



I Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias
Experimentales

DESAFÍOS DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA HOY

Formar sujetos competentes para un mundo en permanente transformación

Comunicaciones Orales - Grupo 15

*Contribuciones a la didáctica de las ciencias desde la investigación centrada en el aula y los
alumnos de ciencia de diferentes niveles educativos.*

CONCEPÇÃO DE GENE

UMA COMPARAÇÃO ENTRE ALUNOS EGRESSOS E INGRESSOS DE UM CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Luiz Felipe Reversi

Thais Benetti de Oliveira

Ana Maria de Andrade Caldeira

Unesp – Bauru

ABSTRACT

Recent studies indicate the importance of discussions regarding the Teaching of Genetics as much for its social relevance and the potential to integrate the same areas of biological knowledge. However, the concepts constituting this knowledge are approached in a piecemeal way, without embracing the relationship between the broad thematic areas, assigning airtight and irrefutable meanings to concepts that should be constantly updated. Given the above, this paper will deal with the concept of gene, a concept that has played a central role in biology since the beginning of the twentieth century and which is currently experiencing a crisis in the face of recent discoveries of molecular biology. In this sense, this article aims to rank the main concepts of the gene present in incoming and graduating students of a degree course in biological sciences and to examine if these students establish relationships between the concept in question and other subjects in the Biological Sciences course, besides genetics, looking for inferences of the contribution of the discipline Genetics for the promotion of changes of those concepts and the relevance of addressing in the context of teaching the concept of gene in systemic perception of the phenomena. The results, obtained through the application of a questionnaire, show that the Mendelian concept – which

attaches to the gene the conception of an instrumental inheritance unit – prevails in students registered in the course as well as several erroneous or simplistic definitions of other biological concepts with many overlapping concepts (gene, DNA, chromosomes); and the concept of Classical Molecular Gene – that defines a gene as a DNA segment that encodes a functional product (polypeptide or RNA) – prevails among the veteran students. These last established relationships between the concept of gene and other disciplines of the course, on the other hand, the students incoming presented many answers which denote that they did not know how to expose such links. Thus, also in view of previous studies, we could infer that the concepts brought in textbooks and by professors of the discipline contribute to a deterministic view of the concept of gene and that the discipline does not allow the construction of a critical view of this concept.

Keywords: Concept of Gene, conceptions, Gene.

RESUMO

Estudos recentes evidenciam a importância de discussões concernentes ao Ensino de Genética tanto por sua relevância social quanto pela potencialidade do mesmo em integrar áreas do conhecimento biológico. No entanto, os conceitos constituintes desse conhecimento são abordados de forma fragmentada, sem abarcar a relação entre as grandes áreas temáticas, atribuindo significados herméticos e irrefutáveis a conceitos que deveriam ser atualizados constantemente. Dado o exposto, trataremos neste trabalho do conceito de gene, conceito este que tem desempenhado um papel central na biologia desde o começo do século XX e que passa atualmente por uma crise frente a recentes descobertas da biologia molecular. Neste sentido, objetivamos elencar as principais concepções de gene presentes em alunos ingressos e egressos de um curso de licenciatura em ciências biológicas e verificar se esses alunos estabelecem relações entre o conceito em questão e as outras disciplinas do curso de Ciências Biológicas, além da genética, buscando inferências relativas à influência da disciplina de Genética nessas concepções, bem como a relevância de se abordar, no contexto de ensino, o conceito de gene sob uma perspectiva sistêmica dos fenômenos. Os resultados, obtidos por meio da aplicação de um questionário, demonstram que o conceito Mendeliano – o qual atribui ao gene a concepção de unidade instrumental de herança – predomina nos alunos ingressos no curso, bem como as várias definições errôneas ou simplistas de outros conceitos biológicos, com sobreposição de diversos conceitos (gene, DNA, cromossomos); e o conceito Molecular Clássico de gene – que define um gene como um segmento de DNA que codifica um produto funcional (polipeptídeo ou RNA) – prevalece entre os alunos egressos. Estes últimos por sua vez estabeleceram relações entre o conceito de gene e as demais disciplinas do curso, e, em contrapartida, os alunos ingressos apresentaram muitas respostas que denotaram que os mesmos não

sabiam expor tais relações. Assim, e também em vista de estudos anteriores, pudemos inferir que as concepções trazidas nos livros didáticos e pelos professores da disciplina contribuem para uma visão determinística do conceito de gene e que a disciplina não possibilita a construção de uma visão crítica deste conceito.

Palavras Chave: Conceito de Gene; Concepções; Gene.

1 – INTRODUÇÃO

Desde a criação do termo “gene” – pelo cientista alemão W. L. Johannsen – tratado, então, como uma unidade instrumental para o cálculo da hereditariedade, esse conceito adaptou-se às diversas descobertas da ciência, sendo, durante este “percurso” consolidado como um marco na história da ciência e da nossa sociedade, o que culminou, em concordância com autores como Grós (1989), o qual pressupõe que vivemos em uma “civilização do gene”.

Nesta dita “civilização do gene” estão presentes discussões concernentes a diversos assuntos relacionados à genética, como a clonagem de animais, organismos geneticamente modificados, terapia gênica, sequenciamento de genoma humano (Lima, 2011) entre outras. Para entender e se posicionar diante desta realidade faz-se necessária uma “educação de genética” atualizada e contextualizada com estes eventos e com as novas descobertas da ciência (Lima *et al.*, 2007; Júnior, 2010; Reis *et al.*, 2010) que pode e deve ser oferecida pela escola (Justina *et al.*, 2000).

Entretanto, ainda que a sociedade busque uma educação que atenda às exigências decorrentes do estado atual de conhecimento científico, a genética é uma das áreas de difícil compreensão para o ensino de biologia devido à complexidade de seus fenômenos e de sua construção conceitual (Schneider *et al.*, 2011).

Resultados apresentados por Paiva e Martins (2005) apontam para uma dificuldade de alunos do ensino médio em relação ao entendimento da hereditariedade e genética, além de concepções errôneas do ponto de vista científico e a não relação entre gene, cromossomo e DNA. Este último é apontado por Reis (2010) como o conceito em que alunos mais encontram dificuldade em definir.

Diversas pesquisas têm sido produzidas visando o levantamento ou análise dos conhecimentos e da compreensão de estudantes sobre Genética, bem como a percepção dos mesmos sobre questões advindas do emprego das novas tecnologias aplicadas à genética em contextos distintos (Wood-Robinson *et al.*, 1998; Lewis; Leach; Wood-Robinson, 2000; Lewis; Wood-Robinson, 2000, entre outros).

Os resultados dessas pesquisas são inquietantes, mostrando que nem mesmo conceitos fundamentais da Genética, como por exemplo o propósito dos processos de divisão celular, ou a relação entre gene e cromossomo, são compreendidos pelos estudantes ao

término dos anos de escolaridade obrigatória. Mesmo a maioria dos estudantes tendo algo a dizer sobre o tema, a maior parte destes usa a linguagem científica confundindo o sentido de diferentes termos, configurando um pseudo-saber, e muito embora questões alusivas ao DNA tenham sido incorporadas rapidamente ao currículo do Ensino Médio, os alunos permanecem confusos em relação aos conceitos envolvidos (Giordan & Vecchi, 1996). Longden (1982) e Thomas (2000) concordam que muitos problemas de aprendizagem de Genética são provenientes de uma compreensão inadequada da terminologia. Estas dificuldades podem ser em decorrência de um ensino descontextualizado e baseado somente na memorização (Scheid & Ferrari, 2006). Mesmo no Ensino Superior, o conceito de gene, por exemplo, não incorpora as discussões atuais sobre questões que atribuem uma versatilidade e dinamicidade processual a esse conceito, (Solha & Silva, 2004; El-Hani, 2007), além de apresentar-se de forma distorcida por estudantes universitários (Lima *et al*, 2007; Paiva & Martins, 2004).

A relevância desta área de pesquisa pode ser demonstrada quando temas relacionados à Genética aparecem como uma das maiores preocupações no ensino de Biologia nos cursos de formação continuada de professores (Scheid & Ferrari, 2006). Mais recentemente, houve um significativo aumento em estudos relacionados ao entendimento dos estudantes sobre os mecanismos, estruturas e processos de herança e sua implicação para o ensino (Paiva & Martins, 2005).

Esta discussão faz-se coerente com a crise atual do conceito Molecular Clássico do gene - o qual define o mesmo como um segmento de DNA que codifica um produto funcional que pode ser um polipeptídeo ou uma proteína (El-Hani, 2009). Essa definição atribuiu ao gene um caráter de unidade bem demarcada no genoma, com função unívoca e apresenta limitações uma vez consideradas descobertas feitas desde meados da década de 1980, como os genes interrompidos (*split genes*), o *splicing* alternativo, os transposons, os genes superpostos e nidados (*nested genes*), a edição de mRNA etc. (Para revisões, ver, p. ex., Falk, 1986; Portin, 1993; Griffiths & Neumann-Held, 1999; Keller, 2000; Fogle, 1990, 2001). Com base nessas descobertas recentes e na “crise” que as mesmas submeteram o conceito, El-Hani (2007), defendeu a coexistência de múltiplos modelos de gene, ao passo que tal estratégia teria melhor poder explicativo e heurístico do que a aceitação de um modelo uno. Contudo ressaltou a importância de que tais modelos fossem nitidamente demarcados.

Neste sentido, objetivamos neste trabalho identificar as concepções de gene em alunos ingressantes em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, que ainda não haviam cursado a disciplina de genética, e observar a possível influência desta disciplina sobre elas, analisando conjuntamente as concepções de alunos egressos do curso – os quais já teriam cursado tal disciplina.

2 – PRINCIPAIS CONCEPÇÕES DE GENE

Investigações anteriores revelaram que três definições são, em geral, largamente encontradas em livros didáticos de Genética e Biologia Celular Molecular de diferentes níveis de ensino (Pitombo *et al.*, 2007, no prelo; Santos & El-Hani, 2007): o conceito mendeliano de gene, o chamado conceito molecular clássico de gene e a concepção informacional.

O conceito mendeliano de gene é entendido como a unidade básica da herança, sem que sejam propostas hipóteses sobre sua natureza física (El-Hani, 2007; Joaquim, 2009; Nascimento, 2010; Schneider, 2011). O gene mendeliano é um conceito abstrato de natureza instrumental, servindo apenas como uma unidade de cálculo para exprimir a regularidade da transmissão de fenótipos em cruzamentos (Falk, 1986).

A proposição de um modelo da estrutura físico-química em dupla hélice do DNA em 1953 por James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins e Rosalind Franklin, atribuiu o significado de base material da herança ao gene (Keller, 2002). Este modelo corroborou para o entendimento de gene como uma sequência específica e discreta de nucleotídeos de DNA, envolvido em uma função específica (Falk, 1986; Keller 2000). A partir desse modelo da estrutura do DNA se estabeleceu o conceito de gene molecular clássico.

De acordo com esse conceito o gene é um segmento de DNA que codifica um produto funcional, seja uma cadeia polipeptídica ou uma molécula de RNA. Este modelo atribuiu ao gene uma conotação de unidade sem interrupções e de localização fixa no cromossomo, que desempenha uma única função. Fenômenos como a existência de genes interrompidos e o *splicing* alternativo, que torna possível que várias proteínas sejam produzidas a partir de um único gene - entre outros possíveis exemplos - criam dificuldades consideráveis para a idéia de que um gene poderia ser uma unidade estrutural e funcional tão bem demarcada no genoma (Joaquim, 2007).

Watson e Crick (1953) propuseram que a sequência precisa das bases nucleotídicas constituiria o código que levaria a informação genética. A chamada ‘hipótese da sequência’ (Crick, 1958) abriu o caminho para os avanços da biologia molecular nas próximas décadas, com o esclarecimento do mecanismo de síntese proteica ou do código genético, por exemplo. Em decorrência disso um vocabulário informacional foi introduzido na genética e na biologia molecular, apresentando termos como, por exemplo, “informação genética”; “código genético” e “programa” (Kay, 2000). Isto originou o que tem sido chamado de “information talk”, ou ‘discurso da informação’ (El-Hani *et al.* 2006, 2009). Os genes passaram a ser vistos também como unidades informacionais, dando origem à concepção informacional do gene (Stotz *et al.*, 2004).

Outros autores tentaram caracterizar e organizar a variedade de conceitos sobre gene, como Moss (2001; 2003), que propôs uma diferenciação entre Gene-P, o gene como

determinante de fenótipos, sem a necessidade de abordar os processos moleculares necessários para tal, e Gene-D, o gene como um recurso para o desenvolvimento que é, em si mesmo, indeterminado com relação ao fenótipo.

Adotaremos também neste trabalho duas outras concepções de gene definidas segundo Schneider et al (2011, p.12) como: “termo versátil”, que define um “Gene como conceito polissêmico, definido de acordo com seu contexto de aplicação.”, e outra como Gene estrutural, “Gene como unidade física (DNA, cromossomo, etc).”

3 – METODOLOGIA

O presente trabalho envolverá uma metodologia qualitativa de pesquisa, por meio da qual buscaremos, através de perguntas contidas em um questionário, organizar as respostas relativas ao conceito de gene dos alunos que ainda não cursaram a disciplina de genética e àqueles que o fizeram. As respostas serão categorizadas por meio dos métodos citados por Bardin (1977). A pesquisa foi elaborada e está sendo desenvolvida em uma Universidade Estadual Brasileira do estado de São Paulo e apresentará uma análise parcial dos dados.

3.1 – Amostra

Para esta pesquisa, foram entrevistados 37 alunos egressos do curso de licenciatura, que já haviam cursado a disciplina de genética, sendo 15 do 4º Ano Integral, e 22 do 5º Ano noturno e 63 alunos ingressos no curso de licenciatura, que ainda não haviam cursado a disciplina de genética, sendo 29 do 1º Ano Integral, e 34 do 1º Ano Noturno, totalizando 100 alunos entrevistados. Cada aluno foi designado com uma letra correspondente ao seu período (A 1º Ano Noturno, B para 1º Ano Integral, C para 4º ano integral e D para 5º ano noturno) seguida de um número discriminante aleatório.

3.2 – Ferramentas de coleta de dados

Os dados foram coletados por meio de um questionário constituído por questões abertas e fechadas que abordavam o conceito de gene e as principais ideias sobre genes encontradas na literatura assim como os principais desafios a estas ideias. No entanto, para este trabalho apenas a primeira e a quarta pergunta foram analisadas. A primeira trata-se de uma questão aberta para que os alunos discorressem sobre “O que é Gene”. A outra questão é uma questão igualmente aberta para que os alunos respondessem “Como você relacionaria o conceito de gene com as demais disciplinas do seu curso?”.

3.3 – Análise Qualitativa

A apreciação dos dados foi feita de forma qualitativa categórica segundo a proposta de Laurence Bardin, usando um conjunto de técnicas de análise das respostas e dados colhidos dos questionários. A escolha das categorias nas quais nossas unidades de registro foram classificadas e agregadas são classes que agrupam estas unidades em razão de características comuns. Inicialmente fizemos o processo de inventário, isolando os elementos comuns e então executando o processo de classificação em si, que foi feito distribuindo os elementos em categorias já estabelecidas baseadas em hipóteses teóricas e estudos anteriores (El-Hani, 2007; Schneider *et. al.*, 2011).

Quanto ao tratamento dos resultados, buscamos conceitos que unifiquem os temas encontrados em um conceito, voltando aos referenciais teóricos da investigação para termos o embasamento e perspectivas significativas para o estudo, buscando validar nossa interpretação.

Assim, após todas estas etapas dividimos nossas classes de análise para a primeira questão em sete classes: Concepção Molecular Clássica [GMC], Concepção Mendeliana [GM], Concepção Informacional [GI], Termo Versátil [TV], Gene Estrutural Apenas [GE], Gene P de Moss (2001, 2003) [GP], e Concepções Com Graves Erros Conceituais [CGE].

Para a questão quatro dividimos as classes de análise nas seguintes: Conceito Fundamental para todas/maioria das disciplinas [CF]; Conceito Relacionado à Disciplinas Biológicas [CB]; Conceito Relacionado à Disciplinas Específicas (ex: Evolução, Biologia Molecular, Bioquímica, etc) [CE]; Definições Sem Estabelecer Relações [DS]; Respostas em Branco ou Respondidas como "Não Sei" [BN]; Interpretação Filosófica da Pergunta [IF]; Resposta Incompreensível [RI].

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Alunos Ingressos

De acordo com os dados analisados verifica-se que, em alunos ingressos, embora pudemos identificar em algumas respostas termos como cromossomos, genes, alelos, dominância, recessividade, as mesmas deixam claro que não há a compreensão dos processos de divisão celular, localização, estrutura e função do material genético e sua relação com a transmissão de caracteres hereditários, como descrito por Caballer & Giménez, (1993) e Banet & Ayuso (1995, 1998) em alunos do ensino médio. Tal assertiva pode ser constatada em B8 *“Gene é um conjunto de cromossomos, os seres humanos possuem 46 cromossomos. Mais especificamente, um gene é um par de cromossomos que definem caracteres específicos. Ele, conseqüentemente, codifica proteínas”*. Há ainda respostas que não fazem referência aos conceitos de gene descritos neste trabalho, seja por má interpretação da pergunta como podemos deduzir em B1 *“É o estudo dos genes e de vários*

assuntos relacionados a hereditariedade”, ou por respostas confusas, com menção de outros termos biológicos, como visto em A5 “*É um composto proteico presente no interior das células*” ou em A27 “*Gene é o microrganismo que define nossas características*”.

Podemos observar também dificuldades na compreensão dos conceitos de genótipo e fenótipo, uma vez que alguns alunos inverteram os significados de ambos; proteínas e peptídeos, os quais eram descritos como material genético (DNA e RNA) ou bases nitrogenadas; e principalmente DNA, que além de ser confundido com proteínas e também com o conceito de cromossomos, é geralmente visto como uma estrutura de maior “hierarquia” em nível organizacional, colocando o DNA como constituído por genes (que nestas respostas adquirem características de bases nitrogenadas), como visto em B25 “*É o que compõe o DNA e RNA*”, em A5 “*É um composto proteico presente no interior das células.*”, ou em A12 “*Características de um indivíduo*”.

Muitas respostas foram simplistas uma vez que apresentaram assertivas curtas que classificavam o gene como parte do DNA ou outras estruturas como cromossomos, ou material genético, apresentando uma identidade entre o primeiro e estes últimos, o que pode nos fazer inferir que estes alunos trazem um aprendizado muito superficial e descontextualizado de todos estes conceitos. Tais respostas, como a de A7 “*Alguma parte do DNA*” ou de A1 “*É a base celular de um indivíduo, uma pequena parte do DNA.*”, foram classificadas na concepção de Gene Estrutural, sendo a segunda classe de respostas mais presentes.

Do total de 63 questionários analisados de alunos ingressantes, 19 apresentavam graves erros conceituais ou termos científicos empregados incorretamente, além das limitações e problemas relativos ao próprio conceito de gene. Isto representa aproximadamente 30% dos alunos ingressos em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Quanto à questão referente à relação entre as matérias, observamos que os alunos ingressos apresentaram taxa bastante alta de respostas em branco ou respondidas como “Não Sei” (44%), e uma baixíssima taxa de respostas que relacionam o conceito de gene à disciplinas específicas (8%) ou biológicas (8%) como por exemplo a resposta dada por B8 “*Gene se relaciona com a base de qualquer indivíduo ou ser vivo, portanto relaciona-se com biologia molecular, anatomia genética, etc.*”. E em 17% dos questionários encontramos respostas que classificam o gene como um conceito fundamental da biologia, estando relacionado a todas ou pelo menos à maioria das disciplinas, como é possível notar em B2 “*Ele é um ponto base da compreensão da biologia. Entendendo-o, grande parte do conteúdo do curso se torna mais assimilável.*”

Houve casos de uma provável interpretação alternativa da questão (5%), que levaram a várias respostas subjetivas como observado em A3 “*Os Genes contém*

características importantes para nossa formação [orgânica] e as disciplinas do curso, contém informações importantes para nossa formação profissional” ou em A9 *“Um gene é como cada matéria que eu aprendo, que me passa informações”*.

4.2 - Alunos Egressos

Com relação à primeira questão os dados analisados demonstram que em ambas as classes de alunos egressos a concepção molecular clássica predominou, e a concepção informacional ficou em segundo lugar, enquanto que não foi possível observar a presença da concepção mendeliana claramente.

Uma resposta recorrente em 13% dos estudantes foi enquadrada na categoria de Gene-P e se aproxima da concepção mendeliana por relacionar o gene a uma característica, não mencionando os processos moleculares, e não faça referência necessariamente a hereditariedade e possa conter aspectos estruturais. Segundo Moss (2006) a concepção de Gene-P define o gene por uma relação preditiva a um fenótipo, sendo indeterminado em relação à sua base material (isto é, sua sequência de DNA). Assim, qualquer gene que é um gene “para” uma doença ou característica seria um Gene-P.

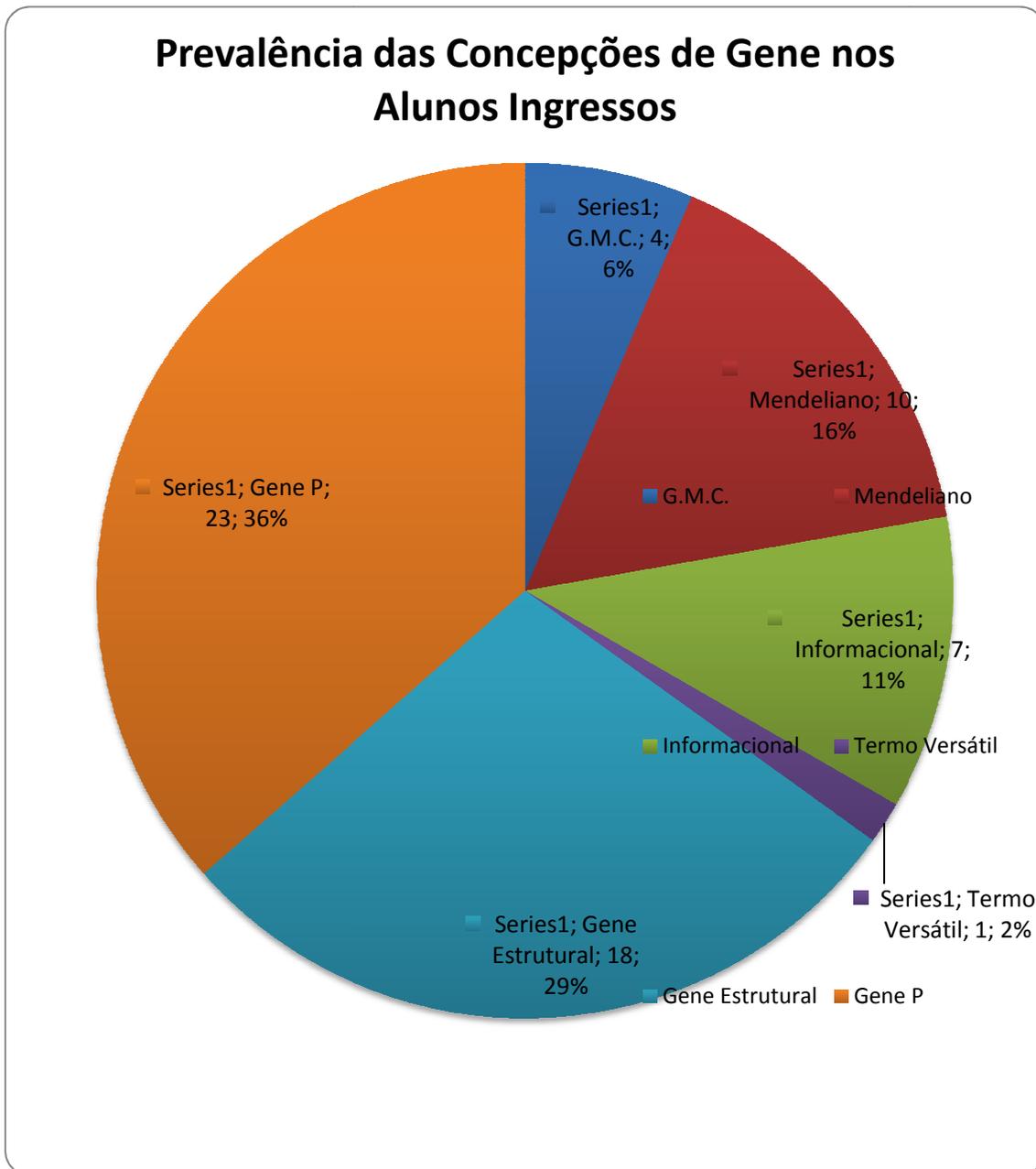
Essa concepção presente nos alunos D5, D8, D20, D21, C1 e C5, pode ser constatada pela resposta de C5: *“Gene é uma parte do locus gênico que expressa uma característica.”* ou de D5: *“É o material contido em nossas células que é responsável pela expressão de nossas características.”*

Alguns estudantes como C6, C12, D6 e D7 apresentaram uma resposta definindo apenas estruturalmente o gene, sem fazer correspondência com processos ou funcionalidade biológica, tornando seu enquadramento em outras classes difícil. Assim, optamos por separá-los em uma classe específica, a do gene estrutural, que é em parte uma subunidade conceitual do conceito de gene molecular clássico, como constatado na resposta de C12 *“Gene é uma estrutura presente em todas as células nucleadas”* ou em D7 *“Unidade constituinte do material genético”*.

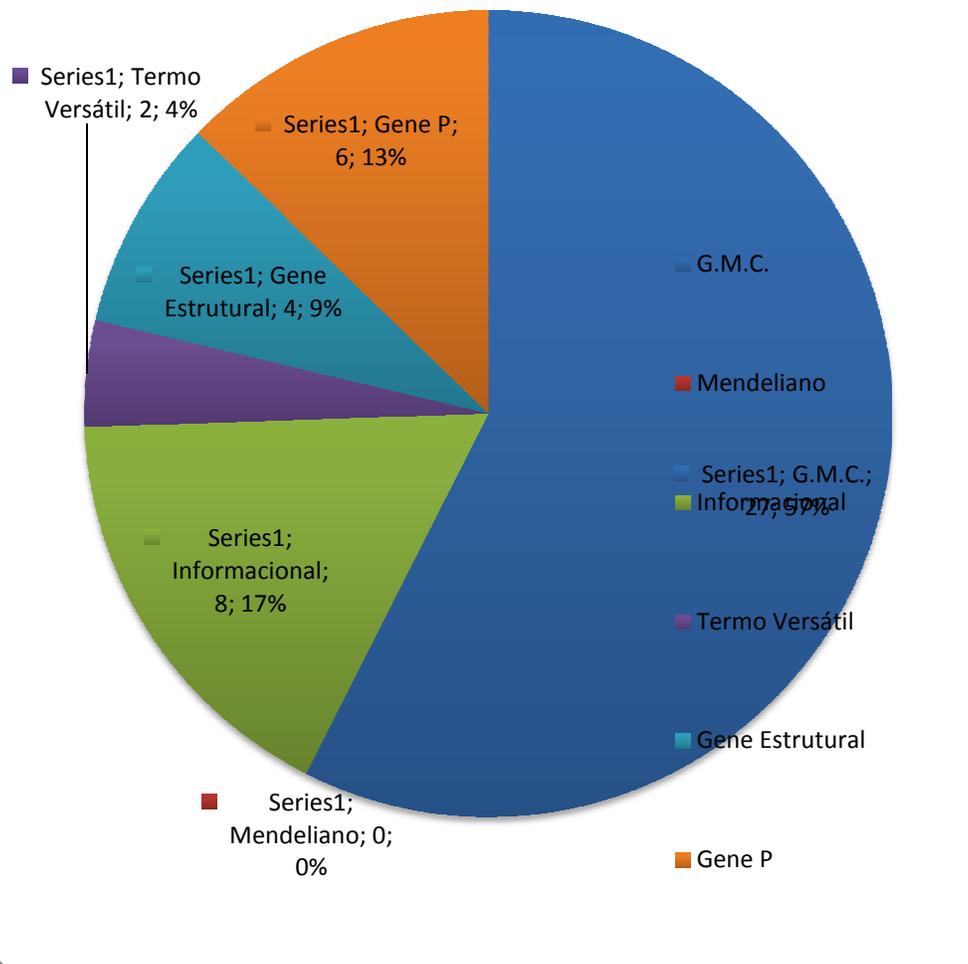
Por fim, podemos concluir que ambas as classes de alunos egressos, 4º e 5º ano, apresentaram tendências de respostas muito semelhantes, as quais ratificam o dissertado na introdução, que o conceito de gene, mesmo em nível universitário, não incorpora as discussões atuais sobre questões que lhe atribuem uma versatilidade e dinamicidade processual, uma vez que apenas dois estudantes apresentaram uma visão mais versátil do conceito de gene, mesmo que ainda próxima da concepção molecular, como D11 *“Não há uma definição considerada correta (completa) mas basicamente é uma sequência de DNA que codifica proteínas.”* e a maioria ainda apresenta a concepção molecular clássica ou a concepção informacional.

Os dados evidenciam também, que a disciplina de genética parece não cumprir um papel relevante quanto a construção de concepções críticas e sistêmicas sobre o conceito trabalhado, indicando a premência de reformulações da disciplina de modo que a mesma passe a possibilitar aos alunos uma visão menos determinista.

Os gráficos abaixo mostram, de forma comparativa, a porcentagem de cada concepção de gene (à direita de cada gráfico) nos grupos amostrados. Assim podemos visualizar as diferenças das concepções dos alunos ingressos e egressos.



Prevalência das Concepções de Gene nos Alunos Egressos



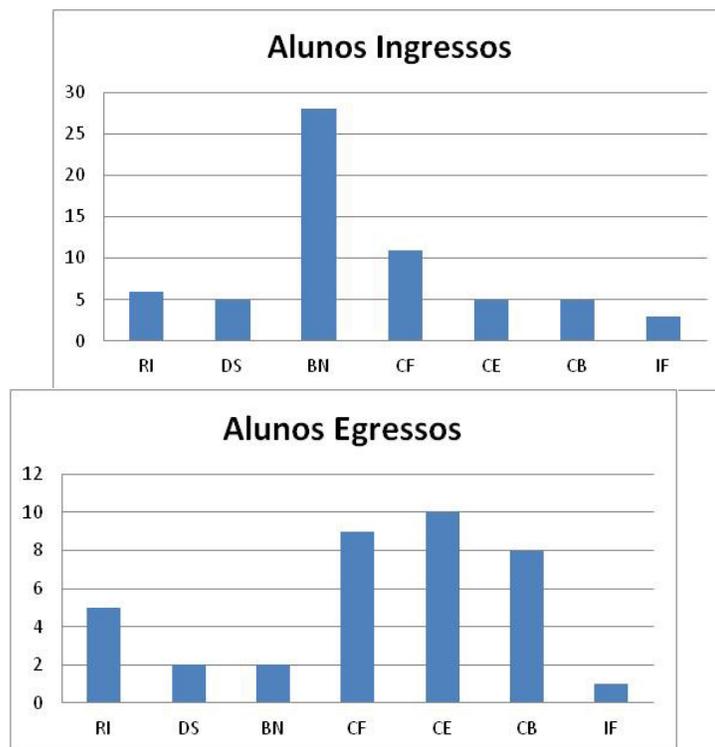
Os alunos egressos também trouxeram alguns erros conceituais de termos biológicos, geralmente confundindo gene com genótipo ou DNA, como visto em D6 “O material genético contido em todas nossas células do corpo”. A presença de tais erros tenha sido bem menos acentuada que nos alunos ingressantes, sendo identificados apenas em 4 dos 37 questionários, ou seja, aproximadamente 10%.

Em relação à segunda questão, três classes foram identificadas nas seguintes porcentagens: 27% das respostas indicaram o gene contendo relações com disciplinas específicas (Disciplinas Morfofisiológicas, Evolução, etc...), como por exemplo em C6 “O gene está ligado na morfologia de um órgão, como o embrião é formado, e nos processos metabólicos.” Ou C15 “Com evolução principalmente é essencial falar sobre o papel do gene para explicar como as mudanças morfofisiológicas foram passadas para os descendentes.”;

24% identificaram o gene como um conceito fundamental às demais disciplinas do curso e à biologia em si, como pode ser apreendido em C5 “A maioria das disciplinas precisa ter uma noção do que é gene para poder aprofundar o conteúdo.” ou em C1 “O gene está em todos os organismos vivos, e influencia e é influenciado por muitas variáveis envolvidas em outras disciplinas.”

22% relacionaram o conceito apenas à matérias biológicas (sem indícios de relações com matérias de exatas e educacionais), como visto em C9 “Como o gene é um pedaço do DNA que codifica uma proteína, ele apresenta relações com todas as outras disciplinas biológicas do curso.”

O restante dos questionários apresentaram uma quantidade considerável de respostas incompreensíveis (14%), a incidência de apenas uma interpretação alternativa/subjetiva (3%), poucas respostas (5%) que não demonstravam relação com nenhuma matéria, e uma queda acentuada nas respostas em branco ou do tipo “Não Sei” (5%).



Relações feitas pelos alunos entre o conceito de gene e outras disciplinas;

5 – CONCLUSÃO

Ao compararmos os dados de ambos os grupos (alunos ingressos e egressos), podemos notar um nítido e esperado aumento na prevalência da Concepção Molecular Clássica nesses últimos, e a concomitante diminuição da Concepção Mendeliana. Desta forma podemos inferir que os dados obtidos corroboram a hipótese de que a disciplina de genética produz uma influência nas concepções dos estudantes. Tal influência se dá no sentido de uma modificação nas concepções prévias dos estudantes para as concepções mais frequentemente encontradas nos livros didáticos (EL-HANI, 2007), e nos professores destas matérias como descrito por Schneider *et. al.* (2011).

Podemos inferir também que desta forma, frente à baixa incidência de respostas referentes à classe de “Termo Versátil”, que a disciplina de genética não auxiliar na construção de uma perspectiva crítica sobre o conceito de gene, e provavelmente não aborda as recentes descobertas da área, contribuindo para a consolidação de uma visão determinista por parte dos estudantes.

Haja vista a relevância de respostas com erros conceituais de termos biológicos – presentes tanto em alunos egressos quanto ingressos – podemos inferir, no último caso, problemas oriundos do Ensino Médio, os quais corroboram para uma compreensão memorística e não sistêmica da Genética que dificulta a integração dos conceitos.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banet, E. & Ayuso, G. E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias* 13: 137-153 (1995).
- Bardin, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, (2000).
- Caballer, M. J.; Giménez, I. Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 11, n. 1, p. 63-68, (1993).
- Crick, Francis. H. *On protein synthesis. Symposium of the Society of Experimental Biology* 12:138-163 (1958).
- El-Hani, C. N.; Queiroz, J. & Emmeche, C. A semiotic analysis of the genetic information system. *Semiotica* 160(1/4): 1-68. (2006).
- El-Hani, C. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30(2):297-307 (2007)
- El-Hani. *Genes, information, and semiosis*. Tartu: Tartu University Press (Tartu Semiotics Library), (2009).
- Falk, R. What is a gene? *Studies in the History and Philosophy of Science*, vol. 17, pp.133-173 (1986)

- Giordan, A. ; Vecchi, G. *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Trad. Bruno Charles Magne. Porto Alegre: Artes Médicas, (1996)
- Grós, François *Civilização do Gnen*. Lisbon: Terramar (1989)
- Joaquim, L. M. *Genes: questões epistemológicas, conceitos relacionados e visões de estudantes de graduação*. Dissertação. Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahia (2009).
- Joaquim, L. M.; Santos, V. C.; Almeida, A. M. R.; Magalhães, J. C., & El-Hani, C. N. Concepções de estudantes de graduação de biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. In: *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - SC, Florianópolis: 2007. Anais...* Florianópolis: ABRAPEC, (2007).
- Junior, V. C. Uma investigação microgenética sobre a internalização de conceitos de biologia por alunos de ensino médio. *Revista Contemporânea de Educação*, v.5, n. 10, p. 111-127, jul-dez (2010).
- Justina, L. A. D., Leyser da Rosa, V. Genética no ensino médio: temáticas que apresentam maior grau de dificuldade na atividade pedagógica. In: *Coletânea do VII Encontro "Perspectivas do ensino de Biologia"*, São Paulo: FEUSP, pp.794-795 (2000)
- Kay, L. *Who wrote the book of life? – A history of the genetic code*. California: Stanford University Press (2000).
- Keller, E. F.. *The century of the gene*. Cambridge-MA: Harvard University Press (2000).
- Keller, E. F. *O Século do Gene*. Belo Horizonte: Editora Crisalida (2002).
- Lewis, J.; Leach, J.; Wood-Robinson, C. What's in a cell? – young people's understanding of the ge-netic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education*, v. 34, n. 3, p. 129-132, (2000)
- Lewis, J.; Wood-Robinson, C. Genes, chro-mosomes, cell division and inheritance – do students see any relationship? *International Journal of Science Edu-cation*, v. 22, n. 2, p. 177-195, (2000)
- Lima, A. C.; Pinton, M. R. G. M., & Chaves, A. C. L. (2007). *O entendimento e a imagem de três conceitos: DNA, gene e cromossomo no ensino médio*. In: *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências - SC, Florianópolis: 2007. Anais...* Florianópolis: ABRAPEC, (2007).
- Longden, B. Genetics – are there inherent learn-ing difficulties? *Journal of Biological Education*, v. 16, n. 2, p. 135-140, (1982)
- Moss L. Deconstructing the gene and reconstructing molecular developmental systems. In: Oyama S, Griffiths PE, Gray RD (eds) *Cycles of contingency: developmental systems and evolution*. MIT Press, Cambridge-MA, pp. 85-97 (2001).
- Moss L. *What genes can't do*. MIT Press, Cambridge-MA (2003).
- Moss, L. The question of question: what is a gene? Comments on Rolston and Griffiths & Stotz. *Theoretical Medicine and Bioethics* (2006).
- Nascimento, M. L.. *Como ensinar a estudantes universitários do ciências biológicas e ciências da saúde sobre a crise do conceito de gene?*. Dissertação de mestrado. UERJ/Rio de Janeiro (2010).
- Paiva, A. L. B., & Martins, C. M. de C.. Concepções prévias de alunos de terceiro ano do ensino médio a respeito de temas na área de Genética. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (2004).

- Pitombo, M. A., Aalmeida, A. M. R. & El-Hani, C. N. Gene concepts in higher education cell and molecular biology textbooks. *Science Education International* 19(2): 219- 234 (2008).
- Pitombo, M. A., Almeida, A. M. R. & El-Hani, C. N. Conceitos de gene e idéias sobre função gênica em livros didáticos de biologia celular e molecular do ensino superior. *Contexto & Educação (Brasil)* 77: 81- 110 (2008).
- Reis, T. A.; Rocha, L. S. S.; Oliveira, L. P.; Lima, M. M. O. O ensino de genética e a atuação da mídia. In: *Anais do V CONNEPI – CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO*. Maceió – AL, (2010)
- Santos, V. C. & El-Hani, C. N. Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. (No prelo) Idéias sobre genes em livros didáticos de biologia do ensino médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. (2009)
- Scheid, N. M. J., & Ferrari, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na escola* (2006).
- Schneider, E. M., Justina, L. A. D., Andrade, M. A. B. S., Oliveira, T. B., Caldeira A. M. A., Meglhioratti, F. A. Conceitos de Gene: Construção Histórico – Epistemológica e Percepções de Professores do Ensino Superior. In: *Investigações em Ensino de Ciências – v. 16(2)*, p. 201-222 (2011).
- Solha, G. C. F., & Silva, E. P. Onde está o lugar do conceito de gene. *Episteme* (2004).
- Stotz, K, Griffiths, P. e Knight, R. How biologists conceptualize genes: An empirical study. *Studies in the History and Philosophy of Biological & Biomedical Sciences* 35: 647- 673 (2004).
- Thomas, J. Learning about Genes and Evolution through Formal and Informal Education. *Studies in Science Education*, v. 35, p. 59-92, (2000).
- Wood-Robinson, C.; Lewis, J.; Leach, J.; Driver, R. Genética y Formación Científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v.1, n.16, p.43-61, (1998)

Luiz Felipe Reversi¹, Thais Benetti de Oliveira² e Ana Maria de Andrade Caldeira²
lfr182@hotmail.com, thaisbbbp@hotmail.com, anacaldeira@fc.unesp.br

¹Departamento de Ciências Biológicas, Unesp - Bauru. ²Departamento de Pós-graduação, Unesp – Bauru