

Uso de um inventário conceitual de meiose para analisar dificuldades persistentes na compreensão de conceitos entre calouros e futuros professores de biologia

The use of a concept meiosis inventory to analyze persistent difficulties in understanding concepts among freshmen and prospective biology teachers

Lorrayne Evangelista de Sousa (mestranda)

Universidade Federal de Minas Gerais - Instituto de Ciências Biológicas
lorrayne.evangelistasousa@gmail.com

Marina de Lima Tavares (professora)

Universidade Federal de Minas Gerais – Faculdade de Educação
marina_tavares@hotmail.com

Adlane Vilas-Boas Ferreira (professora)

Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Biológicas
adlane@ufmg.br

Resumo

Está bem documentado na literatura que estudantes de diferentes níveis de ensino em Genética têm dificuldades na compreensão de conteúdos mínimos dessa área, como a meiose, tópico persistentemente difícil para os discentes. O objetivo deste trabalho é, por meio de uma pesquisa quantitativa e qualitativa, investigar a compreensão de estudantes de um curso de Ciências Biológicas sobre alguns conceitos relacionados à meiose: ploidia; relação entre quantidade de DNA, número de cromossomos e ploidia; cronologia dos principais eventos da meiose; e representação pictórica dos cromossomos. Apresentamos aqui os resultados parciais da etapa quantitativa da pesquisa onde um Inventário Conceitual de Meiose foi usado para coletar os dados. Frequentemente foram identificadas concepções equivocadas entre calouros e veteranos, com relação a, por exemplo, ploidia celular, estrutura dos cromossomos, produtos da mitose e meiose, e dificuldade em estabelecer articulação entre eventos do ciclo celular e a meiose.

Palavras-chave: ensino de genética, meiose, concepções equivocadas, inventário conceitual.

Abstract

It is well documented in the literature that students of different levels of education in Genetics have difficulties in understanding basic contents in this area, such as meiosis, a persistently difficult topic for students. This is a quantitative and qualitative research that has the objective to investigate the understanding of undergrad students, with major in Biology, about some concepts on meiosis: ploidy; relationship between quantity of DNA, number of chromosomes and ploidy; chronology of the main meiosis events; and pictorial representation of chromosomes. Here we present the partial results of the quantitative phase of the research that used a Meiosis Conceptual Inventory as the tool for collecting the data. Frequent misconceptions were identified among freshmen and veterans, such as cell ploidy, chromosome structure, products of mitosis and meiosis and difficulty in establishing articulation between cell cycle events and meiosis.

Keywords: genetic teaching, meiosis, misconceptions, conceptual inventory.

Introdução

O ensino de genética e a meiose

A genética tem se destacado pelos inúmeros avanços, que têm introduzido novos conceitos e ressignificando conceitos chave para o entendimento dos processos biológicos. Além do mais, as realizações científicas desse campo têm ocupado grande espaço nos debates biológicos e na mídia, como as pesquisas genômicas, clonagem, uso de células-tronco, produção e utilização de organismos transgênicos, etc. (LIMA; PINTON; CHAVES, 2007). O ritmo das descobertas genéticas ressalta a importância de se aumentar a proporção de cidadãos com conhecimentos suficientes para compreender esses avanços e fazer uso das informações e tecnologias relacionadas.

Apesar da importância da genética, confusões sobre conceitos dessa área são comuns entre estudantes de diversos países, desde a educação básica (BELMIRO; DINIZ; BARROS, 2017) ao ensino superior (SMITH; KNIGHT, 2012), como entre futuros professores de biologia (INFANTE-MALACHIAS et al., 2010).

Há mais de 30 anos, um tema frequentemente apontado como fonte de dificuldade para aprendizagem em genética é a meiose (FINLEY; STEWART; YARROCH, 1982; KINDFIELD, 1994). Até os dias de hoje, os estudantes não mobilizam conhecimentos sobre meiose em situações de aprendizagem em genética (GUIMARAES-KLAUTAU et al., 2009), além de preservarem concepções equivocadas sobre esse processo de divisão celular (CARVALHO, 2020; GUERRA et al., 2020).

Concepções equivocadas são entendimentos peculiares sobre determinados conceitos que contrariam conhecimentos cientificamente comprovados. Tais concepções são frequentemente profundamente enraizadas e resistentes ao ensino (ETOBRO; BANJOKO, 2017).

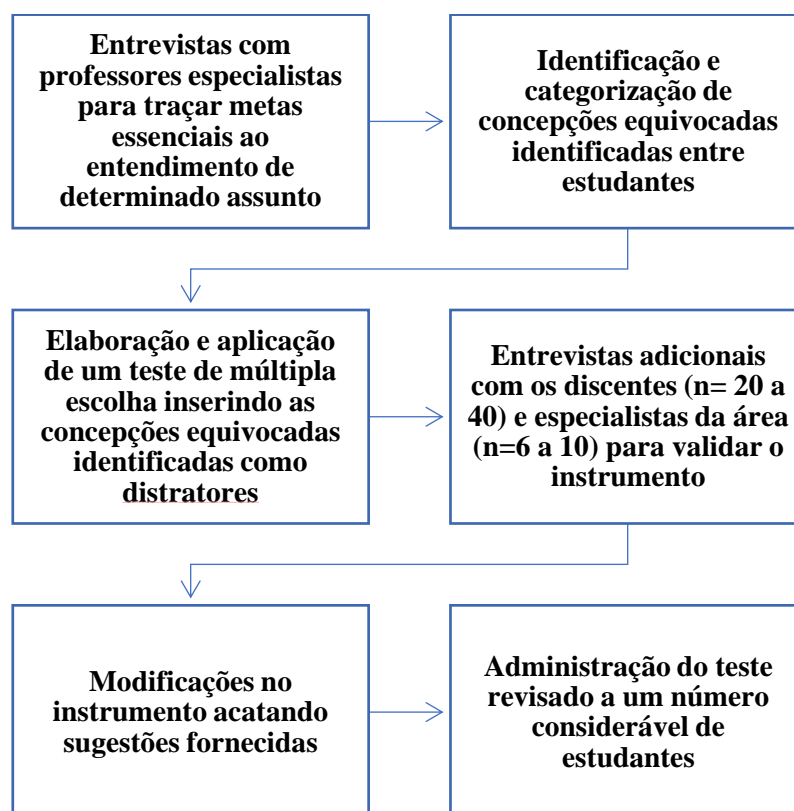
Como identificar concepções equivocadas: inventários conceituais (IC)

Os IC são instrumentos quantitativos construídos para medir o entendimento conceitual em áreas que, reconhecidamente, os estudantes mantêm concepções equivocadas. Segundo Garvinox e Klymkowsky (2007), os IC possuem as seguintes características: se assemelham a

testes típicos de múltipla escolha, mas os distratores (as respostas "erradas") são baseados em descobertas de pesquisas que indicam conceitos errôneos comumente mantidos pelos estudantes; os distratores diagnosticam ou mapeiam um nível específico de compreensão conceitual do estudante; cada distrator revela em que ponto o entendimento do estudante se desviou ou ficou "estagnado".

A elaboração de um inventário inclui um processo sistemático de validação composto por múltiplas etapas que resulta em um instrumento de avaliação mais confiável a ser utilizado (ADAMS; WIEMAN, 2011), como mostra, resumidamente, a Figura 1:

Figura 1: Fluxograma geral de elaboração de inventários conceituais



Fonte: elaborado pela autora.

A complexidade inerente ao processo de meiose constitui por si só um obstáculo à construção desse conhecimento. Isso reforça a necessidade de concentrar esforços para compreender as dificuldades sobre conceitos básicos que envolvem a meiose nos estudos de âmbito nacional.

Assim, a proposta do presente trabalho é, por meio de um inventário conceitual, investigar as dificuldades na compreensão de conceitos sobre meiose compartilhadas por estudantes de licenciatura e bacharelado em ciências biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) antes e após cursarem diferentes disciplinas de genética ofertadas na graduação. A identificação de concepções equivocadas persistentes pode guiar ações de ensino na graduação que visem superá-las.

Objetivos

Geral: Investigar as dificuldades na compreensão de conceitos associados ao processo de meiose compartilhadas por estudantes de graduação em Ciências Biológicas em diferentes momentos do curso.

Específicos

A partir de respostas ao Inventário Conceitual de Meiose (ICM) desenvolvido por Kalas et al., (2013) e adaptado para este trabalho:

- Identificar dificuldades na compreensão de conceitos sobre meiose apresentadas por estudantes de licenciatura e bacharelado de biologia do primeiro semestre (calouros) e por estudantes de licenciatura de semestre posteriores (veteranos) do curso.
- Comparar o desempenho geral e em cada item de calouros e veteranos no inventário;
- Analisar as concepções equivocadas compartilhadas por estudantes de ambos os grupos;
- Interpretar os resultados coletados da aplicação do ICM para compreender a natureza das concepções equivocadas encontradas.

Metodologia

Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (COEP UFMG). Todos os estudantes participantes concordaram em participar através de um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE).

Para participar desta pesquisa foram selecionados 25 calouros do curso de Ciências Biológicas da UFMG, os quais ainda não haviam cursado disciplinas da Genética, e 45 licenciandos veteranos (estudantes a partir do 3º período), os quais já haviam cursado, pelo menos, a disciplina Genética I, na qual o processo de meiose é trabalhado. Os estudantes selecionados responderam a itens retirados do ICM, já validado e apresentado em periódico por Kalas et al., (2013).

Instrumento de Coleta de Dados

Para a pesquisa foram selecionados 12 itens do ICM desenvolvido por Kalas et al., (2013).

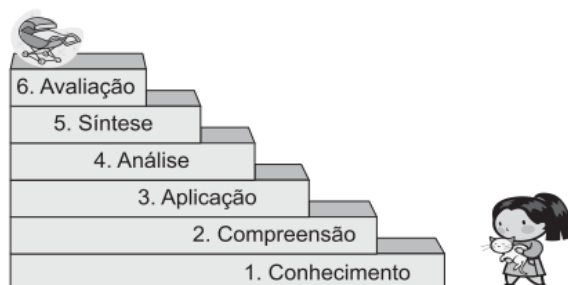
O ICM consiste em 17 itens distribuídos em itens de múltipla-escolha convencionais e do tipo multi-resposta, nos quais os pesquisados devem assinalar todas as alternativas que consideram corretas dentre as quatro opções disponíveis. As perguntas são projetadas para avaliar o conhecimento dos graduandos sobre as categorias conceituais listadas no Quadro 1.

Os itens do ICM são classificados segundo a Taxonomia de Bloom do Domínio Cognitivo¹ (Quadro 1; Figura 2), a qual é estruturada em níveis crescentes de complexidade, partindo da

¹ A Taxonomia de Bloom é uma estrutura de organização hierárquica que auxilia no planejamento de objetivos educacionais ligados ao desenvolvimento cognitivo. Ela foi desenvolvida por um grupo liderado por Benjamin Bloom, um psicólogo e pedagogo americano, e colaboradores. A Taxonomia de Bloom é estruturada em níveis crescentes de complexidade: Conhecimento envolve trazer à mente o material apropriado (processo de lembrança). Compreensão é um tipo de entendimento em que o indivíduo sabe o que está sendo comunicado e é capaz de fazer

aquisição de habilidades mentais mais simples, como conhecimento (I) e compreensão (II), e, de forma cumulativa, o alcance de habilidades mentais mais complexas, como aplicação (III) e análise (IV) (BLOOM et al., 1956; FERRAZ; BELHOT, 2010).

Figura 2: Taxonomia de Bloom



Fonte: FERRAZ; BELHOT, (2010)

Quadro 1: Caracterização dos itens selecionados do ICM

Item	Conceito(s) testado(s)	Nível de Bloom
1	Ploidia	II- Compreensão
2	Ploidia	III- Aplicação
3	Ploidia	III - Aplicação
4	Integração: ploidia, estrutura dos cromossomos, alelos e genótipos.	IV- Análise
5	Representação dos cromossomos, relação entre a estrutura dos cromossomos e a replicação do DNA.	II-III- Compreensão- Aplicação
6	Relação entre replicação do DNA, número de cromossomos e ploidia.	II- Compreensão
7	Relação entre a estrutura do cromossomo, representação dos cromossomos e DNA.	II-III Compreensão- Aplicação
8	Número de cromossomos e representação dos cromossomos (“o que conta como um cromossomo”).	III - Aplicação

uso da ideia sem necessariamente relacioná-la com outro conhecimento. Aplicação se refere à habilidade de utilizar conteúdos aprendidos em situações novas. Análise se trata de decompor o conhecimento em partes buscando entender o todo, a estrutura final, identificando as relações que as partes estabelecem entre si. (BLOOM et al., 1956; FERRAZ; BELHOT, 2010).

9	Número de cromossomos e representação dos cromossomos (“o que conta como um cromossomo”).	III - Aplicação
10	Eventos chave da meiose (segregação de cromátides irmãs e consequências do <i>crossing over</i>).	III - Aplicação
11	Eventos chave da meiose (alinhamento de pares homólogos).	III - Aplicação
12	Formação de gametas, segregação de alelos e cromossomos.	III-IV – Aplicação – Análise

Fonte: Adaptado de Kalas et al. (2013).

Tanto o TCLE quanto o ICM foram inseridos na plataforma *Google Forms* (consulte em: <https://forms.gle/gohMxYcvZ4zmSut56>) e aplicados remotamente no mês de setembro de 2020 devido à pandemia de COVID-19.

Análise das respostas aos itens

A pontuação dos itens foi atribuída dicotomicamente: 1 ponto para itens corretos e zero para itens incorretos. Assim, não foi atribuída pontuação parcial para respostas parcialmente corretas em itens do tipo multi-resposta.

Para comparar o desempenho geral das duas amostras independentes de estudantes no ICM, após o teste de normalidade dos dados, foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney. Já para comparar o desempenho dos calouros e veteranos em cada item, foi utilizado o Teste Exato de Fisher. As análises estatísticas e os gráficos foram desenvolvidos no programa GraphPad Prism versão 8.

Com objetivo de identificar a preferência por distratores específicos em detrimento da(s) alternativa(s) cientificamente aceita(s), os itens foram classificados na seguinte categorização (adaptada) proposta por Smith e Knight (2012):

Quadro 2: Categorização dos itens baseada na distribuição de respostas obtidas

Categoria 1: Nenhuma dificuldade óbvia	70% ou mais estudantes responderam a determinado item corretamente.
Categoria 2: Ideia incorreta comum	Menos de 70% dos estudantes responderam a um item corretamente e mais de 30% selecionaram preferencialmente uma resposta incorreta específica, denominada <u>Concepção Equivocada Mais Comum (CEMC)</u> .
Categoria 3: Nenhuma ideia incorreta específica	Menos de 70% dos estudantes responderam corretamente a um item, mas nenhuma resposta incorreta específica foi preferencialmente selecionada.

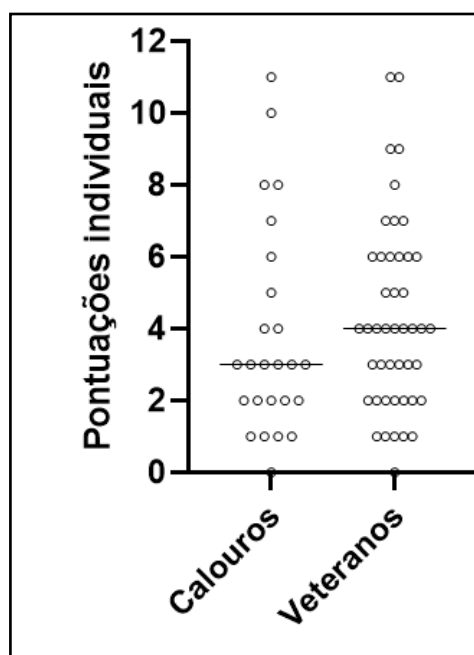
Fonte: elaborado pela autora.

Resultados e discussão

Análise geral de desempenho

Por meio da pontuação individual obtida por cada pesquisado no ICM foi calculada a pontuação média dos calouros (3,8 pontos de 12 (ou 31,6%)) e dos veteranos (4,3 pontos de 12 (ou 35,6 %)). Através do gráfico apresentado na figura 3 é possível observar que o desempenho individual dos estudantes de ambos os grupos foi predominantemente de médio a baixo.

Figura 3: Distribuição das pontuações individuais obtidas no ICM pelos calouros (n=25) e veteranos (n=45). O traço indica a mediana.



Fonte: elaborado pela autora.

Ao comparar o desempenho geral das duas amostras independentes de estudantes, o teste de Mann-whitney indicou um entrelaçamento entre os dados dos dois grupos ($p > 0,05$), concluindo-se pela semelhança entre as medianas e distribuição dos dados. Logo, a diferença de desempenho geral entre calouros e veteranos foi estatisticamente insignificante.

Categorização e identificação das concepções equivocadas comuns (CEMC)

Conforme descrito no quadro 2, os itens do ICM foram agrupados em 3 categorias distintas com base na distribuição de respostas obtidas. Os quadros a seguir mostram, separadamente, para calouros (Quadro 3) e veteranos (Quadro 4), a categorização dos itens respondidos, as CEMC e a porcentagem de estudantes que selecionaram essa concepção. O tipo do item também é indicado, sendo RS os itens de múltipla escolha de resposta simples e RM os itens de múltipla escolha do tipo multi-resposta.

Quadro 3: Agrupamento de itens do ICM em três categorias diferentes com base na distribuição de respostas obtidas entre os calouros (n=25)

Item			Concepções equivocadas	Frequência de seleção das concepções equivocadas
	RS	RM		
9	x		Confusão entre cromossomos e cromátides.	20%
1	x		O número absoluto de cromossomos determina a ploidia da célula.	40%
2		x	i. Células haploides não podem ter cromossomos compostos por duas cromátides irmãs. ii. Confusão entre cromátides irmãs e cromossomos homólogos.	60%
3		x	Uma célula é considerada diploide se seus cromossomos são compostos por cromátides irmãs	56%
5		x	Compreende a relação entre cromossomos e cromátides irmãs, mas desconhece a relação disso com a replicação do DNA	48%
7		x	O DNA antes da replicação é de fita simples, o diagrama é após a replicação. Se houver duas fitas complementares, o DNA torna-se de fita dupla	40%
11	x		Cromossomos homólogos aparecem pareados tanto na metáfase da mitose como na metáfase da meiose	40%
12		x	Confusão entre meiose e mitose: ideia que, geneticamente, um gameta se parece com uma célula pós-mitótica	52%
4		x	Duas cromátides irmãs são dois cromossomos	28%
			As células diploides são aquelas em que os cromossomos são compostos por cromátides irmãs e genótipos A/a	24%
6		x	A replicação do DNA altera a ploidia da célula	24%
8		x	Uma cromátide é um cromossomo	20%
10	x		As cromátides irmãs são diferentes, portanto, deve ser meiose (\surd); cromátides irmãs segregam na meiose I.	24%

- RS Itens de múltipla escolha resposta simples: de quatro opções de resposta apenas uma deve ser selecionada.
RM Itens de múltipla escolha do tipo multi-resposta: de quatro opções de resposta qualquer número pode ser selecionado.

- Verde (Categoria 1) - itens com alta proporção de 70% ou mais de respostas corretas; Azul (Categoria 2) itens com uma concepção equivocada mais comum; Rosa (Categoria 3) - itens com ampla distribuição de distratores.

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 4: Agrupamento de itens do ICM em três categorias diferentes com base na distribuição das respostas obtidas entre os veteranos (n=45)

Item	Concepções equivocadas		Frequência de seleção das concepções equivocadas	
	RS	RM		
7		x	O DNA antes da replicação é de fita simples, o diagrama é após a replicação. Se houver duas fitas complementares, o DNA torna-se de fita dupla.	16%
1	x		O número absoluto de cromossomos determina a ploidia da célula	60%
2		x	i. Células haploides não podem ter cromossomos compostos por duas cromátides irmãs. ii. Confusão entre cromátides irmãs e cromossomos homólogos	71%
3		x	Uma célula é considerada diploide se seus cromossomos são compostos por cromátides irmãs.	71%
4		x	Dois cromátides irmãs são dois cromossomos	31%
5		x	Compreende a relação entre cromossomos e cromátides irmãs, mas desconhece a relação disso com a replicação do DNA	47%
12		x	Confusão entre meiose e mitose: ideia que, geneticamente, um gameta se parece com uma célula pós-mitótica	53%
6		x	Ampla distribuição de respostas	---
8		x	Ampla distribuição de respostas	---
9	x		Confusão entre um par de homólogos e um cromossomo ou ideia de que o “número de cromossomos” se refere ao número haploide.	18%
			Confusão entre um cromossomo e uma cromátide.	16%
10	x		As cromátides irmãs são diferentes, portanto, deve ser meiose (\surd); cromátides irmãs segregam na meiose I.	20%
11	x		Cromossomos homólogos aparecem pareados na metáfase da mitose.	20%

- RS Itens de múltipla escolha resposta simples: de quatro opções de resposta apenas uma deve ser selecionada.
RM Itens de múltipla escolha do tipo multi-resposta: de quatro opções de resposta qualquer número pode ser selecionado.

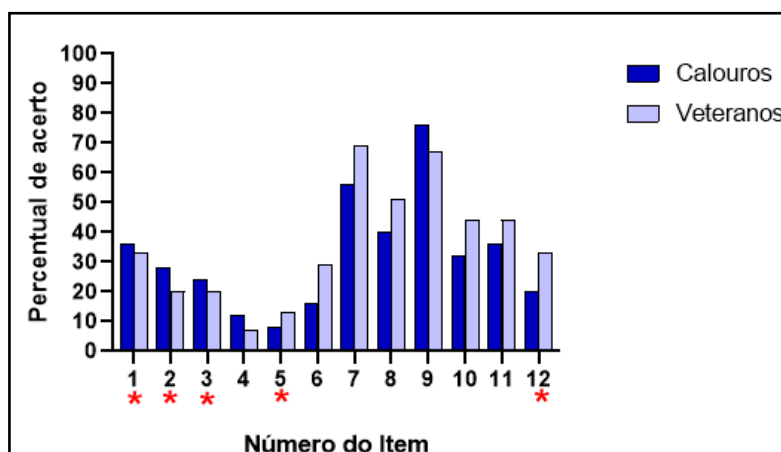
- Verde (Categoria 1) - itens com alta proporção de 70% ou mais de respostas corretas; Azul (Categoria 2) itens com uma concepção equivocada mais comum; Rosa (Categoria 3) - itens com ampla distribuição de distratores.

Fonte: elaborado pela autora.

Análise das concepções equivocadas mais comuns (CEMC)

O desempenho dos calouros e dos veteranos nos 12 itens do instrumento de coleta de dados é mostrado no gráfico abaixo:

Figura 4: Desempenho dos calouros e veteranos em todos os 12 itens selecionados do ICM (n=70 estudantes). Os itens com asterisco são aqueles que serão explorados neste estudo.



Fonte: elaborado pela autora.

No item 4, a dificuldade proeminente comparada aos itens 1, 2 e 3, todos da mesma categoria conceitual (Ploidia), pode ser explicada por esse item demandar dos estudantes a habilidade de análise (nível de Bloom IV), isto é, o item não exige apenas compreender o conceito de ploidia, mas, também, exige a capacidade de dividir o conteúdo em partes menores e identificar suas interrelações. Assim, o aluno deveria entender como o conceito de ploidia se associa a outros, como número de cromossomos, estrutura dos cromossomos (presença ou não de cromátides irmãs) e disposição dos alelos gênicos. É evidente que o desempenho dos estudantes cai à medida que são exigidas habilidades cognitivas de ordem superior (item 1 – compreensão > itens 2, 3- aplicação > item 4-análise), como mostra a Figura 4.

Os itens marcados com asterisco (Figura 4) são aqueles em que calouros e veteranos demonstraram preferência por distratores específicos, os quais representam as concepções equivocadas mais comuns (CEMC)². Curiosamente, as CEMC compartilhadas pelos novatos e veteranos em cada um desses itens destacados são as mesmas, como mostra a Figura 5, apesar do momento do curso em que cada grupo se encontra e mesmo após as aulas da graduação que abordam o tema com professores e estratégias didáticas diferentes. Carvalho (2020) ressalta que, quando a complexidade do assunto não é tratada de forma real, o aprendizado não ocorre de forma satisfatória, apesar das diferentes metodologias adotadas para abordar o assunto de meiose.

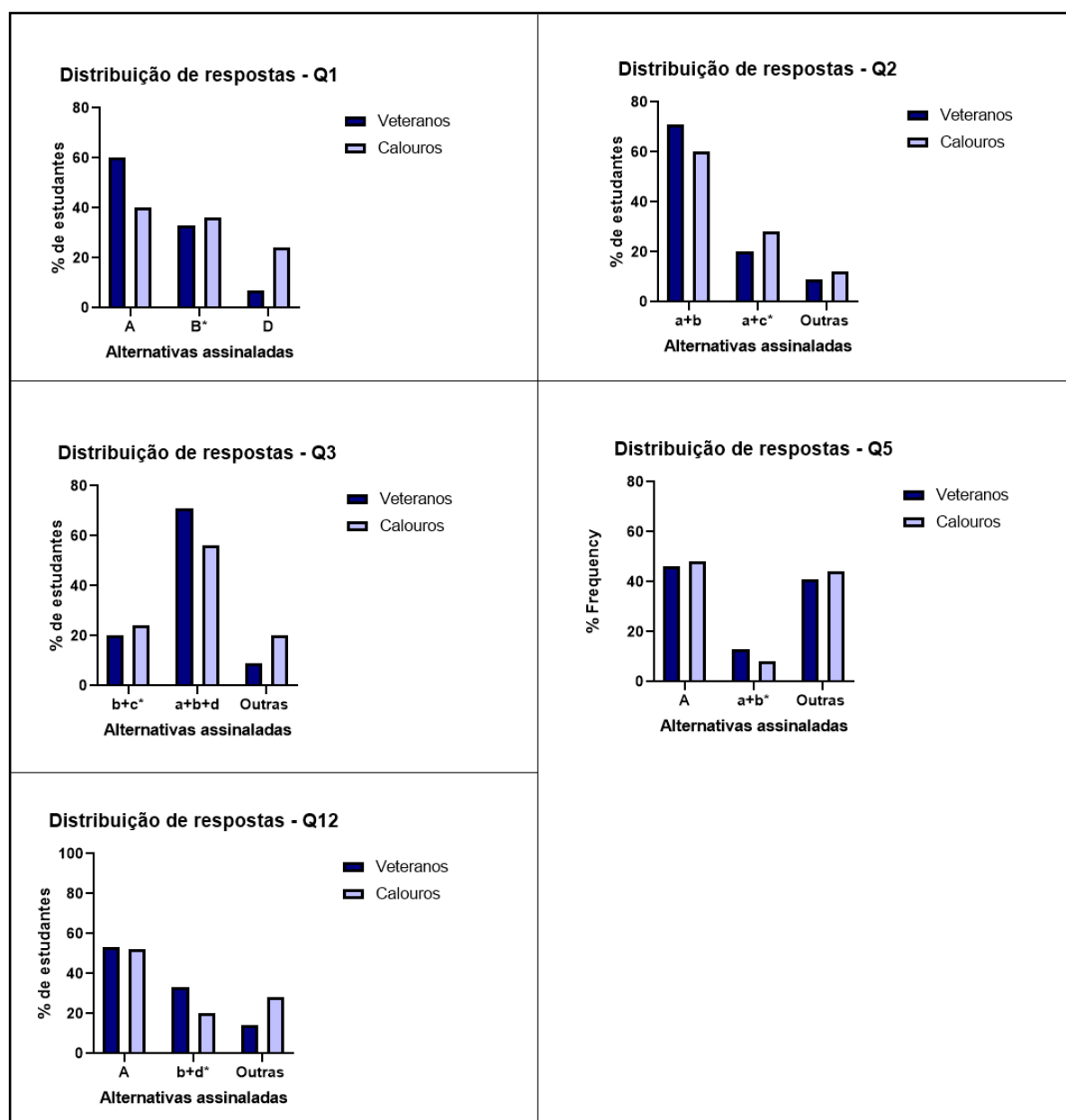
Os cinco itens nos quais ambos os grupos demonstraram preferência pelos mesmos distratores abordam conceitos fundamentais para o entendimento do processo de meiose: ploidia (itens 1, 2 e 3), estrutura dos cromossomos (item 5) e produtos da meiose (item 12). Os discentes tendem

² As concepções equivocadas mais comuns (CEMC) são identificadas quando menos de 70% dos estudantes acertaram o item e mais de 30% dos calouros ou veteranos selecionaram preferencialmente uma possibilidade de resposta específica. As CEMC são listadas do quadro 3 e 4 em rosa (categoria 2).

a pensar que a ploidia da célula varia em função da estrutura dos cromossomos. Kindfield (1994), em um estudo conduzido na Universidade da Califórnia, e Guerra et al. (2020), em um estudo conduzido na UFMG, constataram que os estudantes compartilham a concepção supracitada sobre ploidia. Assim, cromossomos não replicados seriam típicos de células haploides. Já cromossomos compostos por cromátides irmãs seriam característicos de células diploides. Ainda, uma concepção comum é a de que o número absoluto de cromossomos determina a ploidia e as células diploides têm sempre mais cromossomos do que células haploides, independente de qual espécie se refere. Os discentes também confundem os produtos da mitose e da meiose, pensando que um gameta se parece com uma célula pós-mitótica.

Os gráficos a seguir (Figura 5) mostram a distribuição de respostas para as perguntas que ambas as amostras de estudantes demonstraram preferência pelos mesmos distratores, as CEMC. Estão representados os distratores assinalados e a opção correta indicada por um asterisco. Por exemplo, no item 1, a opção correta é a letra B* e o distrator preferencialmente assinalado pelos calouros e veteranos é a letra A.

Figura 5: Distribuição de respostas dos itens 1, 2, 3, 5 e 12 entre os calouros (azul claro) e veteranos (azul escuro). A resposta correta está indicada por um asterisco.



Fonte: elaborado pela autora.

Conclusão

O ICM demonstrou ser uma ferramenta eficaz para analisar a compreensão sobre o conteúdo de meiose entre graduandos em Biologia e para identificar concepções equivocadas, as quais podem dificultar a aprendizagem da genética. Assim, os resultados desse trabalho trazem novos elementos para a compreensão das dificuldades de estudantes em específico de conceitos relacionados à meiose. Como continuidade da pesquisa de mestrado da qual esse trabalho faz parte, pretende-se realizar uma etapa qualitativa, com a realização de entrevistas semi-estruturadas com estudantes respondentes do inventário, para uma melhor compreensão dos

raciocínios desenvolvidos para as escolhas das respostas. Consideramos que esses achados podem orientar ações de ensino mais precisas, como elaboração de materiais didáticos que enfatizem temas em que prevalecem concepções equivocadas de estudantes, o que pode repercutir positivamente no ensino de genética nacional e internacionalmente.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e bolsa à L.E.S. e aos alunos de graduação do curso de Ciências Biológicas da UFMG por toda contribuição neste projeto; ao CNPq por bolsa de pesquisa à A.V.B.

Referências

ADAMS, Wendy K.; WIEMAN, Carl E. Development and validation of instruments to measure learning of expert-like thinking. *International Journal of Science Education*, v. 33, n. 9, p. 1289–1312, 2011.

BELMIRO, Michel Stórquio; DINIZ, Marcelo; BARROS, Monteiro De. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. *Revista Práxis*, v. 9, 2017.

ETOBRO, A. Benjamin; BANJOKO, S.O. Misconceptions of genetics concepts among pre-service teachers. *Global Journal of Educational Research*, v. 16, n. 2, p. 121, 2017.

GARVIN-DOXAS, Michael Kathy; KLYMKOWSKY, Susan Elrod. Building, Using, and Maximizing the Impact of Concept Inventories in the Biological Sciences: Report on a National Science Foundation–sponsored Conference on the Construction of Concept Inventories in the Biological Sciences. v. 6, p. 277–282, 2007.

KALAS, Pamela *et al.* Development of a meiosis concept inventory. *CBE Life Sciences Education*, v. 12, n. 4, p. 655–664, 2013.

SMITH, Michelle K.; KNIGHT, Jennifer K. Using the Genetics Concept Assessment to document persistent conceptual difficulties in undergraduate genetics courses. *Genetics*, v. 191, n. 1, p. 21–32, 2012.