre os 1º e 3º anos por meio do teste F, verificamos que as diferenças encontradas entre os resultados relativos à presença de material hereditário apenas nos gametas são significativas ($p=0,005$).

QUADRO 3 - QUESTÃO APRESENTADA PARA OS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO (1º E 3º ANOS) SOBRE A LOCALIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES HEREDITÁRIAS

Em uma família analisamos a característica do lobo da orelha (que pode ser solto ou aderente).

a – As informações hereditárias para esta característica estão contidas:

- () – apenas no sangue
- () – apenas na orelha
- () – apenas na pele
- () – apenas nos gametas
- () – apenas no sangue e nos gametas
- () – em todas as células
- () – apenas nas células nucleadas
- () – nenhuma das alternativas é adequada
- () – não estou seguro da resposta

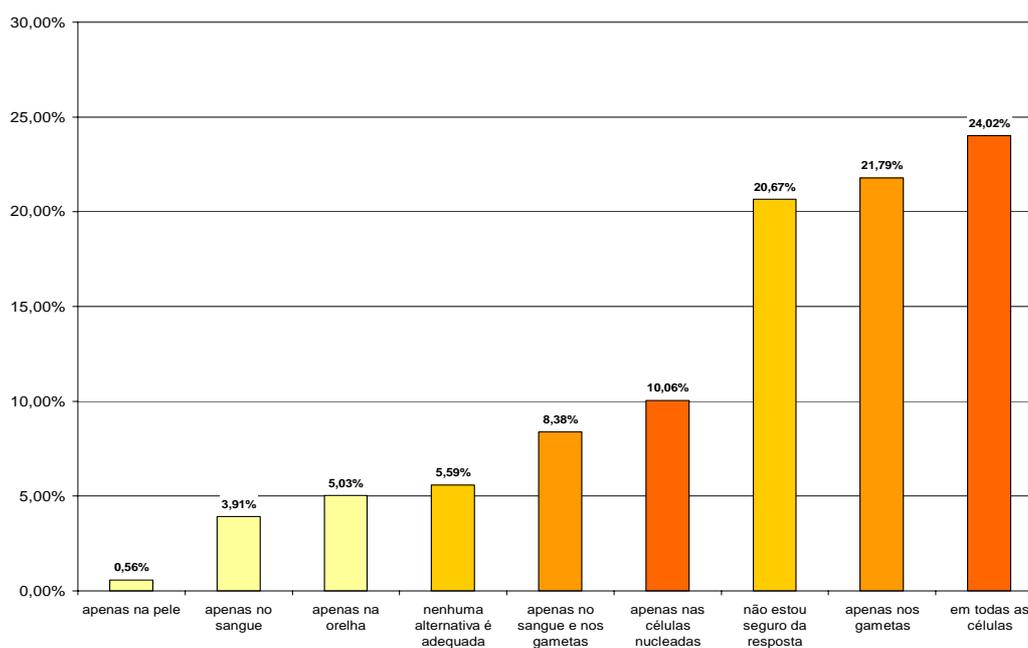


FIGURA 3 - RESPOSTAS DOS ALUNOS DO 3º ANO DO ENSINO MÉDIO À QUESTÃO (QUADRO IV): “EM QUAIS CÉLULAS ESTÃO AS INFORMAÇÕES HEREDITÁRIAS DE UMA DETERMINADA CARACTERÍSTICA?”. CONSIDERANDO QUE: OS ALUNOS PUDEAM ASSINALAR DIFERENTES ALTERNATIVAS; AS ALTERNATIVAS REDUNDANTES FORAM DESCONSIDERADAS; E 8 ALUNOS NÃO ASSINALARAM ALTERNATIVA ALGUMA – TOTALIZAMOS 179 ALTERNATIVAS ASSINALADAS DENTRE 178 ALUNOS

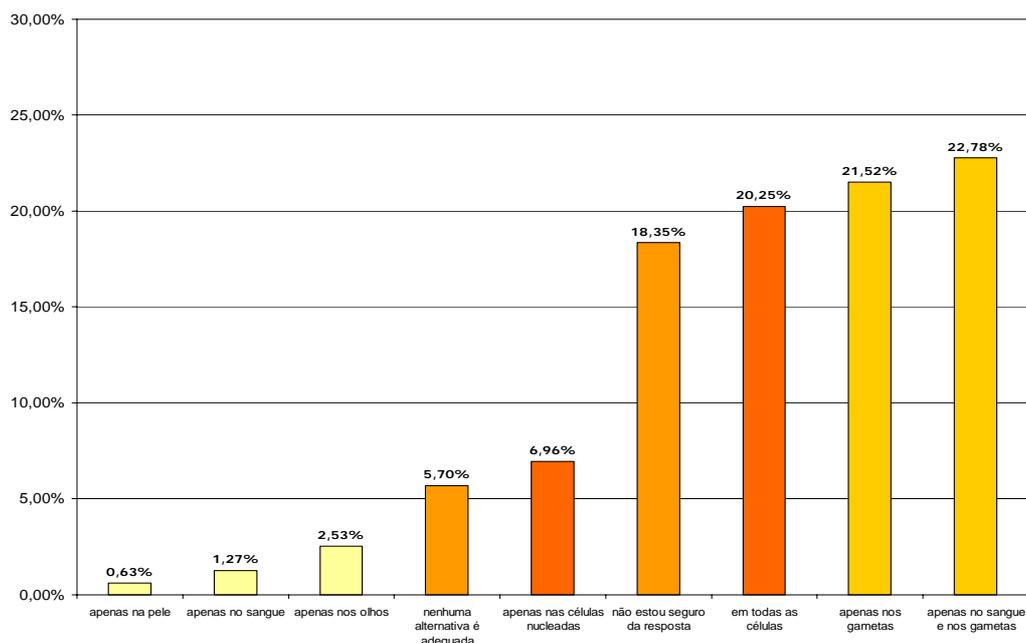


FIGURA 4 - RESPOSTAS DOS ALUNOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO À QUESTÃO (QUADRO IV): “EM QUAIS CÉLULAS ESTÃO AS INFORMAÇÕES HEREDITÁRIAS DE UMA DETERMINADA CARACTERÍSTICA?”. CONSIDERANDO QUE: OS ALUNOS PUDEAM ASSINALAR DIFERENTES ALTERNATIVAS; AS ALTERNATIVAS REDUNDANTES FORAM DESCONSIDERADAS; E 8 ALUNOS NÃO ASSINALARAM ALTERNATIVA ALGUMA – TOTALIZAMOS 158 ALTERNATIVAS ASSINALADAS DENTRE 155 ALUNOS

Entrevistas

Ao assinalar que uma célula tem simultaneamente cromossomos, genes e DNA, os alunos poderiam ainda considerar que a ocorrência de um não dependeria da ocorrência do outro. Além disso, nas conversas pudemos verificar quais as relações possíveis estabelecidas entre as diferentes estruturas.

A002: “Eu acho que toda a célula que tem DNA tem gene e cromossomo...”

A001: “Eu achei que os glóbulos vermelhos eram uma parte do sangue, mas são células, né? Se elas são células, logo elas têm que ter as mesmas coisas de todas as outras, o material genético.”

A001: “Os óvulos não vão ter material genético diferente só por serem óvulos.”

A002: “Eu tenho certeza do óvulo. Ele tem DNA, é o DNA que vem da mãe, mas dos outros eu não tenho certeza... eu coloquei porque... eu não lembro...”

A003: “Eu ouvi que elas não se reproduzem (sobre as células nervosas), então não sabia se tem DNA. (...) Eu acho que não possuem (sobre as hemácias), pois não se dividem mais. (...) Elas têm (sobre células do estômago), pois elas precisam do DNA para fazer o suco gástrico.”

A002: “O DNA tá dentro do cromossomo. E os genes... eu não sei...”

A001: “O cromossomo fica dentro do DNA, ou não?... Pra mim, é uma molécula de DNA e dentro tem o cromossomo.”

A001: “É a membrana do DNA? Ou o DNA não tem membrana? Ah! Não sei... (...) Acho que eu já sei agora... então, quando tudo isso se enrola e fica bem condensado... aí, isso é o cromossomo...”

A001: “Gene é um pedacinho do cromossomo... O gene é uma seqüência e o DNA também é uma seqüência, então ele não pode ficar dentro como eu falei... o cromossomo é o DNA então.”

A003: “O cromossomo, eu acho que ele é muito grande e o gene é bem menor, então pra eu saber em que parte está o gene...”

DISCUSSÃO

Ao analisarmos o caso do óvulo, verificamos que os alunos do primeiro ano não atribuem a presença de cromossomos preferencialmente aos óvulos como observado com os alunos do terceiro ano. Isso pode ser explicado pelo fato de que, apesar desta célula ser citada em diferentes pontos do currículo de Biologia, os aspectos particulares do seu material genético (genes e cromossomos) são apresentados, em geral, apenas nos tópicos relacionados à Genética (gametogênese, meiose e segregação dos alelos), conteúdo ministrado, em geral, no terceiro ano.

Nossos resultados concordam com os obtidos em pesquisas semelhantes realizadas na Espanha e na Inglaterra. Banet & Ayuso (2000) verificaram que alunos espanhóis associam com grande frequência a ocorrência de cromossomos e genes com gametas. Lewis *et al.* (2000) perguntaram aos alunos do Reino Unido: “onde, em seu corpo, os genes são encontrados?”. Cerca de um quarto das respostas dos 368 alunos que responderam à questão indicou que os genes se localizam apenas em células ou tecidos específicos, por exemplo, o sistema reprodutivo masculino.

Caballer & Gimenez (1992) sugerem que os processos de aprendizagem ao longo da vida escolar dos alunos não conseguem incorporar de forma coerente e estável os conhecimentos assimilados. Foi o que verificamos quando os alunos afirmam, por exemplo, que todas as células possuem material hereditário, mas dizem não saber se neurônios ou células epiteliais possuem cromossomos, genes ou DNA. Ou ainda, como disse um dos entrevistados: “a célula que não se reproduz mais não tem DNA”, mas, para ele, todas as células nucleadas apresentam material genético, o qual é necessário para a síntese de proteínas, como exemplificou com células do estômago e as enzimas do suco gástrico.

Outra incoerência pode ser observada quando comparamos os resultados apresentados nas figuras 1 e 2 com as figuras 3 e 4. A frequência de respostas indicando a presença de cromossomos nos óvulos aumentou com a escolaridade: de 41% no primeiro ano para 63% no terceiro ano. Já quanto à localização da informação hereditária, a indicação de sua presença nos gametas diminuiu de 44%, pelos alunos do primeiro ano, para 30%, pelos alunos do terceiro ano.

Apesar disso, os alunos mostraram facilidade na identificação dos cromossomos no esquema celular. No entanto, a célula representada não é nenhuma célula específica, mas uma generalização de algumas estruturas comuns a qualquer tipo celular. O fato dos alunos identificarem corretamente os cromossomos na ilustração e terem dificuldades em reconhecer sua presença em tipos celulares particulares significa que ele está interpretando a representação, não como uma generalização, mas como uma célula específica.

Dos três alunos entrevistados, apenas um mostrou certa confusão nas relações entre cromossomos, genes e DNA. Elas só foram resolvidas durante a entrevista, quando o aluno estabeleceu uma ligação válida entre o cromossomo e o DNA por meio do gene. Lewis e colaboradores (2000), verificaram que os alunos ingleses estabelecem esse tipo de relação de uma maneira cientificamente válida ao considerar que os cromossomos são constituídos por genes ou DNA (63% dos 172 questionários). Mesmo assim, esses alunos ainda consideravam os genes maiores que o núcleo ou que o cromossomo (44% dos 400 questionários).

Voltando à questão da localização do material genético, quando usamos a expressão “informação hereditária”, o aluno pode considerar que estamos nos referindo apenas ao que é transmitido de uma geração a outra e, nesse caso, o hereditário seria apenas o que está contido nos gametas. Mesmo a idéia expressa por alguns alunos de que as informações hereditárias estariam localizadas apenas nos gametas e no sangue, não descarta essa interpretação, pois eles podem estar explicitando uma concepção-espontânea muito comum, a de elo de sangue entre as gerações.

A proposta de Ayuso & Banet (2002) de alguns fatores que poderiam influenciar as concepções dos estudantes sobre a herança biológica, apresentada na figura 5, nos ajuda a entender a concepção de transmissão da informação genética pelo sangue e também as freqüentes incoerências entre os resultados das diferentes questões.

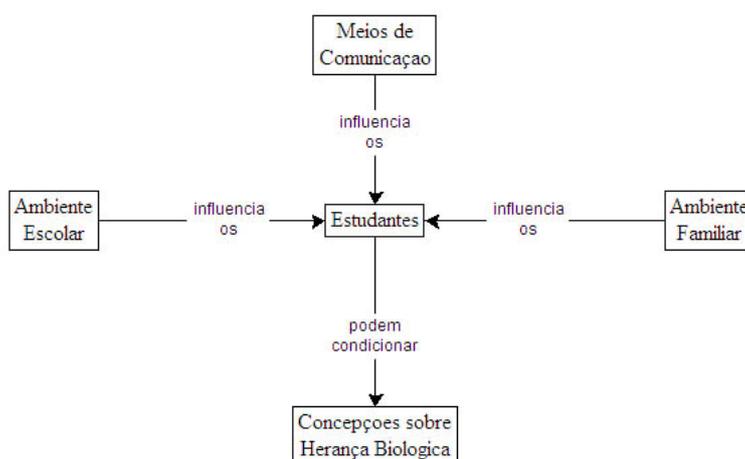


FIGURA 5 - FATORES QUE PODEM INFLUENCIAR AS CONCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE HERANÇA BIOLÓGICA. MODIFICADO DE AYUSO & BANET (2002)

Ayuso e Banet (2002) propõem que as informações provenientes do ambiente escolar constituem apenas uma das fontes de saber para o aluno. Em nossa opinião, quando questionado sobre a localização do material genético, o aluno mobiliza todos os seus conhecimentos para elaborar uma resposta, sem conseguir distinguir dentre eles qual seria o mais adequado para o ambiente escolar. Com isso, o aluno considera expressões típicas de outros ambientes (por exemplo, sangue azul, sangue do pai, sangue italiano etc) e a informação escolar (os gametas são responsáveis pela transmissão de características de uma geração a outra) para responder que o sangue e os gametas são responsáveis pelas características hereditárias.

Além disso, ao considerar apenas as informações escolares, os alunos não associam os conceitos assimilados e não percebem contradições entre eles, como podemos observar em alguns trechos das entrevistas, quando o aluno A002 apresenta idéias supostamente escolares e não percebe a incoerência delas:

A002: “Eu acho que toda a célula que tem DNA tem gene e cromossomo...”

A002: “Eu tenho certeza do óvulo. Ele tem DNA, é o DNA que vem da mãe, mas dos outros eu não tenho certeza... eu coloquei porque... eu não lembro...”

A002: “O DNA tá dentro do cromossomo. E os genes... eu não sei...”

Assim, a grande tais incoerências evidenciam que os alunos negociam os saberes escolares com os demais saberes de forma individual e, além disso, não conseguem diferenciar tais saberes quando consideram que apenas o escolar é exigido.

CONCLUSÕES

Os resultados deste trabalho nos permitem concluir que:

- os alunos que finalizam o Ensino Médio compartilham algumas relações conceituais válidas: os gametas possuem cromossomos e genes. Além disso, conseguem reconhecer o cromossomo em um desenho esquemático de célula.
- algumas relações conceituais, no entanto, não são compartilhadas por esses mesmos alunos: muitos não compreendem que todas as células possuem informação genética.

Implicações e Sugestões para o Ensino de Genética

Não podemos assumir que o aluno domina conceitos de forma coerente e lógica sem uma investigação prévia. No entanto, simples questões de diagnóstico parecem insuficientes para tal investigação. O ideal seria elaborar questões que possam gerar conflitos, como verificamos nas entrevistas.

O estabelecimento de relações entre diferentes níveis organizacionais, especialmente na Genética, deve ser feito com cautela, pois pode dificultar a aprendizagem significativa desejada. As relações entre cromossomos, genes e DNA, por exemplo, podem ser facilitadas pela construção de modelos pelos alunos.

Interpretar as imagens utilizadas nas aulas de Genética nos pareceu fundamental para criar condições de generalização dos conceitos. Ao encontrar um esquema simplificado, o aluno pode saber que as informações ali representadas são aplicáveis na grande maioria dos exemplos do conceito que se deseja construir.

Percebemos também que a utilização de exemplos deve ser bem diversificada. Ao invés de discutir como se comportam os cromossomos na produção dos espermatozóides, podemos comparar o comportamento deles na produção de espermatozóides, por exemplo, com a produção de células da pele.

Os alunos deve ser estimulados a relacionar os conceitos trabalhados às tecnologias atuais como, por exemplo, os testes de identificação por DNA, os alimentos transgênicos ou a clonagem de mamíferos (como na atividade citada). Com isso, utilizamos os conhecimentos provenientes dos meios de comunicação e dos ambientes familiares na construção dos saberes escolares, o que pode contribuir para a criação de critérios, pelo próprio aluno, para a diferenciação das diversas fontes de informação.

BIBLIOGRAFIA

AYUSO, E. & BANET, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1):133-157.

BAKER, W. P. & LAWSON, A. E. (2001) Complex instructional analogies and theoretical concept acquisition in college genetics. *Science Education*, 85:665-683.

BANET, E. & AYUSO, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2):137-153.

- BANET, E. & AYUSO, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84(3):313-351
- BOGDAN, R. & BILKLEN, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora, Porto. 335p.
- CABALLER, M. J. & JIMÉNEZ, I. (1992). Las ideas de los alumnos y alumnas acerca de la estructura celular de los seres vivos. *Enseñanza de las Ciencias*, 10(2):172-180.
- DEADMAN, J. A. & KELLY, P. J. (1978). What do secondary schoolboys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1):7-15.
- FINLEY, F. N., STERWART, J. & YARROCH, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4):531-538.
- JOHNSTONE, A. H. & MAHMOUD, N. A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14(2):163-166.
- LAVILLE, C. & DIONNE, J. (1999) *A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Editora Artes Médicas Sul, Porto Alegre. 344p.
- LEWIS, J.; LEACH, J. & WOOD-ROBINSON, C. (2000). All in the genes? – Young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, 34:74-79.
- LUDKE, M. & ANDRÉ, M. E. D. A. (1986) *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. Editora Pedagógica e Universitária, São Paulo. 99p.
- RODRÍGUEZ, A. B. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las ciencias*, 13(3):379-385.

* - Este trabalho foi desenvolvido durante a pós-graduação (mestrado) em Biologia (Genética) e financiado pela FAPESP.