

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

**ACESSANDO O GENBANK NO ENSINO MÉDIO: RELATO DE UMA
EXPERIÊNCIA**

**ACCESSING THE GENBANK IN HIGH SCHOOL: EXPERIMENT
REPORT**

Rosane Teresinha Nascimento da Rosa (rosanetr@hotmail.com)
Colégio Militar de Santa Maria/RS

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM/RS

Élgion Lúcio da Silva Loreto (elgionl@gmail.com)

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências - Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM/RS

Resumo: Este trabalho relata os resultados obtidos através de três (3) pré e pós-testes, aplicados durante a implementação da Unidade Didática (UD): Do gene a proteína: explorando o GenBank que envolveu 20 horas/aula com um grupo de 06 alunos voluntários do 2º ano do ensino médio do Colégio Militar de Santa Maria - CMSM/RS, durante o 2º semestre de 2009. A referida UD foi desenvolvida no contraturno das atividades escolares. A UD constava de aulas sobre síntese de proteínas, bioinformática e acesso orientado ao NCBI (National Center Biotechnology Information), utilizando os links OMIM e Entrez Gene. A finalidade desta UD era identificar se os alunos compreendiam melhor a relação DNA-RNA-proteínas, utilizando as ferramentas do NCBI já citadas anteriormente. Para avaliar esse entendimento dos alunos, utilizamos pré-testes e pós-testes. Os resultados apontaram algumas dificuldades dos alunos em interagir com a bioinformática, todavia cinco (05) alunos, conseguiram no final da UD reconhecer as sequências de DNA, assim como, quatro (04) alunos identificaram o gene solicitado através dos links do GenBank. Entretanto, o acesso ao GenBank/NCBI foi principalmente informativo e, mais do que isso, colocou o aluno do ensino médio em contato e frente à novas tecnologias da bioinformática. Experiência que se reveste de significado, pois está condizente com o perfil dos alunos na atualidade, inseridos, na sua maioria, em uma sociedade digitalizada.

Palavras-chave: Bioinformática, ensino médio, GenBank, ensino de Biologia .

Abstract: This article reports the results obtained with three (3) pre and after tests applied during the implementation of the Didactic Unit (DU) "From gene to protein: exploring the GenBank", which involved 20 hour classes with a group of six volunteer students of the 2nd year of high school of the Military School of Santa Maria - CMSM/RS, during the 2nd semester of 2009. The DU was developed in the afternoon shift of their school routine. The DU was composed of classes about protein synthesis, bioinformatics and guided access to the NCBI (National Center Biotechnology Information), using the links OMIM and Entrez Gene. The aim of this

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREPIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

unit was to identify if the students understood better the relation DNA-RNA-proteins, using the NCBI tools aforementioned. In order to evaluate the students' performance, pre tests and after tests were used. The results showed some students' difficulties in interacting with bioinformatics, however, five (05) students got to recognize the DNA sequences at the end of the DU, as well as four (04) students identified the gene that was asked through the links of the GenBank. Therefore, the access to the GenBank was mainly informative and, moreover, put the high school students in touch with the newest bioinformatics technologies. This experiment was of great significance, once it suits the profile of today's students, who are mostly participants of a digitalized society.

Key-words: Bioinformatics, high school, GenBank, biology teaching.

1 Introdução

O relato aqui apresentado é parte de uma pesquisa, fruto de um trabalho de tese, desenvolvido no âmbito do Clube de Ciências do Colégio Militar de Santa Maria-CMSM/RS, durante o 2º semestre de 2009. Este relato refere-se, mais especificamente, a análise de três (3) testes utilizados durante a implementação de uma Unidade Didática (UD), a qual recebeu o título "Do gene à proteína: explorando o GenBank". Essa UD foi composta de 20 horas/aulas distribuídas em onze (11) planejamentos instrucionais, aplicada com um grupo de seis (6) alunos voluntários do 2º ano do ensino médio do referido Colégio. A escolha pelo tema se deu em razão da pretensão de se elaborar propostas alternativas para o ensino de síntese de proteínas, visando a melhor compreensão dos conceitos básicos da Genética. E, nesse caso, possibilitar a inserção da bioinformática na escola média, assim como, testar a implementação de uma estratégia didática para integrar assuntos referentes ao DNA, RNA, proteínas e síntese de proteínas à hereditariedade.

Exemplos da importância da genética são amplamente difundidos podendo ser encontrados em impressos de circulação pública. A Razão (Santa Maria-RS), de 06/07 de dezembro de 2008, traz uma reportagem sobre o descobrimento de um novo gene para o câncer de pulmão, o LIMD1 (Lim domain - containing protein 1, gene que apresenta uma possível função na supressão de tumores detectados em carcinomas de pulmão). Também o Jornal Diário de Santa Maria (RS), na página 02, anunciou o nascimento de uma menina, em Londres, selecionada geneticamente para não carregar a versão alterada do gene BRCA1 (Breast cancer 1, early onset é um gene humano que pertence à classe dos genes conhecidos como supressores de tumor. Algumas variações do BRCA1 levam ao risco do câncer de mama¹).

Nesse cenário, indagações poderão surgir entre os leitores desses jornais. Perguntas como: o que significa LIMD1, BRCA1? Onde encontro informações sobre eles?

Responde-se a esses possíveis questionamentos afirmando que a identificação dos genes por meio de nomenclatura específica facilita a comunicação entre os membros da comunidade científica. Nesse cenário, a nomeação dos genes se deu a partir do Projeto Genoma Humano (PGH). Em decorrência desse projeto foi necessária a construção de bancos de dados mais robustos para abrigar a explosão de sequências de nucleotídeos obtidas pelos pesquisadores. O NCBI (National

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREPIO-SUL)

IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do International Council of Associations for Science Education (ICASE)

Center for Biotechnology Information), por exemplo, foi criado pelo NIH (National Institutes of Health) em 1988 para abrigar esse tipo de informação que pode ser acessado no site <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>.

Dessa forma, o GenBank, do NCBI, representa uma alternativa de consulta para os usuários que procuram informações sobre determinado gene, para os médicos que buscam fundamentação para seus diagnósticos e, também, para responder à questionamentos isolados ou simplesmente na investigação de determinada condição genética.

A partir dos exemplos mencionados nos parágrafos anteriores, a respeito da forma da divulgação pública das pesquisas científicas sobre os genes, recomenda-se a necessidade de mecanismos que conduzam os indivíduos a um maior grau de compreensão sobre o assunto.

Alguns trabalhos apontam para a possibilidade da inserção da bioinformática na escola de ensino médio. Como exemplo, cita-se o trabalho de Guimarães (2004) apresentado no IX EPEB, onde o autor utiliza o Biology Workbench, ferramenta esta que permite encontrar as sequências de proteínas presentes em diferentes seres vivos.

No campo da comunicação de saberes, qualquer ação pedagógica se realiza por meio de uma transposição didática que na visão de Chevallard (1991) é a transformação do saber científico em um saber possível de ser ensinado. Embasados nessa concepção adaptamos alguns links do GenBank para serem explorados pelo grupo de alunos voluntários do 2º ano do ensino médio do CMSM.

Referendados também pela utilização das TIC's (Tecnologias de Informação e Comunicação) no ensino, que vem despertando interesse de uma grande quantidade de professores. Este fato pode ser corroborado por pesquisas feitas na Europa, através da Comissão Europeia de 2006 (European Commission, 2006), em que 80% dos professores consideram proveitoso o uso das TIC's pelos alunos. Estudos semelhantes nos Estados Unidos (Lara, 2006) identificam que o acesso a hardware, a conexão à Internet, a disponibilidade de software e a formação dos docentes, são quatro pilares básicos para a integração das TIC's na sala de aula.

A internet, hoje, se converteu em um suporte técnico imprescindível para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino, uma vez que é uma potente ferramenta didática que permite o acesso a uma grande quantidade de informação e abre novos canais de comunicação. No Brasil, o número de ocorrências com o uso da internet no ensino de biologia é ainda muito incipiente, como nos confirma Borges e Lima (2007).

2 Desenvolvimento

A escola

O Colégio Militar de Santa Maria (CMSM) integra o Sistema Colégio Militar do Brasil (SCMB), um dos subsistemas do sistema de ensino do exército brasileiro. O CMSM foi criado em 1994, sendo o estabelecimento de ensino mais novo do SCMB que compreende um total de 12 (doze) Colégios Militares.

A missão do CMSM é ministrar o ensino preparatório e assistencial de nível fundamental (do 6º ao 9º ano) e médio (do 1º ao 3º ano), qualificados na lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) como Educação Básica.

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

A pesquisa

O grupo de seis (6) alunos foi identificado pelas letras A, B, C, D, E e F; estavam na faixa etária de 14-16 anos, tinham nível sócio-econômico médio sendo um (1) menino e cinco (5) meninas. Na Unidade Didática (UD) desenvolvida, foram abordados teoricamente os conteúdos sobre DNA, RNA, proteínas, síntese de proteínas e introdução à bioinformática. Concomitantemente, foram realizadas atividades de acesso ao GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) no laboratório de informática do CMSM. Proporcionou-se aos seis (6) alunos voluntários do 2º ano do Ensino Médio do referido Colégio, a experiência do acesso ao NCBI, o GenBank, segundo um roteiro elaborado pelos autores deste relato de pesquisa. Inclusive o mesmo está disponível no site: www.slideshare.net/rosanetr/utilizandoogenbankconceitosebiologiamolecular com as explicações passo a passo sobre este acesso. Os alunos também visitaram o Laboratório de Biologia Molecular da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, a fim de reconhecerem, através das explicações dos geneticistas, as técnicas e aparelhos utilizados no sequenciamento gênico.

Utilizou-se pré-teste e pós-testes com temáticas pertinentes aos assuntos abordados, antes e depois da aplicação da UD, para uma análise comparativa do conhecimento anterior e posterior à implementação da mesma por parte dos alunos.

Os testes utilizados como pré e pós-testes foram: Teste I - Identificando um gene no GenBank, Teste II - Encontrando o Gene LIMD1, Teste III - Reconhecendo o Gene BRCA1 e o PGH.

Os Testes

Teste I: Identificação do Gene: Constou de uma sequência gênica retirada do GenBank/NCBI para que os alunos reconhecessem a mesma.

Teste II: Encontrando o gene LIMD1: Utilizando a reportagem “Descoberto novo gene contra câncer de pulmão” publicada no Jornal A Razão 6 e 7/dez. 2008. Santa Maria/RS, perguntou-se: O que seria o gene LIMD1 e onde nós poderíamos encontrá-lo?

Teste III: Reconhecendo o gene BRCA1 e PGH: Fazendo-se uso da reportagem “Menina selecionada não tem ‘gene cancerígeno’”, publicada no jornal Diário de Santa Maria, 10 e 11/fev. 2009. Santa Maria/RS. p. 2. Questionou-se aos alunos: a) Como é feita esta seleção de genes pelos geneticistas? b) Como e onde se localiza o gene BRCA1? c) Onde obteve informações sobre o Projeto Genoma Humano?

3 Resultados

Teste I

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

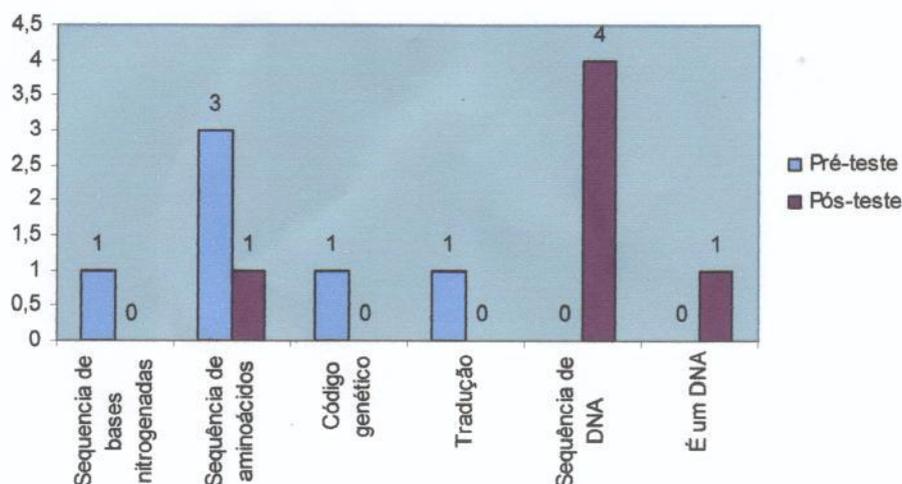


Figura 1: Categorização das respostas referentes ao teste I: a) Para você, qual o significado dessa ilustração?

No que concerne a esta ilustração retirada do GenBank, que representa um gene, apresentada ao grupo no pré-teste, os alunos B, C e D associaram a mesma aos aminoácidos. O aluno A associou às bases nitrogenadas e o aluno E ligou a ilustração ao código genético, enquanto o aluno F direcionou sua resposta a uma das fases da síntese de proteínas, a tradução. Já nos pós-testes, os alunos A, B, C e F identificaram a ilustração como sequências de DNA, o que está correto, enquanto o aluno D relacionou-a como o DNA e o aluno E como sequência de aminoácidos.

Apesar de nenhum dos alunos utilizarem o termo gene, cinco (5) alunos acertaram esta questão ao associar a ilustração às sequências de DNA e ao próprio DNA. Esta questão nos indica que o acesso orientado ao GenBank foi muito significativo. Não é comum os livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio (EM) apresentarem sequências inteiras do gene para atividades de síntese de proteínas. Utilizam apenas um pequeno trecho (com poucos nucleotídeos) e o aluno interage com a questão, utilizando regras de troca de bases memorizadas anteriormente. Assim, é difícil ter ideia real do processo e também de como a ciência representa os genes no GenBank. Geralmente, os alunos do ensino médio não têm conhecimento de que um gene possa ter mais de 3000 pares de bases (pb). Como nas questões propostas para os alunos do EM são habitualmente utilizados pequenos pedaços de nucleotídeos, os mesmos não conseguem fazer a conexão de que eles expressam genes, ou ainda, que hormônios ou enzimas sejam produtos gênicos. Estas dificuldades também foram diagnosticados nos trabalhos de Wood-Robinson et al. (1998). Além do mais, tem-se o agravante de que o assunto síntese de proteínas é apresentado aos alunos no 1º ano do ensino médio e Genética apenas no 3º ano, conforme previsto na disciplina de Biologia. Esta separação também está presente nos livros didáticos habitualmente adotados, o que constitui um obstáculo para a intersecção dos conhecimentos de síntese proteica e hereditariedade. Salienta-se ainda os conceitos errôneos e desatualizados presentes nos mesmos, como nos confirmam as pesquisas de Vilas-Boas (2005) e Xavier et al. (2006).

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

Questão 1 – Teste II

Conceito do Gene LIMD1 e onde é encontrado

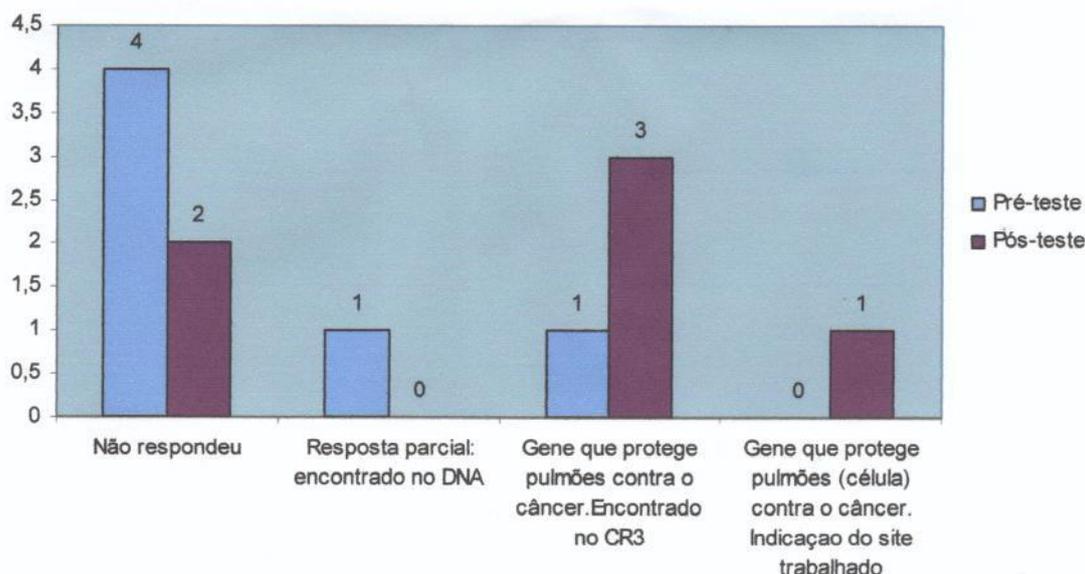


Figura 2: Categorização das respostas referentes ao teste II: O que seria o gene LIMD1 e onde nós poderíamos encontrá-lo?

Questão baseada na reportagem publicada no jornal A Razão, em dezembro de 2008, sob o título: “Descoberto novo gene contra o câncer de pulmão”. Na pergunta, sobre o que seria LIMD1 e onde poderíamos encontrá-lo, no pré-teste o aluno E deu uma resposta vaga, mas, já no pós-teste, respondeu baseado no que tinha aprendido ao acessar o GenBank e citou todas as ferramentas utilizadas por ele durante as aulas da UD, que foram OMIM e Entrez Gene.

Quanto aos alunos A, B, C e D, que tinham deixado a questão em branco no pré-teste, agora, no pós-teste responderam. Entretanto, mais de acordo com a interpretação do artigo de jornal do que com o que lhes foi apresentado em termos de conhecimentos científicos (permanece ainda o conceito intuitivo dos genes localizados exclusivamente nas células do pulmão). O aluno F não respondeu o pós-teste.

Pode-se inferir, em relação a esta questão, sobre as ideias prévias dos alunos, persistentes, como nos confirmam inúmeros autores, que as mesmas possuem grande tenacidade em relação ao ensino formal. Essa resistência, segundo Solomon (1983 apud SANTOS, 1991, p.111) é facilmente compreensível se admitir que tal conhecimento, é um “conhecimento socializado”. Estas concepções estão enraizadas na sociedade, através da conversação diária e, através da mídia, os alunos são confrontados com hipóteses de como as coisas se movem, sobre a sua energia e, sobre outras propriedades que não podem ser diretamente questionadas pelas explicações científicas que aprendem na escola.

Também, outro viés significativo é sobre a mudança conceitual nos alunos que não é uma tarefa fácil, como nos afirma Santos (1991), em que pesquisas para entender os conteúdos das crenças e ideias dos alunos antes, durante e depois do ensino, têm evidenciado características peculiares dessas ideias como pessoais, coerentes, no ponto de vista dos alunos, uma vez que não estão isoladas, mas

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

fazem parte de uma rede de relações constituintes de uma estrutura, são resistentes à mudança, pois permanecem, apesar de serem ensinadas as concepções científicas aos alunos.

Questão a - Teste III

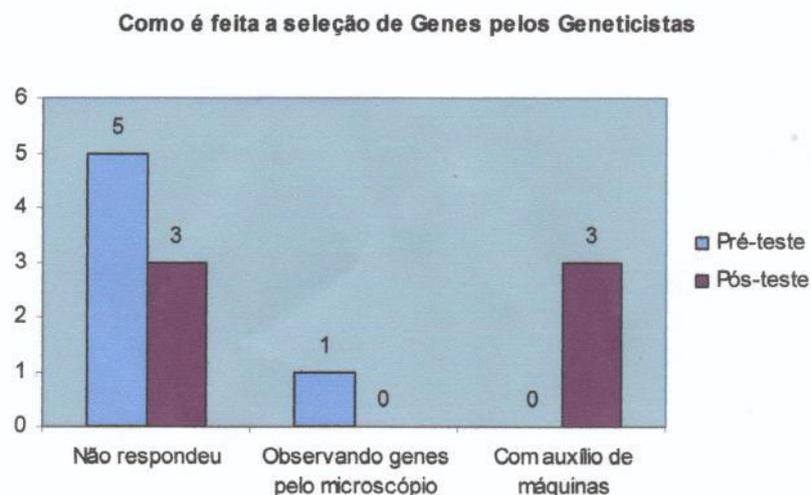


Figura 3: Categorização das respostas referentes a questão a do teste III: Como é feita a seleção de genes pelos geneticistas?

Questão b - Teste III

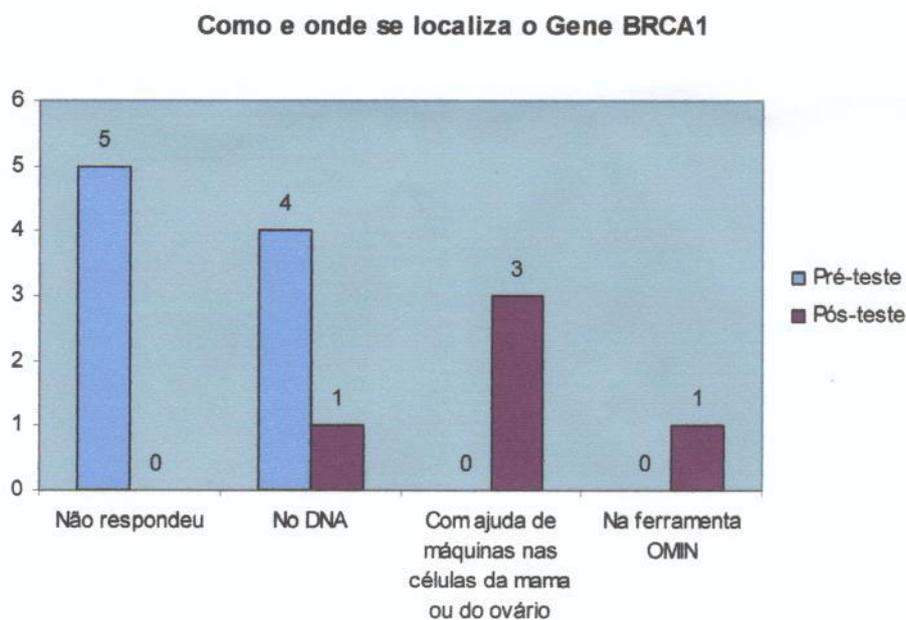


Figura 4: Categorização das respostas referentes a questão b do teste III: Como e onde se localiza o gene BRCA1?

Questão c - Teste III

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

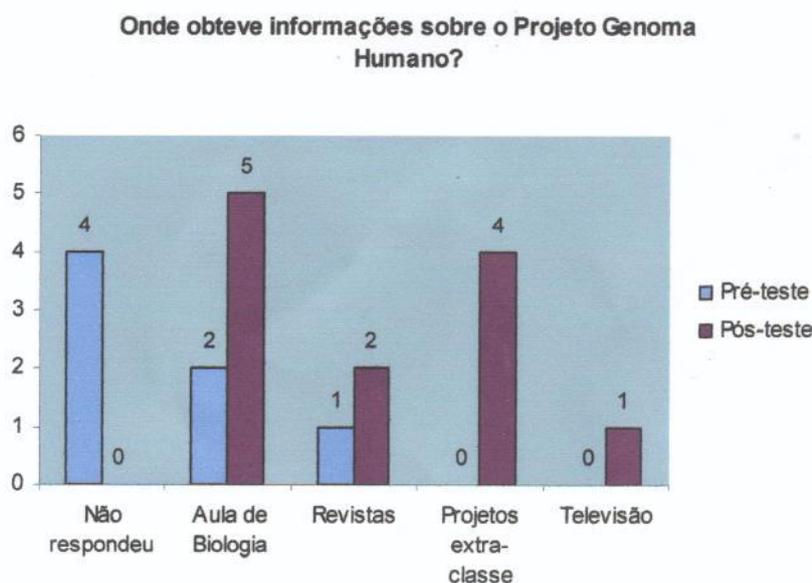


Figura 5: Categorização das respostas referentes a questão c do teste III: Onde obteve informações sobre o Projeto Genoma Humano?

As questões a e b deste teste foram retiradas da reportagem: “Menina selecionada não tem gene cancerígeno”, publicada no jornal Diário de Santa Maria, em fevereiro de 2009. Este assunto, no pré-teste, foi completamente estranho aos alunos. Ignoravam do que se tratava. Não responderam à pergunta inicial que era: Como os geneticistas selecionam genes. O aluno E respondeu que os genes podem ser observados pelos microscópios e esta crença é comungada por vários alunos e, inclusive, muitas vezes, pelos próprios professores de Biologia. Sobre o conhecimento das técnicas da Biologia Molecular, os docentes explicam baseados nos textos dos livros didáticos, para os seus alunos, mas eles não dominam as mesmas, pois esses professores que estão em sala de aula hoje, em sua maioria, tiveram formação até a década de 90 e não entraram em contato com as ferramentas atuais da Biologia Molecular através da bioinformática. Além do que, pesquisas comprovam que as ideias prévias permanecem, inclusive, em nível universitário de acordo com Pozo (1987), citado por Garcia-Millá (2004). Os alunos não têm noção do tamanho do DNA, que é da unidade do nanômetro. A comunicação científica: Trabalhando com escalas no ensino de citologia, de autoria de Amorim e Rosa (2000), sinalizava que no ensino de citologia a noção de proporção, entre as estruturas, é indispensável para sua melhor compreensão. Os livros didáticos que tratam do assunto, comumente apresentam ilustrações desproporcionais e, não raro, a célula aparece do mesmo tamanho de uma mitocôndria e o DNA maior que o núcleo. No pós-teste, as respostas refletiram a visita ao laboratório de Genética da UFSM durante desenvolvimento da Unidade Didática (UD), quando a eles foi apresentado o conjunto de técnicas, aparelhos e máquinas utilizados na pesquisa em Biologia Molecular, além de receberem explicações sobre os procedimentos laboratoriais.

Na segunda questão, letra b, sobre a localização do gene BRCA1, no pré-teste, os alunos responderam de forma geral, simplesmente no DNA. Já, no pós-teste, escreveram com ajuda de máquinas e no link do GenBank. Estas respostas

V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREBIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)

foram apoiadas nas atividades executadas no âmbito da UD, haja vista que se passou uma tarde com os alunos no LabDros (Laboratório de Biologia Molecular), conforme já referido anteriormente, onde biólogos/geneticistas explicaram como as sequências de genes eram colocadas no GenBank e apresentaram todos os passos, máquinas e aparelhos utilizados no sequenciamento gênico. Um episódio marcante foi o fato dos alunos manterem a concepção errônea de que o gene para câncer de mama é restrito às células das glândulas mamárias.

Quanto à questão c, relativa às fontes utilizadas pelos alunos para obterem informações sobre o Projeto Genoma Humano (PGH), eles responderam que as obtêm principalmente nas aulas de Biologia e, no caso específico, quando os alunos apontaram projetos extraclasse referiam-se as informações recebidas na Unidade Didática da qual participavam, mas também, indicaram a contribuição significativa das revistas e da televisão.

4 Considerações Finais

Em relação ao teste I: No pós-teste, cinco (05) alunos identificaram a ilustração acertadamente como sequência de DNA, apesar de não utilizarem o termo gene. Quanto ao teste II no pré-teste, nenhum aluno identificou o gene LIMD1, agora, no pós-teste, um aluno respondeu corretamente que o acesso ao GenBank nos permite identificar o gene LIMD1. Quatro (4) alunos responderam baseados na interpretação do próprio artigo do jornal e apenas um aluno não respondeu. No teste III, na questão referente à como os geneticistas selecionam genes, os alunos manifestaram suas ideias prévias relativas ao gene para câncer de mama localizado exclusivamente nas glândulas mamárias. E, quanto à resposta de onde podemos encontrar o gene BRCA1, quatro (04) alunos responderam através do uso de máquinas e links do GenBank.

Quanto ao conhecimento do PGH, os alunos apontaram, em primeiro lugar, as aulas de Biologia; depois, revistas, televisão e o próprio projeto de pesquisa. Salienta-se que todos os alunos, utilizando o roteiro, acessaram corretamente as ferramentas OMIM e os links do Entrez Gene. Justifica-se o sucesso em razão da familiaridade que os alunos têm com os recursos da informática, propiciados na atualidade.

Acrescenta-se ainda que a proposta de trabalho com o GenBank, nesta pesquisa, foi uma experiência pontual e breve, configurando-se em uma atividade fora da rotina do grupo dos seis (6) alunos. Portanto, essa experiência foi insuficiente para que ocorresse uma mudança conceitual significativa em todos os alunos. Entretanto, o acesso ao GenBank/NCBI foi informativo e, mais do que isso, colocou o aluno do ensino médio em contato e frente à novas tecnologias da bioinformática.

Na atualidade, os docentes, grandes responsáveis pela condução do processo de ensino e aprendizagem, deparam-se com a rapidez das descobertas científicas, especialmente na área de Genética. Situação essa que exige dos educadores uma maior agilidade no domínio dos conteúdos contemporâneos.

Corroboramos nossa conclusão com a posição de Goldbach e Macedo (2007) em relação à necessidade de cursos de atualização para professores e do uso de

**V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREPIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)**

estratégias diversificadas, como a utilização do recurso da informática, para auxiliar nesta complexa empreitada de melhorar o ensino da Genética na escola média.

Acredita-se, ainda, que futuramente a atividade didática proposta neste trabalho apresente amplas possibilidades de ser aplicada em escolas da rede pública de Ensino Médio, desde que, devidamente equipadas com laboratórios de informática. Registra-se a promessa recente do secretário do MEC de Educação à Distância, Carlos Bielschowsky (2010) em possibilitar o acesso à internet a 92% das escolas até 2011.

Referências

AMORIM, M.A.L.; ROSA, R.T.N. da. Trabalhando com escalas no ensino de Citologia. Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia, 7, **Coletâneas**. FAE-USP, São Paulo, 2000, p. 294-296.

BIELSHOWSKY, C. **MEC lançará Portal do aluno nas próximas semanas**. 2010. Disponível em: <http://www.tecnologia.terra.com.br/noticias/o,,ol4403463-EI1288400.htm>. Acesso em: 12 abril 2011.

BORGES, R.M.R.; LIMA, V.M.do R. Tendências contemporâneas do ensino de biologia no Brasil. **Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 1, 2007. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART10_Vol6_N1.pdf. Acesso em: 12 jan. 2011.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sabio ao saber ensinado Argentina: La Pensée Sauvage Editions, 1991.

EUROPEAN COMMISSION. Benchmarking Access and Use of ICT in European Schools, 2006. Disponível em: http://ec.europa.eu/information_society/eeurope/i2010/docs/studies/finalreport3.pdf. Acesso em: 18 maio 2011.

GARCIA-MILLÁ, M. O ensino e a aprendizagem das ciências físico-naturais: uma perspectiva psicológica. In: COLL, C.; ÁLVARO, M.; PALACIOS, J. (Eds.) **Desenvolvimento psicológico e educação**: Psicologia da educação escolar. (p. 361-363). Porto Alegre: Artmed, 2004.

GOLDBACH, T.; MACEDO, A.G.A. Olhares e tendências na produção acadêmica nacional envolvendo o ensino de genética e de temáticas afins: contribuições para uma nova “genética escolar”. Encontro Nacional de pesquisas em Ensino de Ciências, 6, **Atas**. Florianópolis, SC, 2007.

GUIMARÃES, M.A. Usando o biology Workbench. EPEB - Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia Faculdade de Educação da USP - 9, **Caderno de Programas e Resumos**. São Paulo: Gráf. FE/UNICAMP, 2004.

**V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (ERE BIO-SUL)
IV Simpósio Latino Americano e Caribenho de Educação em Ciências do
International Council of Associations for Science Education (ICASE)**

LARA, S. Preparing Teachers and Schools for the 21st Century in the Integration of Information and Communication Technologies. Review of Recent Report in the U.S. **Interactive Educational Multimedia**, v.12, p.44-61, 2006.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. Disponível em: <[http:// www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov) >. Acesso em: fev. 2011.

SANTOS, M.E.V. M dos. **Mudança conceitual na sala de aula**: um desafio pedagógico. Lisboa: Livros Horizontes, 1991.

VILAS-BOAS, A. Conceitos errôneos de genética em livros didáticos do ensino médio. **Genética na Escola**. Sociedade Brasileira de Genética, 2005. Disponível em: <http://www.geneticanaescola.com.br/menuRevista.html>. Acesso em: 15 dez.2010.

XAVIER, M.C.F.; FREIRE, A. de S.; MORAES, M.O. A nova (moderna) biologia e a genética nos livros didáticos de biologia no ensino médio, **Ciência & Educação**. v.12, n.3, p.275-289, 2006.

WOOD-ROBINSON, C; LEWIS, J., LEACH J. y R. DRIVER. Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y La enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, 16, 1, 43-61, 1998.