

Avaliação de saberes sobre célula apresentados por alunos ingressantes em cursos superiores da área biomédica

**Ana Paula Legey¹, Rodrigo Chaves¹, Antônio Carlos de Abreu Mól²,
Carolina N. Spiegel³, Júlio Vianna Barbosa⁴ e Cláudia M. L. M.
Coutinho⁵**

¹Núcleo de Disciplinas de Ciências Biomédicas, Universidade Gama Filho, Rio de Janeiro, Brasil. E-mails: analegey@hotmail.com, rchaves79@hotmail.com.

²Instituto de Engenharia Nuclear, IEN, CNEN, Rio de Janeiro, Brasil. Laboratório de Computação Avançada, Ciências da Computação, Universidade Gama Filho, Brasil. E-mail: mol@ien.gov.br.

³Departamento de Biologia Celular e Molecular, GCM, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil. Laboratório de avaliação em Ensino e Filosofia das Biociências, LAEFIB, Instituto Oswaldo Cruz, Fiocruz, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: carolina.spiegel@gmail.com.

⁴Laboratório de Educação em Ambiente e Saúde, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: jub@ioc.fiocruz.br.

⁵Departamento de Biologia Celular e Molecular, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil. Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos, LITEB, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: ccoutinho@ioc.fiocruz.br.

Resumo: Neste trabalho objetivamos avaliar a qualidade de saberes referentes à área de biologia celular apresentados por 235 alunos ingressantes em uma Universidade pública federal situada no Estado do Rio de Janeiro bem como investigar alguns aspectos referentes aos recursos pedagógicos acessíveis aos alunos durante o ensino médio. Para tal, questionários foram aplicados no primeiro dia de aula. Os resultados revelam que um terço do total dos entrevistados demonstraram compreender a célula como unidade morfofisiológica dos seres vivos. Conceitos corretos sobre célula foram apresentados de forma simplista. Identificamos a limitação dos alunos para definir termos mais complexos da biologia celular. Referente aos recursos pedagógicos utilizados no ensino médio, os resultados mostram que: a metade dos alunos entrevistados nunca havia utilizado microscópio; o livro didático foi apontado como principal instrumento pedagógico; ausência quase completa de aulas práticas; utilização expressiva da mídia impressa para leitura de notícias científicas. Concluímos que os alunos ingressantes avaliados nessa pesquisa, em sua maioria, não apresentaram saberes prévios bem sedimentados na área de Biologia Celular e que o ensino tradicional persiste nas escolas do ensino médio.

Palavras chave: célula, saberes prévios, aprendizagem significativa, ensino médio, ensino superior.

Title: Assessment of cell biology knowledge among entering undergraduate students of the biomedical area.

Abstract: This work aimed to assess cell biology knowledge among 235 entering undergraduate students in a federal public university in Rio de Janeiro State and also investigated some aspects related to pedagogical resources to which these students had access during high school. Questionnaires were applied on the first school day. Only a third of the total students demonstrated to comprehend cell as a morphophysiological unity of the living beings. Even correct concepts were presented in a simplistic way, pointing to the need to reconstruct prior meanings. It was also identified limited knowledge when students were asked to define more complex terms related to cell biology. About pedagogical resources that were used in high school, the following results are highlighted: half of the evaluated students had never used a microscope; didactic book was the main pedagogical instrument; lack of practical lessons; use of printed press to read scientific news, especially high circulation newspapers and magazines. The conclusion of this work reveal that most of the students lack the basic knowledge about cell and the traditional teaching persists in the high schools.

Keywords: cell, prior knowledge, significant learning, high school, higher education.

Introdução

A educação em ciências trabalha com conhecimentos em construção, o que significa que as idéias tendem a se modificar. A aprendizagem não pode ser entendida como simples transmissão e internalização de conhecimentos e, sim, deve ser encarada como reorganização de concepções prévias e desenvolvimento de novas concepções dos alunos (Schnetzler, 1994; Moreira, 1999). Assim, identificar a existência de conceitos errôneos ou ultrapassados é um passo importante para permitir a criação de novos conhecimentos científicos.

Enquanto instituição social, a escola tem a finalidade de atender às necessidades formativas da sociedade. A velocidade na produção de novos conhecimentos vem tornando necessário desviar ações pedagógicas para o desenvolvimento de habilidades cognitivas que permitam buscar, selecionar e aplicar conhecimentos necessários à solução de problemas cotidianos da vida pessoal, social ou profissional (Perrenoud, 1999). Tais habilidades compreendem a capacidade de mobilizar recursos cognitivos previamente adquiridos a fim de agir eficazmente diante de uma situação complexa. Nesse caso, é necessário que os currículos escolares identifiquem e disponibilizem conhecimentos básicos necessários ao desenvolvimento de competências próprias aos estudantes em decorrência do seu amadurecimento e desenvolvimento escolar.

O ensino não deve ser apenas baseado no conhecimento adquirido e internalizado, mas deve estar adaptado às mudanças constantes para que a aprendizagem possa se processar de maneira significativa (Araújo-Jorge e Borges, 2004). O conhecimento advindo de uma aprendizagem mecânica não habilita o indivíduo a utilizá-lo em situações novas. O aprendizado deve estar ligado a um processo ativo para resoluções de problemas ou vivência de situações, no qual a aprendizagem significativa se coloca como um pilar

para a construção de respostas para problemas nunca vivenciados (Vygotsky, 1991, 2001; Novak, 2000 *apud* Lemos, 2005).

Lemos (2005) aponta que é preciso considerar os conhecimentos prévios do aluno e estimular sua vontade de aprender de forma significativa e não por memorização. Nessa perspectiva, professores qualificados devem ser capazes de mediar a apropriação do conhecimento através de situações (e materiais) de ensino adequadas à realidade do aluno. De acordo com Johnson-Laird (1996 *apud* Moreira, 1996), conceitos científicos devem ser compreendidos levando-se em consideração sua abstração e complexidade e devem requerer preferencialmente a construção de um modelo mental. É importante que se investigue se as estratégias e os processos de aprendizado pelo aluno percorrem caminhos corretos para construção de modelos mentais e conceituais científicos, os quais permanecerão arraigados nos alunos pelo resto de suas vidas.

Um dos conteúdos de grande nível de abstração e complexidade é o conceito de célula e seu metabolismo. Conceitos referentes à área de biologia celular são abordados durante várias fases de formação escolar do indivíduo. O grau de maturidade do educando irá influenciar no processo de compreensão dos significados que deverá ocorrer de forma fluente em cada nível de ensino, respeitando-se os saberes prévios dos alunos e elementos subçunçores que irão intermediar o aprendizado de novos conceitos (Moreira, 1999; Lemos, 2006). A disciplina de Biologia Celular é trabalhada nos níveis fundamental e médio de ensino com graus crescentes de complexidade. No Brasil, os conceitos de célula são apresentados aos estudantes em diferentes fases da educação básica, ocupando entre 12% a 15% do tempo de escolaridade total (Krasilchik, 1996). No ensino fundamental, é introduzido o estudo de características dos seres vivos e do corpo humano, com ênfase na saúde, reprodução e origem da vida. No ensino médio, os conceitos de biologia celular são introduzidos, em geral, na primeira série no contexto de estudo da origem da vida e das características dos seres vivos, seguindo-se de estrutura e metabolismo celular, histórico da teoria celular e histologias animal e vegetal (Ministério da Educação, 2006). Espera-se que, até o final do ensino médio, o professor possa conduzir o aluno à compreensão da célula como um sistema organizado onde ocorrem reações químicas vitais e que está em constante interação com o ambiente. Espera-se, ainda, que os alunos tenham a capacidade de: distinguir os tipos fundamentais de célula e a existência de organelas com funções específicas; reconhecer os processos de manutenção e reprodução da célula (mitose e meiose) como forma de interligar a gametogênese e a transmissão dos caracteres hereditários; comparar e perceber semelhanças e diferenças entre os seres unicelulares e pluricelulares. O aluno deve compreender como as informações genéticas codificadas no DNA definem a estrutura e o funcionamento das células e determinam as características dos organismos. Deve também conhecer o princípio básico de duplicação do DNA e saber que esse processo está sujeito a "erros" que originam novas versões (alelos) do gene afetado e podem, ou não, ser causadores de problemas para os diferentes organismos. É esperado que os alunos saibam que as mutações são a fonte primária da variabilidade e, portanto, permitiram a constituição da biodiversidade hoje existente (Ministério da Educação, 2006).

No ensino superior, em cursos das áreas de saúde e ambiente, o conhecimento relativo à célula é estruturado de forma fragmentada em várias disciplinas. As orientações curriculares para os cursos da área Biomédica (Medicina, Medicina Veterinária, Enfermagem, Nutrição, Odontologia e Farmácia) propostas pelo Ministério de Educação e Cultura (MEC) incluem conteúdos essenciais que devem estar relacionados com todo o processo saúde-doença do cidadão, da família e da comunidade, integrados à realidade epidemiológica e profissional (Ministério da Educação, 2001). Os conteúdos propostos para a área biomédica devem contemplar aqueles de formação básica (teoria e prática) que incluem as Ciências Biológicas e a Saúde. Conceitos de biologia celular, biologia molecular e evolução devem ser abordados de forma interdisciplinar com uma visão ampla da organização e de interações biológicas.

Disciplinas de Biologia Celular, Biologia Molecular, Bioquímica, Biofísica, Histologia, Embriologia, Parasitologia, entre outras, demandam saberes prévios bem sedimentados como base para que o aprendizado e aprofundamento de novos conteúdos se processem adequadamente. Dados da literatura apontam que alunos do segundo segmento do ensino fundamental (Bastos, 1992), do ensino médio (Bastos, 1992; Lewis e Wood-Robinson, 2000; Rodríguez Palmero e Moreira, 2002; Flores, 2003; Pedrancini et al., 2007) e do ensino superior (Rodríguez Palmero e Moreira, 2002) no Brasil e em outros países estão com conceitos defasados ou equivocados sobre célula e temas afins.

No presente trabalho objetivamos avaliar a qualidade dos saberes prévios de biologia celular de alunos ingressantes em seis cursos superiores da área biomédica de uma Universidade pública federal do Rio de Janeiro, bem como investigar alguns aspectos referentes aos recursos pedagógicos aos quais esses alunos tiveram acesso em seu processo de formação escolar secundária. Os resultados dessa pesquisa poderão contribuir para a orientação de professores do ensino médio e superior no planejamento e adequação de aulas e atividades que envolvam conceitos relativos às células e temas afins.

Metodologia

Sujeitos da pesquisa

O público-alvo dessa pesquisa consistiu em 235 alunos ingressantes em cursos da área biomédica: Ciências Biológicas (32); Medicina (68) Medicina Veterinária (35), Odontologia (34), Enfermagem (43) e Nutrição (23) de uma universidade pública federal situada no estado do Rio de Janeiro no 2º semestre de 2007.

Metodologia de coleta dos dados

A coleta de dados foi feita por meio de questionários compostos por questões fechadas e abertas, os quais foram aplicados no primeiro dia de aula. Perguntas fechadas são úteis pela facilidade e rapidez para se obter respostas generalizadas, passíveis de uma análise quantitativa, como nos aponta Minayo (2004). As perguntas abertas exigem resposta pessoal, espontânea, e trazem dados importantes também para uma análise qualitativa, pois as alternativas de respostas não são todas previstas (Pádua,

2004). Esse tipo de análise apropria-se de um conjunto de instrumentos metodológicos que se aplica a "discursos" diversificados (Bardin, 1977). Seu objetivo consiste na manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo), para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade que não a da mensagem. Divide-se em dois tipos: qualitativa e quantitativa. A característica da análise qualitativa é a inferência a ser fundada na presença do índice (tema, palavra, personagem, etc.) e, a partir disso, é possível descobrir os "núcleos de sentido" que compõem a comunicação, enquanto que na análise quantitativa o determinante é a frequência com que o índice se apresenta no discurso. De acordo com Angelini et al. (2001), para que seja objetiva, a análise de conteúdo exige uma definição precisa das categorias de análise, de modo a permitir que diferentes pesquisadores possam utilizá-las, obtendo os mesmos resultados; para ser sistemática, é necessário que a totalidade de conteúdo relevante seja analisada com relação a todas as categorias significativas.

Coleta de dados

Para coleta de dados foram elaborados dois questionários, aplicados aos 235 alunos distribuídos nos seis diferentes cursos superiores. O primeiro questionário buscou obter informações sobre conceitos e saberes prévios dos alunos. Ele apresentava as seguintes questões na forma de perguntas abertas: conceito de célula; esquematização de uma célula animal com identificação de todos os seus componentes; diâmetro aproximado de uma célula animal; número aproximado de células do corpo humano; diferenciação entre células procarionte e eucarionte; conceituação de DNA, cromossomo, célula-tronco, terapia celular, clonagem e organismos transgênicos. Apresentava, ainda, as seguintes perguntas fechadas: se a célula era uma estrutura bidimensional ou tridimensional; se um ser vivo poderia ser formado por uma única célula (sim, não). No segundo questionário, composto por perguntas fechadas, eventualmente complementadas por perguntas abertas, objetivamos obter as seguintes informações: tipo de curso que estava frequentando (resposta aberta); se era a primeira vez que cursava a disciplina de biologia celular no ensino superior (sim, não); instituição onde cursou o ensino médio (pública, particular); tipos de recursos pedagógicos que professores utilizavam nas aulas de biologia no ensino médio (livros, artigos de revistas de divulgação científica, artigos de jornais; outros recursos, a serem acrescentados em resposta aberta); se já haviam tido a oportunidade de observar células ao microscópio (sim, não); locais onde tiveram a oportunidade de observar células ao microscópio (escola, museus de ciências; outros locais, a serem acrescentados em resposta aberta); se tinham hábito de ler notícias de ciências na mídia impressa (sim, não); quais os temas de ciências mais gostavam de ler (saúde, meio ambiente, biotecnologia, tecnologia médica, astronomia, tecnologia, engenharia; outros temas, a serem acrescentados em resposta aberta); em quais fontes liam notícias de ciências na mídia impressa (jornais, revistas, internet, revistas especializadas em divulgação científica; nomes das fontes solicitados em resposta aberta); com que frequência liam notícias de ciências na mídia impressa (uma vez por semana, mais de uma vez por semana; outro tipo de frequência a ser acrescentada em resposta aberta).

Aplicação dos questionários

Antes de iniciar o processo de coleta de dados, foi apresentado aos sujeitos envolvidos na pesquisa um termo de consentimento livre e esclarecido autorizando o uso das informações concedidas por meio de questionários e informando sobre o anonimato dos dados colhidos. Para não mascarar os resultados, a aplicação dos questionários foi realizada no primeiro dia de aula, antes que conceitos relativos à área de biologia celular fossem abordados nas disciplinas afins.

Análise dos dados

A análise de conteúdo, como proposta por Bardin (1977) e Angelini et al. (2001), foi utilizada para análise dos dados coletados por meio dos questionários aplicados. Para as questões discursivas foram atribuídas categorias de análise como, por exemplo: se os conceitos estavam corretos, parcialmente corretos ou errados; se o esquema de uma célula animal estava completo, básico ou incompleto. O conteúdo das respostas abertas foi desmembrado em novas unidades de categorização, identificadas no texto do aluno. Para as questões de múltipla escolha, as respostas obtidas foram tabuladas, depositadas em um banco eletrônico de dados e tratadas para análises quantitativas.

Resultados e discussão

Análise dos saberes prévios relativos à Biologia Celular

Realizamos uma análise comparativa dos conceitos e saberes prévios sobre células apresentadas por alunos dos diversos cursos da área biomédica de uma universidade pública, a fim de se obter um perfil representativo da qualidade da apropriação de saberes prévios de biologia celular (Tabela 1). Observamos que a grande maioria dos alunos foi proveniente de escolas de ensino médio particular, com exceção para o curso de Enfermagem, onde essa diferença foi menor (42 % de escola pública).

Curso	Ensino médio em escola particular	Ensino médio em escola pública	Total
Medicina	60 (88%)	8 (12%)	68
Medicina veterinária	30 (86%)	5 (14%)	35
Enfermagem	25 (58%)	18 (42%)	43
Nutrição	18 (78%)	5 (22%)	23
Odontologia	25 (74%)	9 (26%)	34
Ciências Biológicas	22 (71%)	10 (29%)	32

Tabela 1.- Alunos ingressantes em diferentes cursos de uma universidade pública do Rio de Janeiro, os quais participaram da pesquisa "Concepções sobre célula por alunos de cursos superiores da área biomédica".

O anexo 1 apresenta definições correspondentes a conceitos de biologia celular, as quais foram integralmente extraídas de um livro de Biologia (que aborda o tema "citologia") aprovado pelo MEC para alunos do ensino médio (Linhares e Gewasndsznajder, 2005). Nesse sentido, as repostas dos alunos às perguntas dos questionários aplicados no presente trabalho foram

analisadas e categorizadas comparativamente às definições apresentadas por um livro de uso abrangente em escolas no estado do Rio de Janeiro.

Não foi objetivo da pesquisa proceder a nenhum tipo de avaliação de mérito do livro em questão, mas apenas usá-lo como referência para avaliar a qualidade dos saberes especificamente sedimentados pelos alunos de acordo com o estágio em que se encontravam na escala de formação acadêmica, ou seja, tendo finalizado o ensino médio e ingressado no ensino superior. Além de conceitos básicos e essenciais sobre células, também buscamos avaliar alguns outros pertencentes às fronteiras da biologia moderna e com frequente destaque na mídia, tais como célula-tronco e terapia celular. No ensino superior da área biomédica, em resposta a uma escala crescente de evolução do conhecimento, os alunos devem ser capazes de compreender as bases moleculares e celulares dos fenômenos normais dos tecidos, órgãos e sistemas e, a fim de compreender as situações alteradas decorrentes da interface saúde-doença (Ministério da Educação, 2001). Conhecimentos de biologia celular, bioquímica, biofísica, microbiologia, imunologia, genética molecular e bioinformática no processo saúde-doença são necessários à integralidade das ações do cuidar na prática de profissionais da área biomédica.

As respostas à pergunta "O que é célula?" foram categorizadas como correta, parcialmente correta ou errada de acordo com a exatidão e completude do conceito apresentado, comparativamente à definição estabelecida no anexo 1. Resposta correta minimamente definia célula como unidade morfológica e fisiológica dos seres vivos. Ressaltamos, entretanto, que houve predominância de conceituação da célula eucariótica, o que, para efeitos da presente pesquisa, também foi categorizada como resposta correta, representada pelo seguinte exemplo: *"célula é uma unidade viva que compõe os seres. Pode apresentar várias funções e é formada por organelas com funções também específicas. Conjunto de células forma os tecidos"*. A categoria de resposta parcialmente correta foi atribuída àquela que apresentava informação pertinente, mas insuficiente para definir o conceito de célula, tal como: *"é unidade morfológica dos seres vivos"*. Resposta errada continha conceito totalmente equivocado, como nos seguintes exemplos: *"uma organela que compõem todos os seres vivos com funções diferentes"*; *"microrganismos que são responsáveis por várias funções"*. Termos equivocados foram usados por alguns alunos para denominar célula, entre os quais destacamos: *"conjunto de pequenas partículas"*, *"uma partícula"*, *"organismo"*, *"conjunto de seres"*, *"substância"*, *"porção"*, *"elemento"*, *"coisa"*, *"algo"*.

Entre os alunos ingressantes no primeiro período de diferentes cursos da universidade pública, os do curso de Medicina são aqueles que obtiveram maior número de respostas corretas ao conceituar célula (53 %), seguidos por aqueles dos cursos de Enfermagem (47%), Medicina Veterinária (43%), Odontologia (35 %), Ciências Biológicas (31 %) e Nutrição (21 %) (Figura 1). Maior percentual de erros foi observado para alunos dos cursos de Nutrição (10 %), seguido pelos alunos do curso de Enfermagem (9 %).

Em relação às respostas dos estudantes sobre as concepções centrais dos saberes sedimentados para conceituação de célula, os alunos demonstraram noção de que a célula possui uma dimensão pequena. Essa informação foi

identificada por referências extraídas de frases, tais como: “menor unidade morfofisiológica existente nos seres vivos”, “estrutura microscópica”, menor parte de um ser vivo”, “menor porção”, “elemento microscópico”, “estrutura mínima”, “menor estrutura”. Entretanto, quando os alunos foram especificamente questionados sobre o diâmetro aproximado de uma célula animal, somente 10 % acertaram a resposta contra 90 % que não tentaram responder (65 % do total) ou erraram ao tentar (25 % do total). Alguns alunos assumiram a falta de conhecimento, como identificado nas seguintes falas: “não faço ideia”, “não sei responder”, “desconheço”, “nunca medi”.

Em relação ao restante dos alunos, 52 % erraram totalmente e 38 % assumiram que não sabiam a resposta. Constituiu-se, indiretamente, através desses resultados, a dificuldade dos alunos com conceitos matemáticos relativos à escala métrica, especialmente no que diz respeito às unidades micrométricas e nanométricas, necessárias para dimensionar tamanho de células e de seus componentes. Essa limitação no conhecimento pode comprometer a sedimentação de diferentes conceitos de biologia celular no ensino superior. Como exemplo, destaca-se: limite de resolução dos diferentes instrumentos ópticos e eletrônicos necessários à obtenção de imagens e informações detalhadas sobre a estrutura e função de células e de suas organelas; magnitude e potencial de interações físicas da superfície de células com o ambiente externo, incluindo moléculas solúveis ou até mesmo outras células como aquelas envolvidas nas interações parasita-hospedeiro as quais podem ser estabelecidas, por exemplo, por células eucarióticas entre si ou destas com bactérias e vírus; diferenciação do fenômeno de fagocitose, o qual envolve projeção de partes da membrana plasmática na forma de pseudópodos para internalização de componentes maiores comparativamente àqueles internalizados por invaginação da membrana plasmática de células no fenômeno da endocitose; identificação de tamanho anormal de células que sofrem transformações malignas e formam massas tumorais indiferenciadas (Alberts et al., 2006).

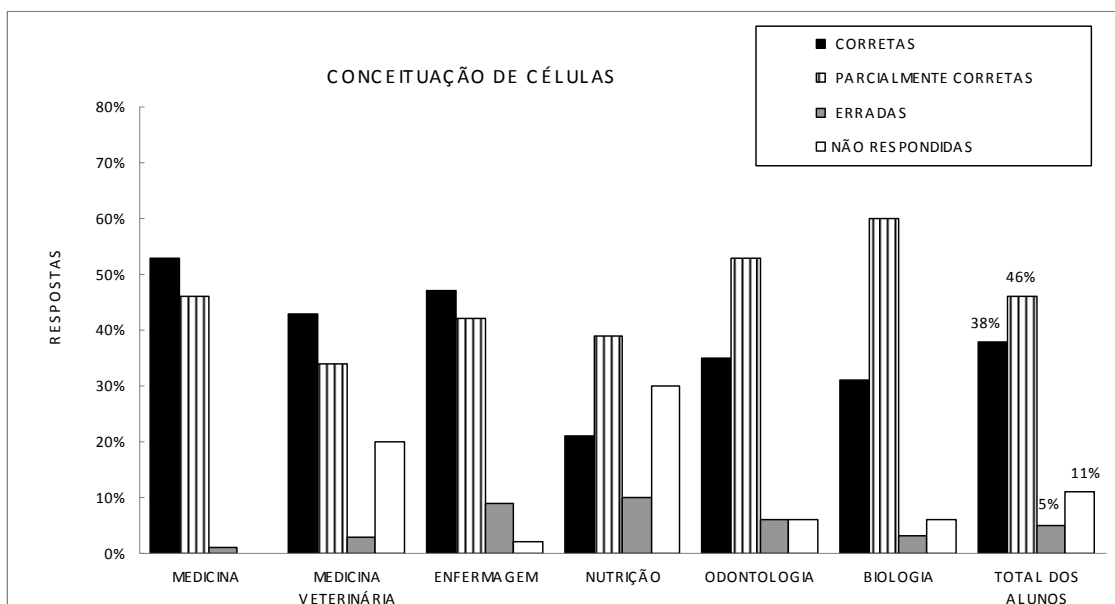


Figura 1.- Conceituação de células por um total de 235 alunos ingressantes de diferentes cursos da área biomédica de uma universidade pública no Rio de Janeiro.

Aparentemente, a existência de organismos unicelulares é um conceito corretamente sedimentado para os alunos participantes desta pesquisa. A quase totalidade deles (97 %) respondeu afirmativamente a uma pergunta fechada se um ser vivo poderia ser formado por uma única célula. É possível que, ao responder essa pergunta, os alunos tenham se referido somente a organismos procarióticos, pois ao conceituar célula eucariótica, com frequência fizeram associações com organismos pluricelulares. Adicionalmente, os alunos apresentaram visão antropocêntrica da célula eucariótica, como exemplificada nas seguintes respostas representativas: *“as células são estruturas que reunidas formam tecidos, músculos e tem como função manter nosso organismo vivo e funcionando”*; *“é o principal componente do corpo humano, que desempenha várias funções”*; *“estrutura viva, microscópica, que constitui o organismo humano, garantindo a vitalidade do ser”*.

Como parte da pesquisa investigatória sobre a qualidade dos conceitos dos alunos sobre célula, foi introduzida uma questão que lhes solicitava diferenciar seres procariontes e eucariontes. As respostas consideradas corretas foram aquelas que minimamente mencionavam a presença de um envoltório nuclear (carioteca) na célula eucariótica e ausência dessa estrutura na célula procariótica, de acordo com o anexo 1, como nos exemplos a seguir: *“células eucariontes têm membrana nuclear, as procariontes não têm”*; *“ausência de carioteca nos procariontes”*. Alguns alunos foram mais precisos em suas respostas: *“a célula procarionte é mais primitiva, não possui organelas membranosas e o material genético está disperso no citoplasma”*; *“a célula procarionte não possui o DNA delimitado por membrana, não possui organelas (com exceção de ribossomas)”*. No último exemplo, embora o aluno tenha saberes sedimentados sobre a diferença entre seres procariontes e eucariontes, ele entende ribossomas como uma organela, demonstrando fragilidade do conceito de organela enquanto estrutura da célula eucariótica compartimentalizada por membrana. O maior e menor percentual de acertos variou entre 80 % e 48 % para Medicina e Nutrição, respectivamente (Figura 2). Percentuais de erros variaram de 4 % na Medicina para 29 % na Medicina Veterinária.

A capacidade de conceituar corretamente células, atribuindo-lhes funções e dimensões, não constitui senso comum nos diferentes segmentos educacionais. Tal como apontam os resultados da pesquisa, a literatura revela conceitos equivocados por parte de alunos do ensino médio, como, por exemplo, atribuir significado de célula a átomos e moléculas (Flores, 2003).

Também, as observações estão de acordo com dados da literatura que mostram apropriação de conceitos corretos, mas simplistas, sobre célula (Rodríguez Palmero e Moreira, 2002; Giordan e Vechi, 1996). Bastos (1992) constatou que a maioria dos alunos de duas escolas do município de São Paulo, ao final do ensino médio, não identificava célula como unidade fisiológica relacionada a processos biológicos, apesar de associá-la à ideia de vida. Em pesquisa similar, realizada em oito escolas inglesas de ensino médio da região de Yorkshire, Lewis e Wood Robinson (2000) destacaram que os alunos confundiam célula com cromossomo ou gene. Flores (2003) conduziu um estudo sobre a representação da célula e seu funcionamento

juntamente a estudantes do ensino médio de uma escola no México e observou que a grande maioria apresentava conceito antropomórfico, desconhecia funções das organelas, atribuindo todas as funções celulares ao núcleo, e apresentava dificuldades para compreender o papel da célula na organização e funcionamento de organismos multicelulares e para diferenciar células animais de vegetais. Mais recentemente, Pedrancini et al. (2007) entrevistaram alunos do 3º ano do ensino médio de escolas estaduais e particulares de dois municípios da região Noroeste do Paraná e constataram que poucos citaram que seres vivos são constituídos por células e alguns confundem célula com átomo, molécula ou tecido.

No presente trabalho, a grande maioria dos alunos (81 %) entendeu que a célula é uma estrutura tridimensional, ao escolher essa opção em detrimento da opção "bidimensional" numa pergunta fechada do questionário. Foi solicitado aos alunos que esquematizassem uma célula animal, inserindo e nomeando todos os seus componentes. Para análise dos dados obtidos, os esquemas foram categorizados da seguinte forma: completo: aquele que representou e nomeou as três partes fundamentais da célula (membrana plasmática, citoplasma e núcleo) e as organelas; básico: aquele que se limitou à representação das três partes fundamentais; incompletos: esquemas sem detalhamento mínimo atribuído ao esquema básico.

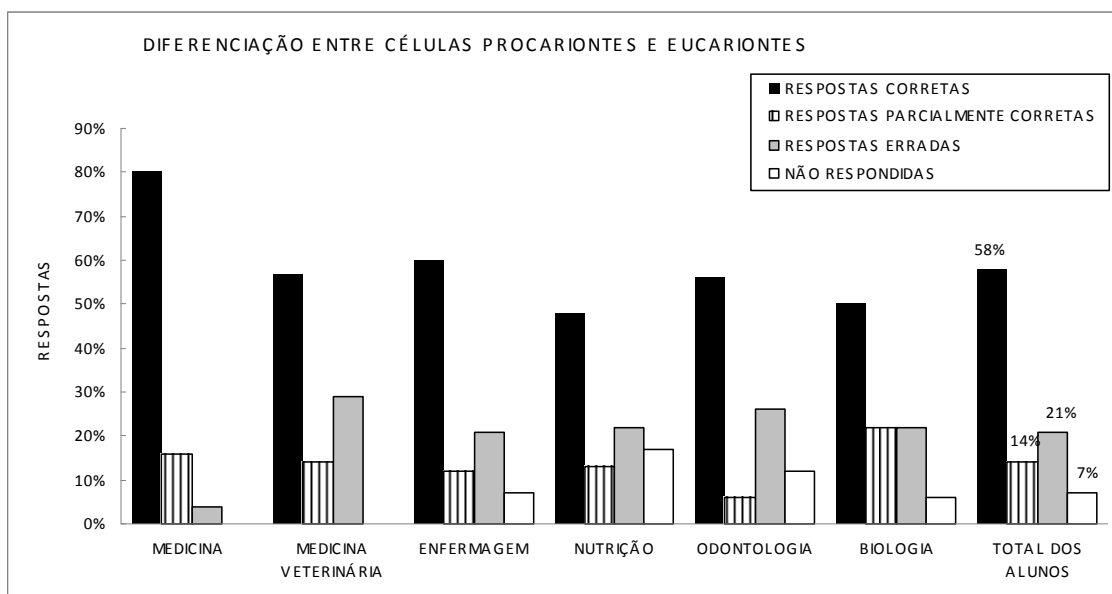


Figura 2. - Diferenciação entre células procariontes e eucariontes por um total de 235 alunos ingressantes de diferentes cursos da área biomédica de uma universidade pública no Rio de Janeiro.

O padrão de um esquema completo foi estabelecido usando-se como referência livro de Biologia aprovado pelo MEC (Ministério da Educação, 2008) para alunos do ensino médio (Linhares e Gewasndsznajder, 2005). Nesse momento, não se levou em consideração diferenças entre esquemas bidimensionais ou tridimensionais. O percentual de acertos, correspondente ao esquema completo, variou entre um máximo de 99 % (alunos de Medicina) e um mínimo de 52 % (alunos de Nutrição), sendo que a média

de acertos foi de 70 % quando consideramos alunos de todos os cursos (Figura 3).

Rodríguez Palmero e Moreira (2002) avaliaram esquemas de células produzidos por nove alunos de cursos superiores não pertencentes à área biomédica: Administração e Direção de Empresas, Filosofia Inglesa, Engenharia de Telecomunicações, Matemática, Geografia e Formação Profissional. A pesquisa foi feita em dois momentos distintos, quando os alunos estudaram biologia no *Curso de Orientación Universitaria* (atual *bachillerato*, na Espanha) e, cinco anos depois, quando estavam cursando ou haviam terminado o curso superior, sem que tivessem contato formal com conteúdos relacionados às células durante esses anos. Nesse estudo, os jovens apresentaram diferentes níveis de modelos mentais no início e no fim da pesquisa, porém, mesmo sem o contato formal com conteúdos relacionados diretamente ao tema, conseguiram construir uma representação mental como modelo de trabalho, de acordo com a demanda oferecida. Os autores concluíram que a aprendizagem de conceitos científicos, como os de célula, é um processo mental complexo que engloba a construção de representações episódicas e a memória de longo prazo. Nesse contexto, a teoria dos modelos mentais e da modelagem apresenta uma nova perspectiva à discussão sobre a cognição humana (Moreira, 1996; Rodríguez Palmero e Moreira, 2002).

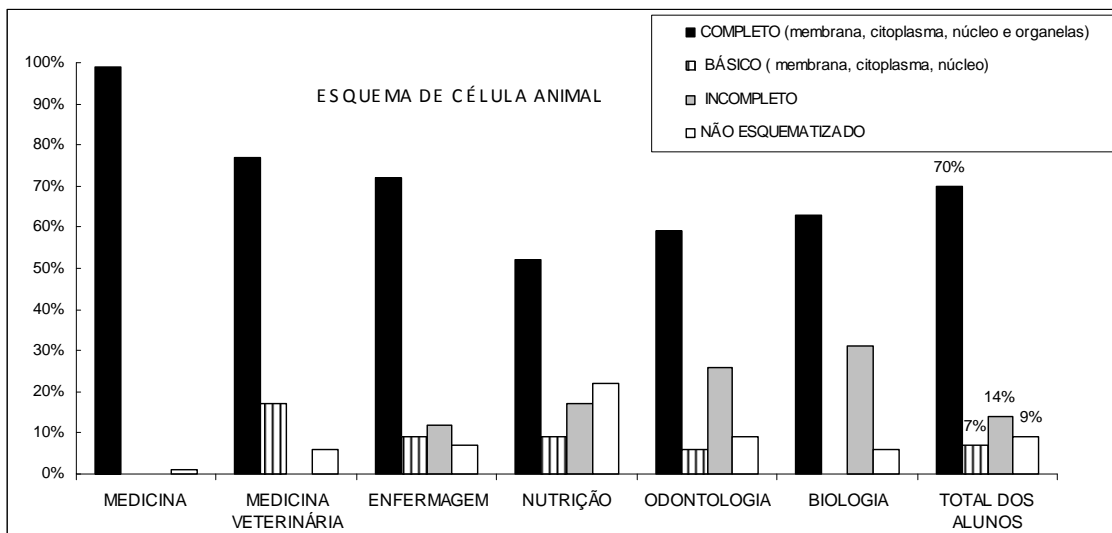


Figura 3. - Completude de desenho esquemático de célula animal analisada para um total de 235 alunos ingressantes de diferentes cursos da área biomédica de uma universidade pública no Rio de Janeiro.

O modelo é definido como representação de uma ideia, objeto, evento, processo ou sistema e modelagem como o processo de construção de modelos. Modelos mentais são considerados construções pessoais, as quais podem ser expressas, por exemplo, por meio da fala, da escrita ou do desenho. No presente trabalho, ao propormos aos alunos que conceituassem e esquematizassem célula objetivamos avaliar os modelos mentais relacionados a essa temática nesses estudantes que finalizaram o ciclo do ensino médio e estavam iniciando o ensino superior na área biomédica (Figuras 1 e 3). Além de estudos realizados no Brasil (Bastos, 1992; Pedrancini et al., 2007), a literatura aponta que, no México (Flores,

2003), na Espanha (Rodríguez Palmero e Moreira, 2002), na Inglaterra (Lewis e Wood Robinson, 2000), em geral, a maioria dos alunos de ensino médio tende a desenhar esquemas básicos de célula. Nesse quesito em particular, o presente trabalho apontou uma avaliação mais positiva, sendo que, em média, 70 % dos alunos pesquisados apresentaram esquema completo de uma célula animal (Figura 3). Esse resultado sugere uma tendência vocacional de alunos do ensino médio que optam por ingressar em cursos superiores da área biomédica. Nesse sentido, esses alunos parecem representar um público privilegiado por apresentar maior facilidade em assimilar saberes da área de biologia celular comparativamente ao universo total de alunos do ensino médio (Bastos, 1992; Lewis e Wood Robinson, 2000; Flores, 2003; Pedrancini et al., 2007) ou, particularmente, àqueles que fazem opção por outras áreas do ensino superior (Rodríguez Palmero e Moreira, 2002).

Os avanços da pesquisa com temas da biologia moderna vêm atraindo atenção da sociedade, especialmente pelo grande destaque da mídia (Massarani e Moreira, 2002; Gallian, 2005; Jurberg e Machiute, 2006; Jurberg et al., 2009). Pela força dos impactos gerados para a vida das pessoas e por sua natureza científica, temas como célula-tronco, terapia celular, clonagem, organismos transgênicos, entre outros, constituem conteúdos importantes para serem trabalhados na escola (Xavier et al., 2006). Sendo assim avaliamos a compreensão do público-alvo sobre alguns conceitos de maior complexidade no universo da biologia celular. (Figuras 4,5 e 6).

Buscamos identificar as respostas corretas para os conceitos, cujas definições expressavam saberes sedimentados, as quais minimamente correspondiam àquelas apresentadas no anexo 1. Considerando que os percentuais apresentados para o total dos alunos correspondem à média de acertos para conceituação de cada um dos termos avaliados de todos os alunos pesquisados (n=235), os resultados demonstraram os seguintes percentuais médios de acertos, relacionados em ordem decrescente: DNA (75 %), organismos transgênicos (74 %), clonagem (45 %), cromossomo (36 %), célula-tronco (13 %) e terapia celular (9 %) (Figuras 4, 5 e 6). Esse último foi o termo com o menor índice de acertos, sendo que nenhum aluno dos cursos de Enfermagem (n=43) e de Nutrição (n=23) conseguiu definir corretamente terapia celular.

Também chama a atenção o baixo índice de acerto para conceituação de célula-tronco, apesar da grande exposição desse termo na mídia (Gallian, 2005; Xavier et al., 2006, Legey et al., 2009). Percebemos, ainda, fragilidade na apropriação contextualizada de saberes complementares e interdependentes. Por exemplo, 75 % dos alunos definiram corretamente DNA, mas somente 36 % acertaram a definição de cromossomo. Ou seja, observamos metade de conceituações corretas para cromossomo comparativamente àquelas identificadas para DNA, quando o resultado esperado era uma relação aproximada no índice de acertos para esses saberes.

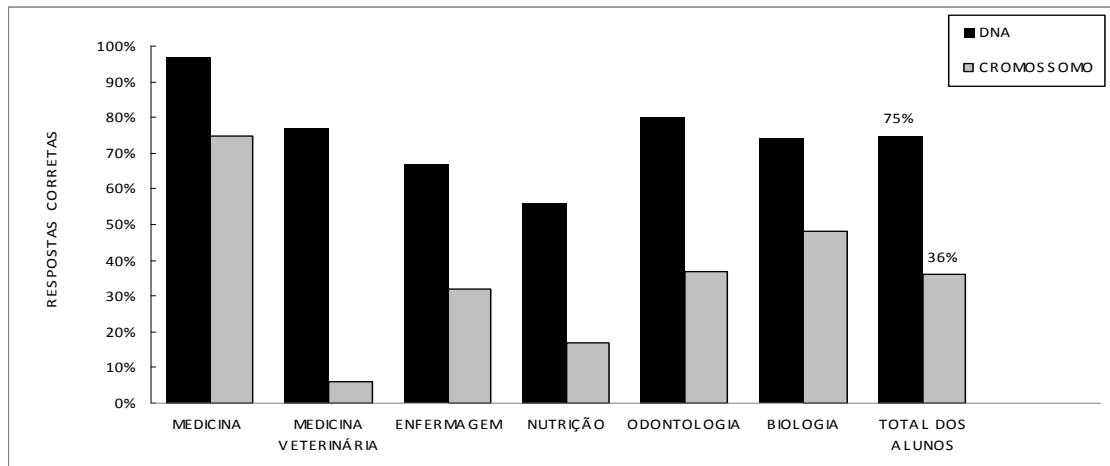


Figura 4. - Número percentual de acerto dos termos DNA e cromossomo por um total de 235 alunos ingressantes de diferentes cursos da área biomédica.

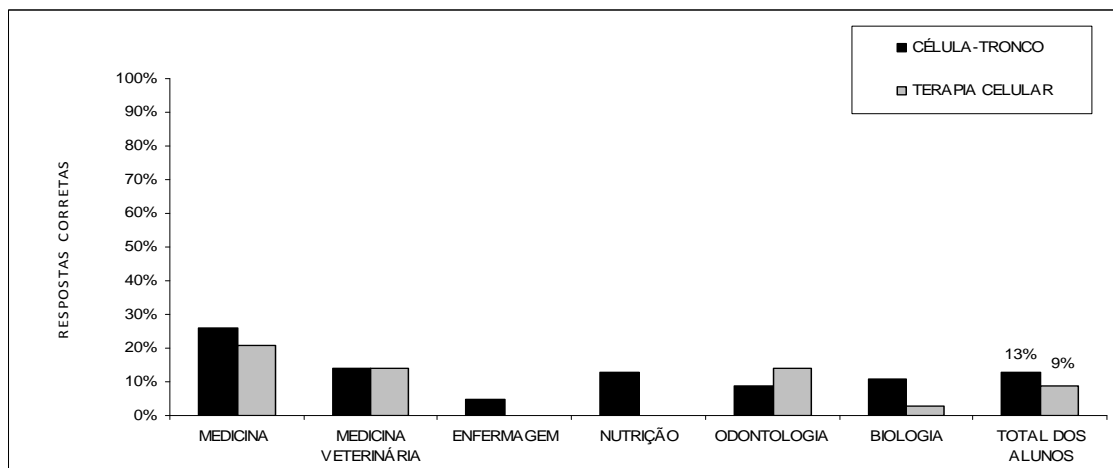


Figura 5. - Número percentual de acerto dos termos célula-tronco e terapia gênica por um total de 235 alunos ingressantes de diferentes cursos da área biomédica.

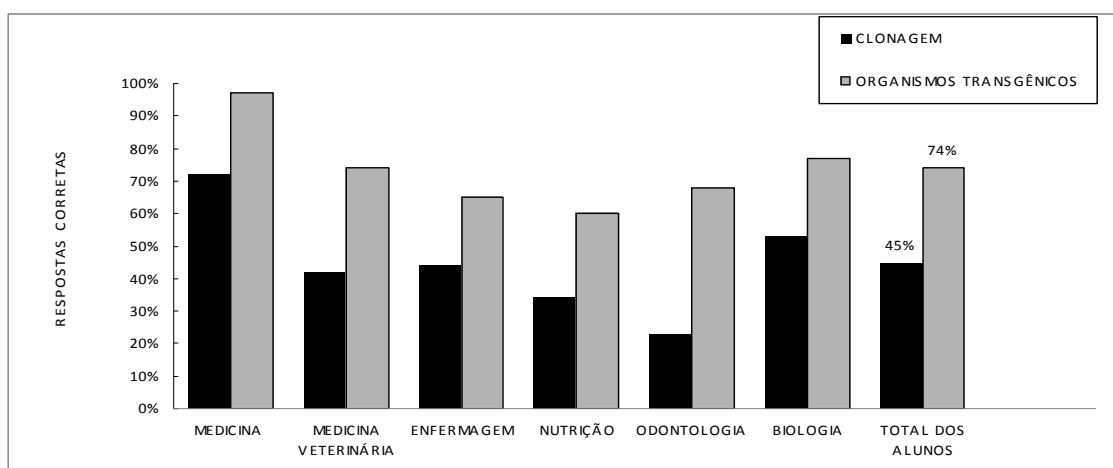


Figura 6. - Número percentual de acerto dos termos clonagem e organismos transgênicos por um total de 235 alunos ingressantes de diferentes cursos da área biomédica.

Análise de informações gerais relacionadas a recursos pedagógicos acessíveis aos alunos durante a formação secundária

Referente à investigação sobre os recursos pedagógicos que professores de Biologia utilizavam no ensino médio, realizada através de perguntas fechadas, a maioria dos alunos (94 %) reportou o livro didático como o mais utilizado (Figura 7). Percentual expressivamente menor de alunos apontou o uso de revistas de divulgação científica (15 %), jornais (11 %) e filmes ou documentários científicos (6 %). Aulas práticas foram as menos citadas (3 %) como recurso pedagógico. Esses dados revelaram a persistência do ensino tradicional nas escolas. Os resultados mostraram, ainda, que, a depender do curso, entre 21 % e 51 % dos alunos nunca haviam utilizado microscópio para visualizar células. A observação de células e tecidos animais e vegetais ao microscópio, realizada em aulas práticas, poderia facilitar a construção de um conceito operativo (funcional) de célula.

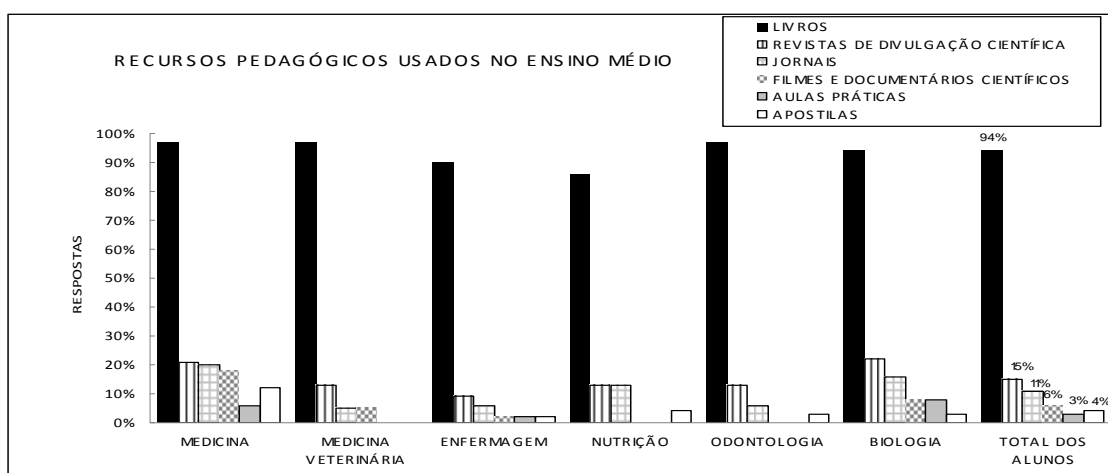


Figura 7. - Identificação de recursos pedagógicos usados nas aulas de Biologia do ensino médio. Pela liberdade de escolha de mais de um tema, os percentuais representam a frequência individual de e, portanto, não somam 100 %.

Esse tipo de atividade permite, entre outras possibilidades, aprofundar aspectos da fisiologia e cooperação celulares, bem como abordar de forma concreta unidades de medida de células e trabalhar a teoria celular. Um dado interessante que apareceu em nossos resultados é a referência a museus de ciências como o local de utilização do microscópio por 13 % do total dos alunos avaliados, o que realça o potencial de contribuição desses centros de educação informal para a melhoria da qualidade do ensino formal. Os resultados reforçaram, portanto, a importância de museus de ciências como locais de acesso e democratização do saber.

Expressivo percentual de alunos reportou utilizar a mídia impressa para leitura de notícias científicas (70 % - Figura 8), com frequência de pelo menos uma vez por semana (58 % - Figura 9). As fontes de leitura apontadas em valores percentuais decrescentes incluem jornais (55 %), revistas (65 %), internet (59 %) e, por último, revistas de divulgação científica (18 %) (Figura 10). Com relação às principais fontes reportadas, destacaram-se os seguintes veículos da mídia impressa: jornal O Globo;

revistas Veja, Época e Superinteressante; revista de divulgação científica *Scientific American*.

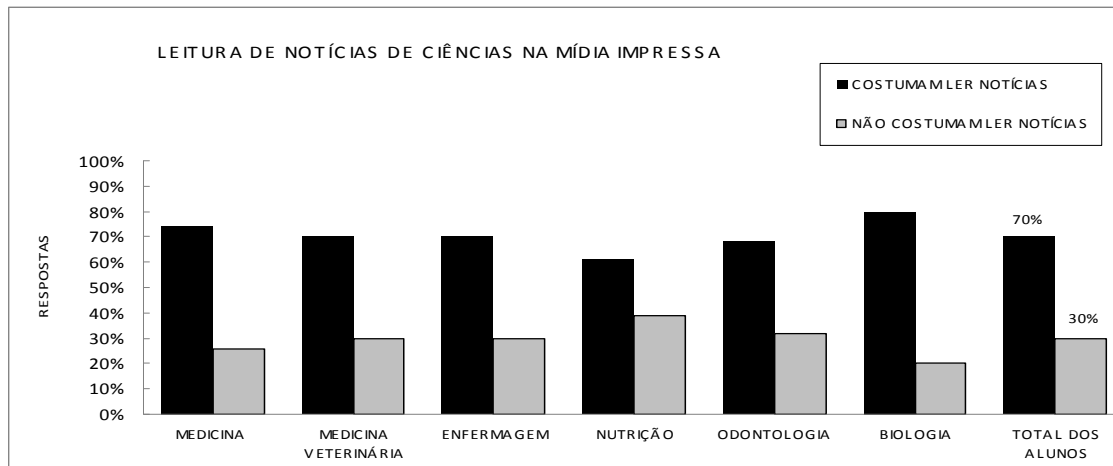


Figura 8. - Percentual de alunos ingressantes de cursos da área biomédica de uma universidade pública no Rio de Janeiro (n=235) que lêem (ou não) notícias de ciências na mídia impressa.

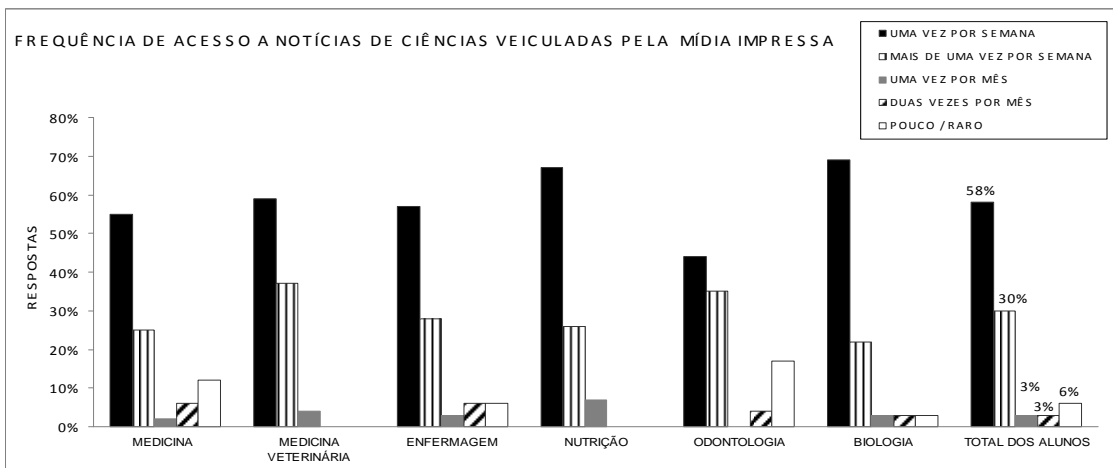


Figura 9. - Frequência com que alunos ingressantes de cursos da área biomédica de uma universidade pública no Rio de Janeiro (n=235) costumam ler notícias de ciências na mídia impressa.

Dentre os temas de ciências apontados pelo total de alunos para leitura na mídia impressa, destacaram-se em ordem decrescente: saúde (85 %), meio ambiente (50 %), biotecnologia (30 %), tecnologia médica.(27 %), astronomia (10 %), tecnologia e engenharia (7 %) (Figura 11).

Observamos a preferência dos alunos por temas da área de saúde e de biologia em geral, cujos resultados novamente sinalizam para tendência vocacional de alunos do ensino médio que optam por ingressar em cursos superiores da área biomédica. Nesse caso, aparentemente, a mídia impressa funciona como fonte para busca complementar de informações na área de interesse específico.

Utilizando como exemplo somente os alunos do curso de Ciências Biológicas, meio ambiente, saúde e biotecnologia são os assuntos que mais capturam a atenção, nesta ordem. Já alunos do curso de Medicina são mais

atraídos por notícias relacionadas à saúde, tecnologia médica e biotecnologia.

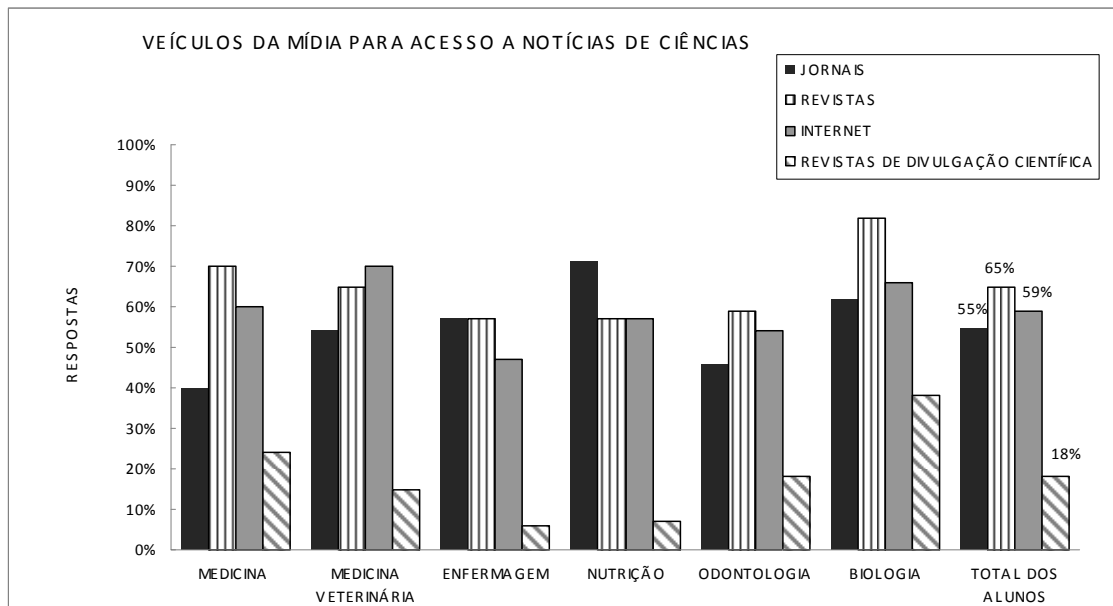


Figura 10. - Veículos da mídia para acesso a notícias de ciências reportadas pelos alunos. Pela liberdade de escolha de mais de um tema, os percentuais representam a frequência individual e, portanto, não somam 100 %.

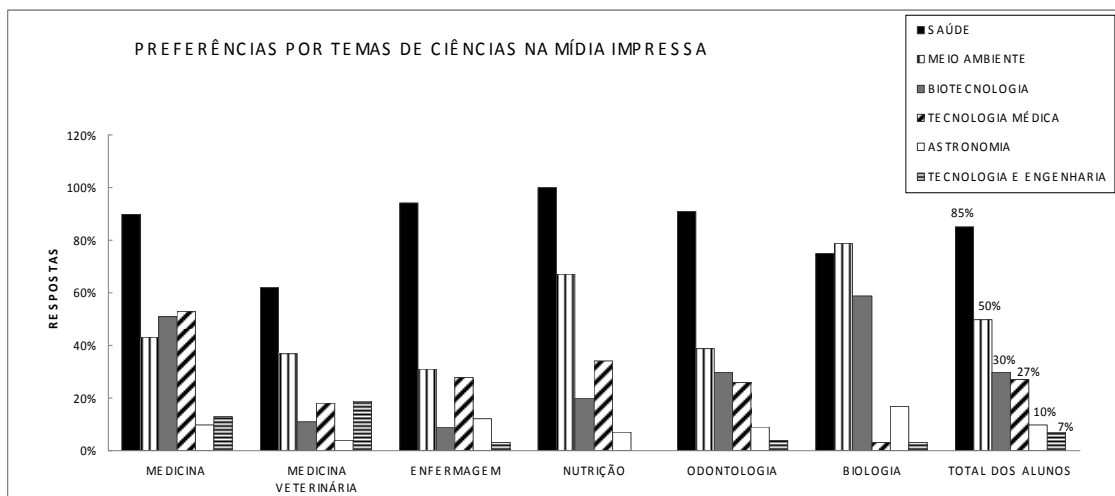


Figura 11. - Temas de ciências mais lidos na mídia impressa. Pela liberdade de escolha de mais de um tema, os percentuais representam a frequência individual e, portanto, não somam 100 %.

Trabalho realizado por Xavier et al. (2006) mostrou que professores de Biologia do ensino médio, preocupados em ensinar a seus alunos temas atuais da Nova Biologia, mas sem acesso a material didático atualizado, fazem uso em sala de aula de jornais e revistas como fontes de informação. Entretanto, os autores alertam que essa estratégia pode resultar em abordagens pouco produtivas do ponto de vista acadêmico por conta da maneira, muitas vezes, sensacionalista e simplificada com que conceitos científicos são apresentados pela mídia. Trabalho similar reporta que saberes relacionados a transgênicos apresentados por alunos concluintes do

ensino médio refletem concepções intuitivas grandemente influenciadas pela mídia, porém, com frequência, desprovidas do saber científico (Pedrancini et al., 2007).

Nesse sentido, é importante o desenvolvimento de pesquisas na área de interface entre educação formal e jornalismo científico para subsidiar profissionais desses diferentes setores em suas funções de divulgadores de ciência, bem como para estabelecer potencial e relevância de uso da mídia impressa como material didático complementar destinado a alunos do ensino médio.

Conclusões

Os alunos avaliados nessa pesquisa, em sua maioria, não apresentaram saberes prévios bem sedimentados na área de Biologia Celular. Revelaram limitações em conceituar corretamente célula e atribuir-lhe diferenciações, funções e dimensões, bem como em definir conceitos afins de maior complexidade, tais como célula-tronco, terapia celular e clonagem, mesmo com parte dos alunos investigados relatando o costume de ler notícias de ciências na mídia impressa.

Os temas das notícias de ciências de preferência da mídia impressa, que os alunos do ensino médio costumam ler, se relacionam à área de saúde e de biologia em geral, o que revela tendência vocacional de alunos que optam pelo ingresso em cursos superiores da área biomédica.

Concluimos ainda que para o público alvo da pesquisa, o ensino tradicional persiste nas escolas do ensino médio. Foi identificada a carência de abordagens pedagógicas diversificadas, sendo o livro didático o recurso dominante nas aulas de Biologia o que dificulta o aprofundamento do conhecimento e a construção de novos significados.

Considerações finais

A perspectiva cognitivista/construtivista para o ensino de ciências valoriza os conhecimentos prévios dos alunos como elemento essencial para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa (Marandino, 1994). Ideias construtivistas devem, ainda, considerar a aproximação do conteúdo escolar em relação aos conhecimentos cotidianos e o questionamento como estratégia didática (Ausubel et al., 1980; Massabni, 2007). A aprendizagem significativa pressupõe que a aquisição de uma nova informação depende em alto grau das ideias correspondentes anteriormente sedimentadas pelo indivíduo. A assimilação de significados novos e antigos resulta numa estrutura cognitiva altamente diferenciada.

A Biologia Celular é uma disciplina fundamental para qualquer curso na área biomédica e se determinados conceitos acerca da célula não estão bem sedimentados no ensino médio, torna-se limitado o processo de ensino-aprendizagem na educação superior e a construção de novos significados, considerando particularmente o grau crescente de complexidade dos conteúdos a serem trabalhados.

Esperamos, com os resultados desse trabalho, contribuir para que professores do ensino médio e superior reflitam sobre sua prática pedagógica, identificando erros e acertos na sedimentação de saberes por seus alunos em sua escala de formação acadêmica progressiva.

Referências bibliográficas

Alberts, B.; Bray, D.; Hopkin, K.; Johnson, A.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. e P. Walter (2006). *Fundamentos da Biologia Celular*. São Paulo: Artmed.

Angelini, A.L., Netto, S.P. e N. Rosamilha (2001). Análise de conteúdo da psicologia educacional: *Psicologia escolar Educacional*. Campinas 5, 1, 83-90.

Em: http://pepsic.bvspsi.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-5572001000100012&lng=pt&nrm=iso.

Ausubel, D.P.; Novak, J.D. e H. Hanesian (1980). *Psicologia educacional*. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Interamericana.

Araújo-Jorge, T.C. e E.L. Borges (2004). A expansão da pós-graduação na Fundação Oswaldo Cruz: contribuição para a melhoria da educação científica no Brasil. *Revista Brasileira de Pós Graduação*, 2, 1, 97-115.

Bardin, L. *Análise de conteúdo*. (1977). Lisboa (Portugal): Edições 70.

Bastos, F. (1992). O conceito de célula viva entre alunos de segundo grau. *Em aberto*, Brasília, 11, 55.

Flores, F. (2003). Representation of the cell and its processes in high school students: an integrated view. *International Journal of Science Education*, 25, 2, 269-286.

Gallian, D.M.C (2005). Por detrás do último ato da ciência espetáculo: as células-tronco embrionárias. *Estudos Avançados*, 19, 55, 251-260.

Giordan, A. e G. Vecchi (1996). *As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos*. Porto Alegre: Artes Médicas.

Jurberg, C. e B. Machiute (2006). Um olhar sobre as revistas: O caso da divulgação em câncer. *Intercom- Revista Brasileira de Ciências da Comunicação*, 29, 2, 119-132.

Jurberg, C.; Verjovsky, M.; Machado, G. e O. Afonso-Mitidieri (2009). Embryonic stem cell: the climax of a reign in Brazilian media. *Public Understanding of Science*. Em: <http://pus.sagepub.com/cgi/rapidpdf/0963662509335457v1>.

Krasilchik M. (1996). Formação de professores e ensino de Ciências: tendências nos anos 90. Em Menezes, L. C. (Ed.), *Formação Continuada de Professores de Ciências* (pp.135-170). Campinas: Autores Associados.

Legey A.P. (2009). Educação Científica na Mídia Impressa Brasileira: avaliação da divulgação de biologia celular em jornais e revistas selecionados. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 2, 3, 35-52.

Lemos, E.S. (2005). (Re)situando a teoria de aprendizagem significativa na prática docente, na formação de professores e nas investigações educativas em ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em educação em Ciências*, 5,3, 38-51. Em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revista/index.html>.

Lemos, E.S. (2006). A aprendizagem significativa: estratégias facilitadoras e avaliação. Série Estudos. *Periódico do Mestrado da UCDB*, 21, 53-66.

Lewis, J. e C. Wood Robinson (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22, 2, 177-195.

Linhares, S. e F. Gewasndsznajder (2005). *Biologia hoje: Citologia, histologia, origem da vida*. São Paulo: Ática.

Marandino, M. (1994). *O Ensino de Ciências e a Perspectiva da Didática Crítica*. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

Massarani, L. e I.C. Moreira (2002). The clone. *Public Understanding of Science*, 11, 2, 207-208.

Massabni, V.G. (2007). O construtivismo na prática de professores de Ciências: realidade ou utopia? *Ciência e Cognição*, 10, 104-114.

Minayo, M.C.S. (2004). *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. São Paulo: Hucitec.

Ministério da Educação, Conselho Nacional de Educação. (2001). Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas. PARECER CNE/CES N 1301/2001, de 6 de novembro, Brasil. Em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>.

Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. (2006). *Orientações curriculares para o ensino médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf.

Ministério da Educação (2008). *Biologia: Catálogo de Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio: PNLEM/2009*, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), Secretaria de Educação Básica. Em: http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/guia_biologia_pnlem2007.pdf.

Moreira, M.A. (1996). Modelos Mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1, 3, 193-232. Em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID17/v1_n3_a1.pdf.

Moreira, M.A. (1999). *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU.

Pádua, E.M.M. (2004). *Metodologia da Pesquisa: abordagem teórico-prática*. Campinas: Papirus.

Pedrancini, V.D., Corazza-Nunes, M.J., Galuch, T.B., Moreira, A.L. e A.C. Ribeiro, (2007). Ensino e aprendizagem de biologia do ensino médio e a apropriação do saber científico e tecnológico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2, 299-309. Em: <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

Perrenoud, P. (1999). *Dez novas competências para ensinar*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul.

Rodríguez Palmero, M.L. e M.A. Moreira (2002). Modelos mentales vs Esquemas de Célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7, 1, 77-103 Em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID83/v7_n1_a2002.pdf.

Schnetzler, R.P. (1994). Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de mudança conceitual dos alunos: um processo (e um desafio) para a formação de professores de química. *Cadernos ANPED*, 6, 55-89.

Vygotsky, L.S. (1991). *A Construção do Pensamento e da Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes.

Vygotsky, L.S. (2001). *Psicologia Pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes.

Xavier, M.C.F., Freire, A.S. e M.O. Moraes (2006). A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio. *Ciência e Educação (UNESP)*, 12, 275-289.

Anexo 1. -Conceitos de biologia celular, cujas definições foram integralmente transcritas de um livro de Biologia com conteúdo de "Citologia" aprovado pelo MEC (Ministério da Educação, 2008) para uso de alunos do ensino médio (Linhares e Gewasndsznajder, 2005).

CONCEITOS	Definições transcritas de um livro de ensino médio
Célula	Célula é a menor parte da estrutura de um organismo que reúne uma enorme quantidade de moléculas inorgânicas e orgânicas e mantém as propriedades da vida: capacidade de se nutrir, crescer e se reproduzir. Ela corresponde, portanto, à unidade fundamental dos seres vivos, morfológica e fisiológica.
Células procarióticas Seres procariontes	Célula procariótica (proto=primitivo; cario=núcleo; ontos=ser) é aquela em que o material genético (DNA) não está envolvido por uma membrana. Não há núcleo individualizado e separado do citoplasma; o DNA está mergulhado em uma espécie de gelatina, formada por água e várias substâncias dissolvidas, entre elas os ribossomos, responsáveis pela síntese de proteínas. Todo esse conjunto é envolvido pela membrana plasmática, formada por lipídios e proteínas. Envolvendo essa membrana, existe ainda um reforço externo, a parede celular, composta por glicídios e aminoácidos. Os seres vivos com células procarióticas são chamados procariontes. Eles são organismos unicelulares, medindo, em geral, entre 1 µm e 10 µm de tamanho, classificados no reino Monera que é representado pelas bactérias.
Células eucarióticas Seres eucariontes	A célula eucariótica (eu=verdadeiro; cario=núcleo; ontos=ser); medindo entre 10µm e 100µm de tamanho, é bem maior e mais complexa que a procariótica. Seu material genético é constituído por DNA associado a proteínas – formando os cromossomos – e está envolvido pela membrana nuclear (também chamada carioteca). Forma-se, assim, um núcleo individualizado. No citoplasma dos eucariontes existe, além dos ribossomos, uma série de organelas que estão ausentes nos procariontes: mitocôndrias, retículo endoplasmático, complexo de Golgi (atualmente chamado complexo golgiense), cloroplastos, lisossomos, etc. Os organismos uni ou pluricelulares formados por células eucarióticas são chamados eucariontes e constituem todos os outros reinos, com exceção do Monera: o reino dos animais, das plantas, dos protistas (protozoários e algumas algas) e dos fungos.
Diâmetro médio de uma célula animal	Cinco vezes menor que a menor partícula visível a olho nu; muito pequena – possui aproximadamente a centésima parte de um milímetro; entre 10 µm e 20 µm.
Número aproximado de células do corpo humano	Cerca de 60 trilhões de células.
DNA	A molécula de DNA ou ácido desoxirribonucleico se localiza nos cromossomos e é capaz de se duplicar. Nele está a informação das características do indivíduo. O DNA é formado por duas cadeias de polinucleotídeos ligadas uma à outra por pontes de hidrogênio que se estabelecem entre as bases nitrogenadas que se defrontam. Essa ligação é específica: timina se emparelha com adenina, e citosina com guanina. Cada nucleotídeo é formado por três substâncias: uma pentose, uma base nitrogenada e um fosfato. As duas cadeias

	de polinucleotídios estão torcidas, formando uma hélice dupla, emparelhadas em sentidos opostos, ou seja, se numa extremidade há uma pentose, na outra de sentido oposto há um fosfato.
Cromossomo	Corpúsculo compacto em forma de bastonete, formado por um filamento de cromatina (molécula de DNA associada a proteínas) dobrado várias vezes sobre si mesmo.
Célula-tronco	Célula não especializada com capacidade de se dividir e originar outros tecidos. Pode ser retirada de embriões descartados por clínicas de fertilização (por lei, embriões não implantados em pacientes devem ser congelados ou descartados) ou abortados com até catorze dias de desenvolvimento. Também é encontrada em alguns tecidos do organismo adulto, como a medula óssea, mas, em princípio, esta não apresenta o mesmo potencial de originar tecidos como a embrionária. Contudo, algumas pesquisas indicam que esse potencial pode ser ampliado. Célula-tronco também pode ser obtida do sangue do cordão umbilical logo que a criança nasce, podendo ser congelada para uso futuro, para gerar órgãos da própria pessoa, sem problemas de rejeição.
Terapia celular	Transplante de células-tronco para que possam se reproduzir e regenerar áreas afetadas em doenças como diabetes, câncer, mal de Parkinson, doença de Alzheimer, etc.
Clonagem	Clonar um ser vivo significa obter uma ou mais cópias dele. Pode ocorrer de forma natural (por processo de reprodução assexuada) ou artificial (feita pelo ser humano). Existe a clonagem reprodutiva- criação de cópias genéticas de um ser vivo, e existe a clonagem terapêutica- desenvolvimento de órgãos para transplantes e tratamento de doenças. Na clonagem terapêutica, são utilizadas as células-tronco. Nem todos os países aceitam a clonagem de embriões humanos para fins terapêuticos e a maioria condena a clonagem reprodutiva.
Organismos transgênicos	Organismos nos quais se tenha introduzido DNA de outra espécie ou DNA modificado da mesma espécie. São também chamados de organismos geneticamente modificados (OGM).