

USO DE SIMULADORES COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE CONCEITOS ABSTRATOS DE BIOLOGIA: UMA PROPOSIÇÃO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE SÍNTESE PROTEICA

Use of simulators as a tool for teaching conceptual abstracts in Biology: An inquiry proposal for teaching of protein synthesis

Eliana Aparecida Gregório [elianagregorio@gmail.com]

Luíza Gabriela de Oliveira [luoliveira_bio@hotmail.com]

Santer Alvares de Matos [santermatos@cp.ufmg.br]

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Avenida Antônio Carlos, 6.627 – Campus Pampulha, BH/MG, CEP: 31.270-901

Resumo

São muitas as dificuldades nos processos de ensino e aprendizagem de conceitos na disciplina de Biologia. Para auxiliar professores e alunos nesse processo as tecnologias da informação oferecem a possibilidade de simular, manipular e visualizar processos que na prática seriam difíceis ou impossíveis de serem observáveis, assim potencializando a compreensão dos conteúdos. Neste trabalho, elaboramos e refletimos sobre uma proposta de atividade com características investigativas a partir da simulação computacional “Expressão genética - Fundamentos” disponível no projeto Tecnologia no Ensino de Física (*PhET*), da Universidade do Colorado. Analisamos também o engajamento, as contribuições da simulação para outras metodologias, a correlação entre essas duas variáveis e a opinião dos alunos quanto ao roteiro e o uso da simulação nas aulas de Biologia. O trabalho foi realizado com 77 alunos de três turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual do município de Divinópolis, Minas Gerais. Nossos resultados demonstraram que os alunos tiveram um engajamento expressivo e uma visão positiva no uso da simulação como estratégia metodológica. Diante dos benefícios do uso da simulação nos processos de ensino e aprendizado observados em nosso trabalho, sugerimos o uso de simulações no ensino de conteúdos abstratos em Biologia.

Palavras-chave: Tecnologias da Informação, Simulador, Ensino Investigativo, Conteúdos Abstratos.

Abstract

There are many difficulties in the teaching and learning of concepts in Biology courses. To assist teachers and students in this process the information technologies offer the possibility to simulate, manipulate and visualize processes which in practice would be difficult or impossible to observe, therefore increasing the understanding of the contents. In this paper, we present and reflect on the proposal activity with investigative features from the computer simulation "Gene Expression - Fundamentals" available in the project Physics Educational Technology (PhET), the University of Colorado. We also analyzed the engagement, the contributions of simulation to other methodologies, the correlation between these two variables and the students' opinions about the script and the use of simulation in biology classes. The study was conducted with 77 students from Public High School in Divinópolis, Minas Gerais, Brazil. Our results showed that the students had a significant engagement and a positive view on the use of simulation as a methodological strategy. Given the benefits of using simulation in teaching and learning processes observed in our work, we suggest using of simulation in teaching abstract concepts in Biology.

Keywords: Information Technologies, Simulator, Inquiry Teaching, Abstract Concepts.

Introdução

O processo de ensino de Biologia abrange conceitos que podem ser compreendidos a partir da construção de representações vinculadas em três níveis de percepção da realidade: macroscópico, microscópico e simbólico, dentre estes os conceitos microscópicos são os que exigem do estudante maior capacidade de abstração, uma vez que ocorrem em uma realidade não perceptível aos nossos sentidos (SÁ *et al.*, 2008). Os processos de ensino e aprendizagem de conceitos microscópicos são complexos, uma vez que estes estão distantes do que é concreto e, frequentemente, os estudantes não conseguem construir uma visão do que está sendo ensinado. Dentre os conceitos abstratos abordados no ensino de Biologia, destacamos o tópico de Biologia Celular e Molecular, que aborda conceitos e processos microscópicos, como o processo de Síntese Proteica.

A compreensão do processo de síntese proteica é de suma importância para o entendimento de conteúdos como a hereditariedade, teoria evolutiva dos seres vivos e biotecnologia. Muitos alunos apresentam dificuldades para compreender esses processos apresentados, em aulas convencionais, que utilizam apenas o giz e o quadro negro, uma vez que tais conteúdos fogem da realidade do estudante, e apresentam grande complexidade para serem explicados utilizando apenas palavras ou figuras estáticas. Portanto se faz necessário o uso de diferentes abordagens que ofereçam uma visão mais dinâmica do processo. Alguns estudos (BOSSOLAN, MORENO & BELTRAMINI, 2005; CARVALHO, 2009; FONTES, CHAPANI & SOUZA, 2013; JANN & LEITE, 2010; MORONI *et al.*, 2009; SIQUEIRA *et al.*, 2010), têm mostrado que o uso de jogos, modelos, simulações e atividades práticas no ensino de tópicos de Biologia Celular e Molecular, são ferramentas que podem potencializar os processos de ensino e aprendizagem de tópicos de Biologia Celular e Molecular por apresentarem uma representação visual dos processos microscópicos, propiciando ao estudante a compressão de um modelo que até então era apenas imaginável, isto é, abstrato, e que agora pode ser visto, manipulado, reduzindo a abstração de tais modelos.

A realização de atividades práticas no estudo de Biologia Celular e Molecular é um grande obstáculo uma vez que os experimentos normalmente exigem equipamentos de alto custo, impossibilitando a sua realização em laboratórios escolares. O uso de *softwares* educacionais se torna nesse cenário uma opção para superar essa dificuldade, pois através deles os alunos podem simular experimentos laboratoriais. Isso torna os temas das aulas mais claros, facilitando ao estudante a visualização dos processos e por consequência a construção dos conhecimentos sobre a temática (CARDOSO, 1998).

Segundo dados obtidos no senso escolar 2013, 52% das escolas públicas Brasileiras estão equipadas com laboratórios de informática, na região sudeste essa porcentagem sobe para 65,6%, e no município de Divinópolis - MG, local em que realizamos o presente estudo, 73,7% das escolas públicas apresentam laboratórios de informática (<http://www.observatoriodopne.org.br/>). E muitos simuladores são de livre acesso, podendo ser executados diretamente na *Internet* ou podem ser baixados e instalados nos computadores. Um exemplo são os simuladores disponíveis no *PhET* (Physics Educational Technology)¹. O uso dessas ferramentas na Educação tem tido resultados promissores (MACHADO & SANTOS, 2004; HELKLER, SARAIVA & OLIVEIRA FILHO, 2007; PAULA & TALIM, 2011; ZARA, 2011).

Acreditamos que o uso de simuladores associado a uma abordagem investigativa pode reduzir as dificuldades inerentes ao processo de ensino-aprendizagem de conteúdos abstratos como a Síntese Proteica. Diante do exposto propomos com esse trabalho realizar uma reflexão sobre o processo de construção e aplicação de um roteiro com características investigativas destinado ao uso de simuladores no ensino da síntese proteica. Realizamos também a análise do engajamento e da percepção dos estudantes no uso dessa ferramenta. Para isso utilizamos as seguintes questões de pesquisa: (I) Quais as características investigativas presentes no roteiro estruturado proposto utilizado na manipulação da simulação “Expressão Gênica”? (II) Qual será o engajamento dos alunos na utilização do simulador “Expressão Gênica”? (III) Qual opinião dos alunos sobre as contribuições

¹ Disponível em <http://phet.colorado.edu/index.php>. Acesso em fevereiro de 2015.

dos simuladores para os processos de aprendizagem? (IV) Qual a correlação entre o engajamento dos estudantes e a sua opinião sobre as contribuições para os processos de aprendizagem mediados por outros recursos, livro didático, exercícios e aulas expositivas?

1. Síntese proteica

Nesse tópico abordaremos princípios fundamentais do processo de síntese de proteínas que ocorre no interior das células.

1.1. Tipos de ácidos nucleicos

Existem dois tipos de ácidos nucleicos: Ácido Desoxirribonucleico (DNA) e Ácido Ribonucleico (RNA). Esses nomes referem-se ao fato de que DNA e RNA, apresentam, respectivamente, os açúcares desoxirribose e ribose (AMABIS & MARTHO, 2009).

O DNA e RNA são macromoléculas constituídas por centenas ou milhares de nucleotídeos. Cada nucleotídeo é formado por três partes: um grupo fosfato, um açúcar do grupo das pentoses e uma base nitrogenada, como demonstrado na Figura 1 (AMABIS & MARTHO, 2009).

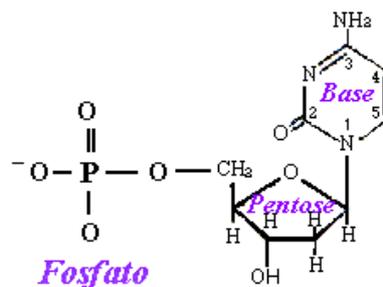


Figura 1: Fórmula de um nucleotídeo²

Há cinco tipos de bases nitrogenadas: as bases adenina e guanina que são denominadas púricas, por conter um anel duplo de carbono e nitrogênio. As bases citosina, timina e uracila, denominadas pirimídicas, que são compostas por um anel simples, ressaltando que a timina é uma base específica do DNA enquanto a uracila está presente somente no RNA, como demonstrado na Figura 2 (JÚNIOR e SASSON, 2005).

O modelo da molécula de DNA (Figura 3) foi proposto em 1953, pelos cientistas Watson e Crick. E segundo esse modelo, o DNA é constituído por dois filamentos ou cadeias de polinucleotídeos que estão torcidos, formando uma dupla hélice. As cadeias estão unidas uma a outra por ligações do tipo pontes de hidrogênio. O pareamento ocorre entre uma base púrica e pirimídica: guanina com citosina e adenina com timina. O DNA é o material genético no qual está armazenada a informação hereditária, ele está presente no núcleo das células eucariotas e também pode ser encontrado nas organelas, como a mitocôndria e cloroplasto, e nos procariotos se localiza no citosol (AMABIS & MARTHO, 2009; LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2008).

² Disponível em <<http://www.rincon.com.br/Paginas/Genetica.htm>> Acesso em abr., 2014.

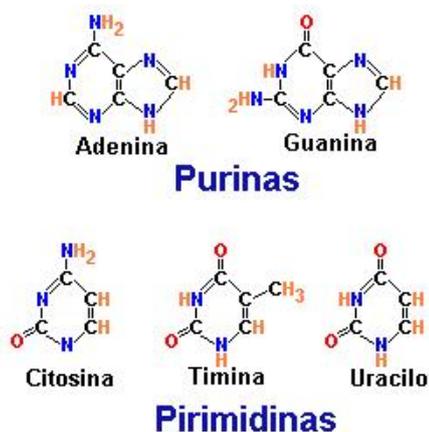


Figura 2: Fórmulas das bases nitrogenadas³

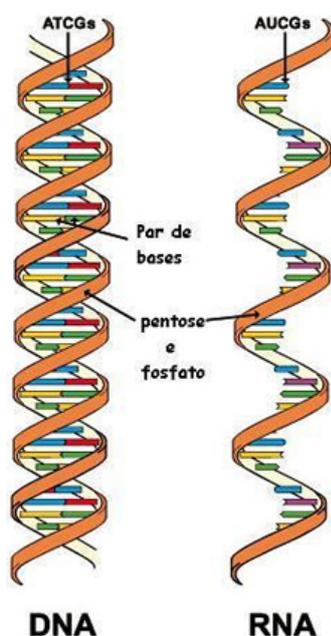


Figura 3: Modelo simplificado de DNA e RNA⁴

O RNA é transcrito a partir da molécula de DNA, sendo constituído por uma única cadeia de nucleotídeo ligada em sequência, geralmente bem mais curta que o DNA. Existem três tipos de RNAs: RNA ribossômico (RNAr), RNA transportador (RNAt) e RNA mensageiro (RNAm) (Figura 4) (AMABIS & MARTHO, 2009).

Classicamente, o RNA mensageiro é sintetizado a partir de sequências de nucleotídeos presente no DNA, os seguimentos que têm a informação para a síntese de cadeias polipeptídicas são denominados genes. Uma das definições de gene é como um segmento de DNA que leva à produção de uma cadeia polipeptídica, incluindo as regiões que antecedem (região promotora ou regulatória - na simulação o termo utilizado é regulatória) e que seguem a região codificadora (região de terminação), bem como sequências que não são traduzidas (íntrons) que se intercalam aos segmentos

³ Disponível em <<http://www.quimicayalgomas.com/quimica-organica/acidos-nucleicos/>> Acesso em abr., 2014.

⁴ Disponível em <http://www.brasilvestibular.com.br/wp-content/uploads/2014/10/acidos_nucleicos.jpg> Acesso em abr., 2014.

codificadores individuais (éxons). Devemos ressaltar que em eucariotos após a transcrição é formado um pré-RNA que será processado por um processo denominado como *Splicing*, onde serão retirados os segmentos denominados íntrons, portanto esses não participaram da síntese proteica (AMABIS & MARTHO, 2009).

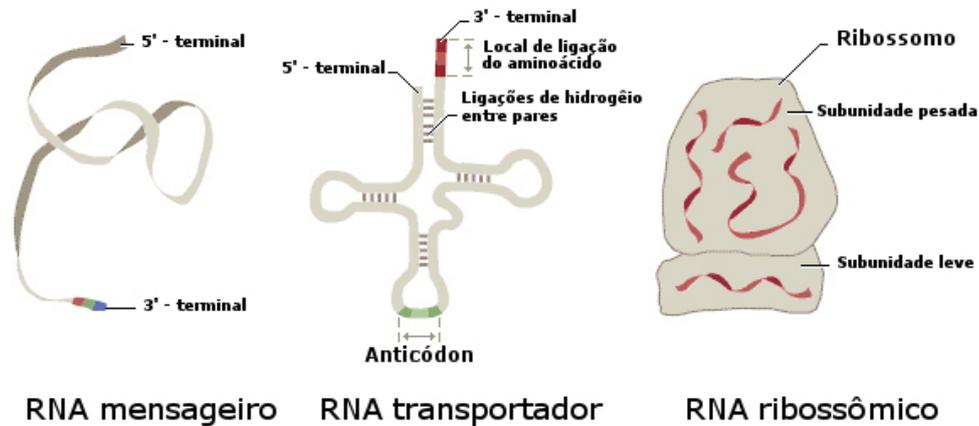


Figura 4: Modelo simplificado dos três tipos de RNAs⁵

Um mesmo gene pode originar cadeias polipeptídicas diferentes devido ao Splicing alternativo (Figura 5), em que certos éxons podem ser incluídos ou excluídos do RNA. A simulação em questão não apresenta Splicing, por se tratar da síntese proteica em um procarionto e nesses organismos não há a formação de pré-RNA. No RNA cada trinca de bases nitrogenadas, denominadas de códon define a posição dos aminoácidos na proteína que serão traduzidos (AMABIS & MARTHO, 2009).

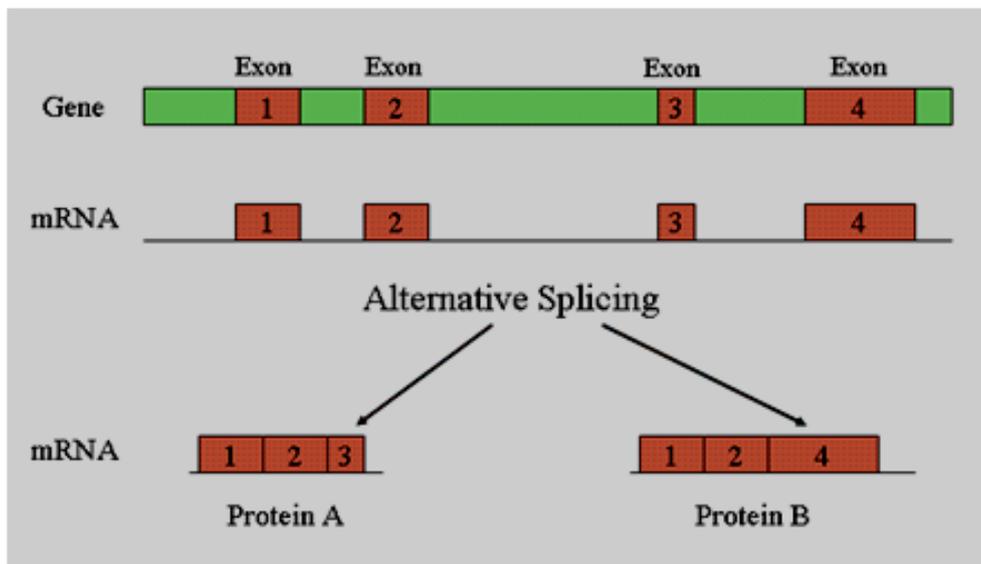


Figura 5: Splicing alternativo⁶

⁵ Disponível em <http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data/> Acesso em abr., 2014.

⁶ Disponível em < Disponível em < http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data/ > Acesso em abril de 2014.> Acesso em abr., 2014.

O RNAt, é responsável pelo transporte dos aminoácidos até os ribossomos, onde eles se unem para formar a proteína. É uma molécula relativamente pequena, com uma extremidade onde se liga um aminoácido específico e uma região mediana onde há as trincas de anticódon, por meio da qual o RNAt emparelha-se temporariamente com o códon do RNAm (AMABIS & MARTHO, 2009).

O RNAr é o ácido ribonucleico mais abundante nas células. É encontrado em associação com uma série de proteínas diferentes e originam os ribossomos, estruturas citoplasmáticas que servem como sítios para a síntese de proteínas (AMABIS & MARTHO, 2009).

1.2. Relação entre genes e proteínas

Proteínas são substâncias de fundamental importância na estrutura e funcionamento dos seres vivos. São formadas por dezenas, centenas ou milhares de moléculas de aminoácidos ligadas em sequência por ligações peptídicas.

Um aminoácido é uma molécula orgânica formada por átomo de carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Existem vinte tipos de aminoácidos, e se compararmos as suas fórmulas perceberemos que todos possuem um grupo amina (-NH₂) e um grupo carboxila (-COOH), um átomo de hidrogênio e um quarto grupo denominado radical, que varia nos vinte tipos de aminoácidos (Figura 5). As proteínas podem se diferenciar umas das outras pela quantidade, a sequência e pelos tipos de aminoácidos (AMABIS & MARTHO, 2009).

A síntese proteica nos eucariotos se inicia com a transcrição dos genes em pré-RNAm no interior dos núcleos, que serão processados originando o RNAm, que será transportado para o citoplasma da célula e em conjunto com o RNAr e RNAt ocorrerá a produção dos polipeptídios, esta etapa é denominada de tradução (Figura: 6). Portanto a síntese proteica é dividida em duas etapas principais: transcrição e tradução

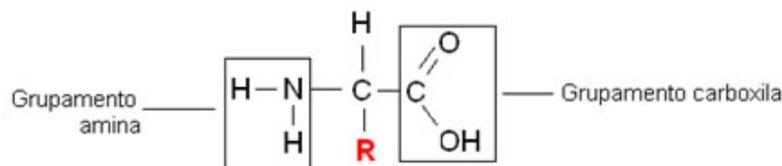


Figura 6: Fórmula geral de um aminoácido⁷

1.3. Transcrição: Do gene ao RNAm

Na transcrição é utilizada apenas uma fita do determinado trecho de DNA para a síntese do pré-RNAm. A enzima RNA polimerase se liga a uma região específica do DNA, chamada de promotora, trata-se de uma sequência especial de pares de bases nitrogenadas, que determina o início da transcrição (AMABIS & MARTHO, 2009; LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2008).

Após se ligar à região promotora as enzimas desenrolam a dupla hélice, expondo as bases do DNA, e começam a encaixar os ribonucleotídeos (Figura 7). A transcrição termina em determinada sequência de bases do DNA, chamada de sequência de término de transcrição (AMABIS & MARTHO, 2009; LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2008).

⁷ Disponível em < http://sesi.webensino.com.br/sistema/webensino/aulas/repository_data/> Acesso em abr., 2014.

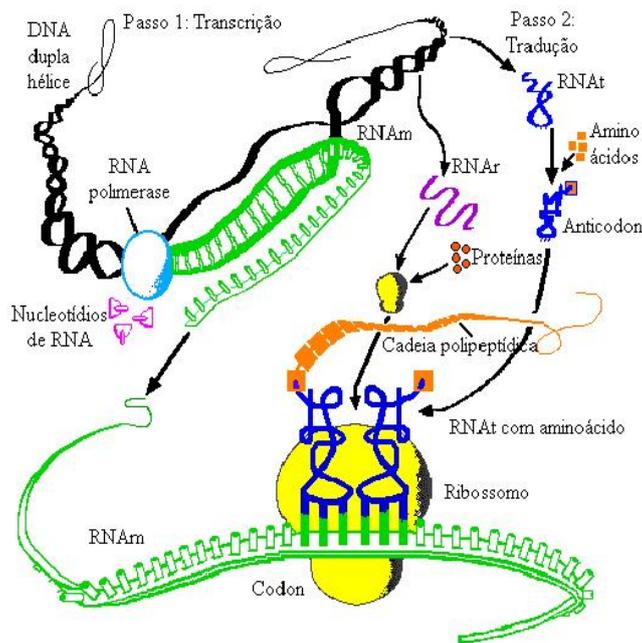


Figura 7: Representação esquemática dos processos de transcrição e tradução⁸

1.4. Tradução: Do RNAm à proteína

O RNAm contendo a mensagem para a sequência de aminoácidos que deverá se deslocar para citoplasma, onde irá interagir com os ribossomos. A cada três bases nitrogenadas têm um códon, com algum significado para a tradução, existe o códon de iniciação (AUG), de terminação, que irá finalizar a tradução e os códons que corresponde um aminoácido específico. A correspondência entre os códons e os aminoácidos constitui o código genético (Figura 8) (AMABIS & MARTHO, 2009; LINHARES & GEWANDSZNAJDER, 2008).

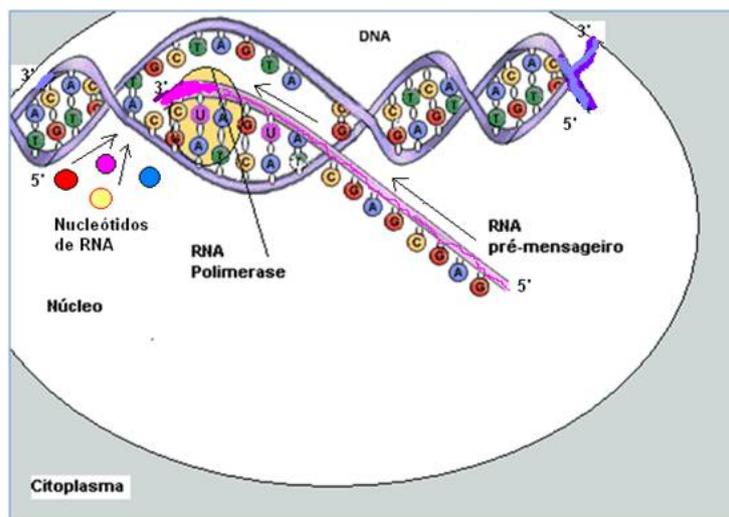


Figura 8: Representação esquemática do processo de transcrição⁹

⁸ Disponível em <http://www.ufpe.br/biolmol/aula3_RNAttranscri.htm> Acesso em abr., 2014.

⁹ Disponível em <http://galileu.esamadora.dyndns.org:81/elearning200809/file.php/46/page_11.htm> Acesso em abr., 2014.

De acordo com Santos, Aguilar e Oliveira (2010) a tradução pode ser dividida em três fases: Iniciação, alongamento e terminação. A Figura 9 apresenta as etapas da tradução.

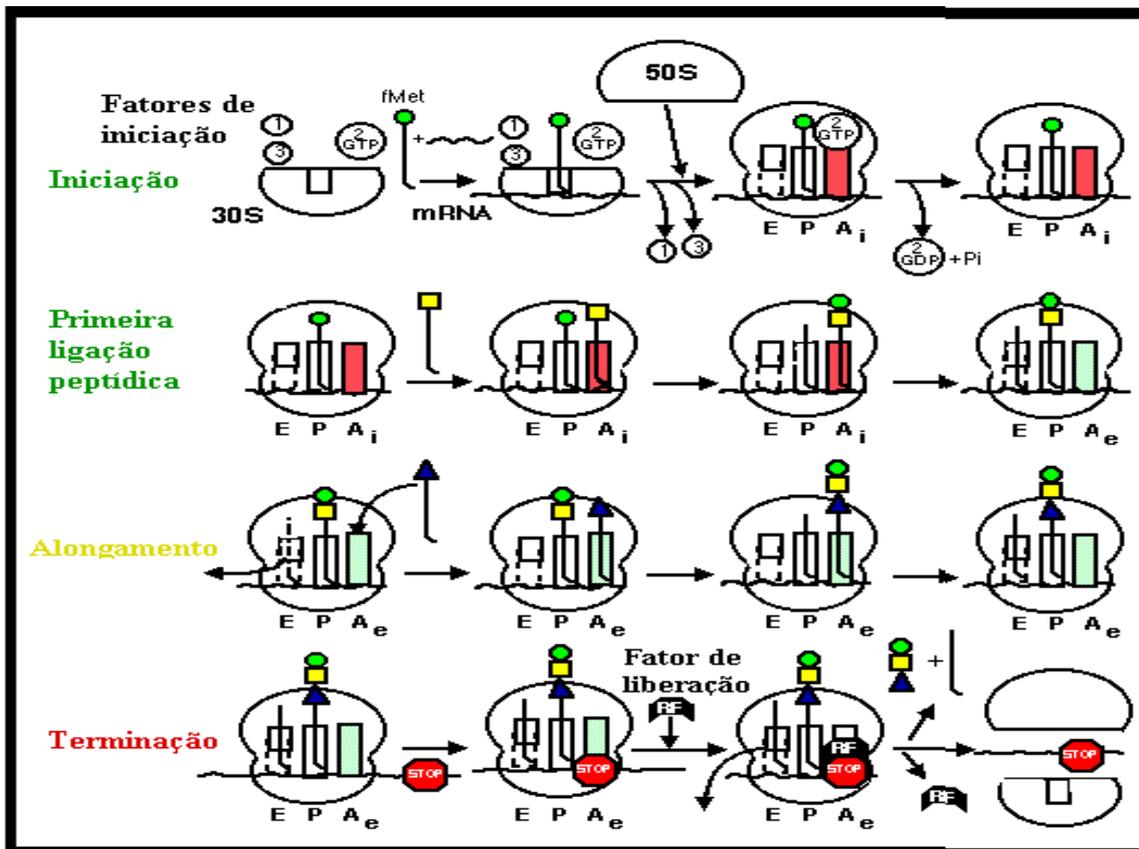


Figura 9: Etapas da tradução¹⁰

O início da síntese ocorre com a associação da subunidade menor do ribossomo, um RNAm e o RNAt da metionina. Toda síntese se inicia com códon AUG, ou seja, códon de iniciação. Embora a metionina possa ou não ser eliminada da proteína no final da tradução.

Consiste no crescimento da cadeia proteica. Ela se inicia quando o segundo RNAt, cujo o anticódon é complementar ao códon situado logo após a iniciação do aminoácido, se prende ao ribossomo. O passo seguinte é formação de uma ligação peptídica unindo os dois aminoácidos. Após essa reação o ribossomo desloca pela cadeia do RNAm. Com esse deslocamento o RNAt da metionina fica livre podendo se ligar a outra metionina. O ribossomo percorre a cadeia de RNAm até um códon de finalização.

A síntese proteica é finalizada quando o ribossomo atinge um códon de finalização, existem três códons de finalização (UAA, UAG e UGA), que são reconhecidos por fatores de liberação presente nos ribossomos, esses fatores propiciam a liberação da cadeia polipeptídica.

2. Ensino da síntese proteica

Um dos grandes problemas no processo de ensino e aprendizagem de Biologia é o ensino de conceitos microscópicos ou submicroscópicos, que podemos denominar como abstratos, uma vez que o ensino desse tipo de conteúdo exige a utilização de metodologias que propiciam uma aproximação

¹⁰Disponível em <<http://www.icb.ufmg.br/big/genegrad/genetica/genetica/traducao passo.htm>> Acesso em abr., 2014.

do aluno ao que está sendo ensinado. Quando essa aproximação não ocorre a aprendizagem é feita de forma fragmentada e os estudantes não conseguem desenvolver um raciocínio lógico, gerando grandes lacunas no conhecimento como apontado por Sá *et al.* (2008).

De acordo com Orlando *et al.* (2009) o tópico Biologia Celular e Molecular é o que mais requer o uso de materiais de apoio por emprega conceitos abstratos que dificilmente são compreendidos utilizando somente o livro texto como fonte de informação. A pesquisa realizada por De Carvalho, Couto & Bossolan (2012) demonstrou que mesmo após terem estudado assuntos relacionados a proteínas, os alunos apresentavam um conhecimento fragmentado repleto de concepções alternativas, evidenciando falhas na aprendizagem do conteúdo. Essa falha é apontada por Corazza-Nunes *et al.* (2006) como um reflexo da utilização de metodologias de ensino que priorizam a memorização, tais como as “ligações” entre as bases nitrogenadas em detrimento da compreensão dos conceitos, processos e seus significados nos mecanismos de herança genética, que são comuns no estudo da síntese de proteínas.

Uma alternativa à utilização de metodologias de ensino que priorizam a memorização é o uso de modelos didáticos¹¹, uma vez que estes propiciam uma visão mais aproximada desse mundo abstrato aos estudantes, na ausência de equipamentos de alto custo (Orlando *et al.*, 2009). Diante dessa perspectiva temos os simuladores computacionais, que são *softwares* que proporcionam a criação de modelos, que podem aproximar os alunos de conteúdos abstratos, tais como a síntese proteica.

3. Uso de simuladores no ensino de ciências

Vivemos em uma sociedade em que a tecnologia permeia os mais diversos ambientes, e nossos alunos estão em contato íntimo com computadores e com celulares com acesso a redes sociais. Mas quando analisamos o ambiente escolar, percebemos que essas tecnologias ainda estão pouco presente, prevalecendo ainda o uso do giz e do quadro negro. O uso do computador na educação pode favorecer a aprendizagem devido a sua capacidade de apresentar aos discentes aspectos do conteúdo difíceis de serem visualizados (ZARA, 2011).

Como abordado por Machado & Santos (2004), as tecnologias da informação, que se vêm consolidando, fornecem amplas perspectivas para a melhoria das práticas educacionais, disponibilizando novos recursos para a atuação do professor para que o educando possa reelaborar a informação de forma ativa e criativa, expressando um trabalho de reflexão pessoal.

As tecnologias possibilitam um ensino ativo em que o professor ocupa a posição de mediador, permitindo formular hipóteses, testá-las, analisar resultados e reformular conceitos, estando assim de acordo com a investigação científica. Além disso, enriquecem as aulas e motivam alunos e professores (PAIVA & PAIVA, 2010). Entre as tecnologias temos os simuladores virtuais, softwares que funcionam como verdadeiros laboratórios virtuais que podem ser de grande valia em sala de aula, principalmente nas escolas que não possuem laboratórios adequados para aulas práticas, ou para práticas experimentais que ocorrem lentamente ou demasiado rápido, dificultado a execução em laboratórios escolares (ZARA, 2011).

Nas simulações há uma interação do aprendiz, centro do processo educativo, com recursos computacionais. A interação baseia-se na exploração que aluno realizará, uma vez que este recebe pronto uma simulação computacional, pode alterar parâmetros, valores iniciais e tipos de relações

¹¹ Os modelos didáticos são representações, confeccionadas a partir de material concreto, de estruturas ou partes de processos biológicos (JUSTINA & FERLA, 2006).

entre variáveis para explorar suas consequências (simulações) (ARAÚJO & VEIT, 2008). São inúmeras as possibilidades de uso das simulações na aprendizagem, e na fase da avaliação da aprendizagem, o professor pode propor experimentos, roteiros, perguntas, que o aluno irá realizar, responder, escrever relatórios experimentais (HELKLER, SARAIVA & OLIVEIRA FILHO, 2007; SILVA, FERREIRA & SILVA-FORSEBERG, 2010).

Os simuladores são ferramentas que têm sido utilizadas em várias áreas do conhecimento e níveis de ensino. No ensino superior, Cardoso (1998) relata que o uso de simulação no curso de Medicina é um recurso de aprendizagem que permite ao estudante observar o comportamento de um determinado sistema orgânico através de seu modelo.

Lemos & Souza (2006) utilizaram o simulador *Sim City* em um projeto realizado com alunos dos anos finais do Ensino Fundamental, abordando conceitos sobre poluição e sistema de gestão ambiental, propiciando aos alunos uma reflexão sobre conceitos de Desenvolvimento Sustentável. Segundo os autores, o uso do simulador motivou a participação de alunos alheios em aulas convencionais; promoveu uma maior interação entre alunos e professores; desenvolveu a autonomia dos alunos e proporcionou a interação entre a teoria e a prática.

O ensino de Química, assim como o de Biologia, apresenta inúmeros conceitos que são microscópicos. Lima, Varelo & Nascimento (2012) utilizaram simuladores no ensino de densidade, para alunos do ensino médio em uma escola pública no estado de Rondônia. Segundo os autores, os alunos que até então nunca tinham utilizado simuladores, se mostraram estimulados e muitos relataram que o processo de aprendizado foi mais fácil.

Segundo Helkler, Saraiva & Filho (2007), após utilizar os simuladores no ensino de Óptica a maioria dos alunos relatou que os simuladores foram importantes para o entendimento dos tópicos estudados. Zara (2011) afirma que alunos que utilizam simuladores contidos na plataforma do *PhET* (Physics Educational Technology) apresentam um rendimento levemente superior quando comparado com aqueles que não utilizaram. De acordo com Sobrinho & Borges (2010), as simulações são boas ferramentas no ensino de epidemias, para alunos do ensino médio devido a sua capacidade de promover uma alta taxa de compreensão das situações-problema bem como da capacidade de argumentação.

A utilização de simulações no ensino de Biologia é uma potente ferramenta para o processo ensino-aprendizagem, uma vez que estas ferramentas facilitam a formulação e os testes de hipóteses características que são fundamentais para a compreensão da Biologia (FIGUEIREDO, WERNECK & COSTA, 2013). Atualmente vários sites disponibilizam simuladores que podem ser utilizados como ferramentas no ensino de Biologia, como por exemplo: CARBÓPOLIS, disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/download.htm>; Portal Biblioteca Digital de Ciências (<http://www.ensino.ib.unicamp.br/bdc/index.php>); repositório de simulações RIVED, disponíveis em <http://www.rived.mec.gov.br>; Banco Internacional de Objeto Educacionais, onde um motor de busca encontra-se disponível em <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br> (SILVA, FERREIRA & SILVA-FORSBERG, 2010).

Os simuladores são ferramentas computacionais, que diante dos dados apresentados pela literatura, tem grande potencial para a promoção do processo de aprendizagem, principalmente devido a sua capacidade de promover a motivação dos alunos e professores e a interatividade.

4. Ensino de ciências por investigação

Quando nos referimos ao Ensino de Ciências por Investigação, nos referimos a aulas mais interativas em que o aluno é o protagonista da construção do conhecimento, diferente daquelas em

que o professor é o centro do processo de ensino e aprendizagem, e faz anotações no quadro e disserta sobre o conteúdo enquanto os alunos são meros ouvintes. Não existe uma atividade que seja naturalmente investigativa, existem características investigativas. Portanto uma atividade experimental, muitas vezes, não apresenta características essenciais da investigação, e atividades que não são práticas podem ser até mais investigativas do que aquelas experimentais (MUNFORD & LIMA, 2007).

Sá *et al.* (2007), abordam as características que uma atividade investigativa deve apresentar. A primeira é que essas atividades devem construir um problema que instigue e oriente o trabalho do estudante e do professor, ou seja, é necessário que haja uma problematização e que essa seja autêntica e significativa para os alunos. Desta forma, será possível desencadear debates e sobre o tema. A segunda característica refere-se à necessidade de que os resultados precisam ser sustentados por evidências, uma terceira característica refere-se à criação de situações em que esse conhecimento possa ser aplicado e avaliado na solução de situações-problema. E por último, as atividades investigativas devem possibilitar múltiplas interpretações de um mesmo fenômeno.

Em uma proposta investigativa deve haver um problema para ser analisado, levantamento de hipóteses, planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações e interpretação dessas novas informações (ZÔMPERO & LABURÚ, 2011). As atividades investigativas podem apresentar diferentes níveis de abertura ou controle, o que possibilita a aprendizagem por meio de investigação entre alunos de diferentes faixas etárias e perfis, inclusive aqueles com maiores dificuldades na área de ciências da vida e da natureza (MUNFORD & LIMA, 2007).

Segundo Sá, Lima & Aguiar Júnior (2011), as atividades investigativas podem ser classificadas em três níveis de acordo com a interferência do professor. Nas atividades tidas como estruturadas o professor propõe as questões e métodos para a investigação, no segundo nível o professor propõe apenas a questão, a escolha da metodologia é de responsabilidade do aluno. E no terceiro nível, o mais aberto, as questões e metodologia são propostas pelo aluno.

Nesse projeto optamos pela realização de uma atividade estruturada no simulador. Uma atividade estruturada direciona o aluno na execução da simulação, além de direcionar para as habilidades que deverão ser trabalhadas. A utilização de um roteiro não tira o caráter investigativo da atividade, uma vez que quem manipula a simulação é o aluno, poderíamos comparar o roteiro estruturado a uma receita de pão, que traz todas as informações necessárias para produção do pão, porém o pão só será fabricado com a manipulação do padeiro.

5. Metodologia

Nesta seção apresentamos a metodologia de coleta e análise dos dados.

É importante destacar que a pesquisadora também foi a professora. Assim, um dos desafios da pesquisa foi a distinção entre as funções de pesquisadora e professora.

Iniciaremos a metodologia apresentando o objeto da pesquisa que foi a simulação disponível na plataforma *PHET* (Physics Educacional Technology).

5.1. A simulação

A plataforma do *PhET* da Universidade do Colorado foi selecionada para realização desse trabalho por oferecer, gratuitamente, simulações de fenômenos físicos divertidas e interativas.

Segundo o tutorial presente na plataforma, essas simulações permitem aos manipuladores fazerem conexões entre os fenômenos da vida real e a ciência básica. Para ajudar os alunos a compreenderem conceitos visuais, as simulações *PhET* animam o que é invisível ao olho através do uso de gráficos e controles intuitivos, tais como clicar e arrastar a manipulação, controles deslizantes e botões de rádio. A fim de incentivar ainda mais a exploração quantitativa, as simulações também oferecem instrumentos de medição (que incluem réguas, cronômetros, voltímetros e termômetros). À medida que o usuário manipula essas ferramentas interativas, as respostas são imediatamente animadas, ilustrando as relações de causa e efeito, bem como várias representações relacionadas (movimento dos objetos, gráficos, leitura de números etc. Disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/about).

Além da gratuidade, todas as simulações *PhET* são fáceis de usar e incorporar na sala de aula. Elas são escritas em Java e Flash, e podem ser executadas usando um navegador web qualquer, desde que esses programas estejam instalados. Isso possibilita o seu uso nos laboratórios de informática das escolas públicas (Disponível em: http://phet.colorado.edu/pt_BR/about).

Selecionamos para esta pesquisa a simulação intitulada Expressão Genética – Fundamentos (Figura 10), nesta simulação são possíveis observar a transcrição de DNA, a síntese de Proteínas, sendo possível explicar as sequências principais de eventos que ocorrem dentro de uma célula, e que levam à síntese de proteínas.

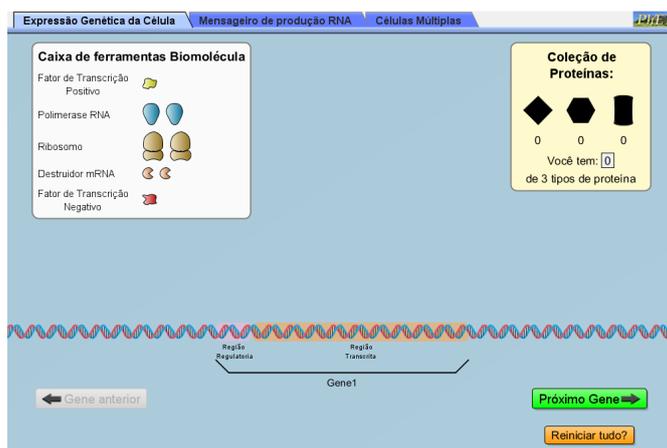


Figura 100: Página inicial da simulação Expressão Genética-Fundamentos.

5.2. Seleção da amostra

A pesquisa foi realizada com três turmas do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual no município de Divinópolis, Minas Gerais, totalizando 77 alunos.

5.3. Produção dos dados

A sequência didática foi dividida em cinco momentos. O primeiro momento foi realizado na sala de multimídia da escola, com duração de cinquenta minutos. Nessa aula foi realizada a problematização e a introdução do tema, utilizando o Datashow e o programa Power Point. O segundo momento, foi realizado na sala de informática, com duração de cinquenta minutos. Nesta ocasião, os alunos foram divididos em duplas ou trios, receberam o roteiro a ser seguido e acessaram o link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>, para executar a simulação. O terceiro momento, que teve a duração de vinte minutos, foi realizado um debate com os alunos, em que estes expuseram as suas respostas aos procedimentos presente no roteiro. Em um quarto momento foi ministrada uma aula expositiva sobre a síntese proteica, com duração de trinta minutos. Finalmente,

o quinto momento consistiu na realização de atividades, discursivas e fechadas presentes no livro didático dos autores Amabis & Martho (2009).

Ao final da sequência didática foi aplicado o questionário para analisar o engajamento dos estudantes no uso da simulação, diagnosticar e avaliar a percepção dos alunos sobre a contribuição da simulação para avaliar a contribuição para a aprendizagem da síntese proteica. Este questionário foi elaborado com base no proposto por Paula & Talim (2011) para avaliar a percepção dos estudantes sobre o uso coordenado de simulações com outras mediações.

A primeira questão do questionário teve como objetivo avaliar o engajamento do aluno, quanto ao uso da simulação, as alternativas estão organizadas em a, b, c, d, em nível crescente de engajamento. Na segunda questão os alunos puderam expressar suas opiniões sobre a contribuição da simulação para outras metodologias de ensino e aprendizagem. As alternativas estão organizadas em: 1 - não houve nenhuma contribuição efetiva; 2 - pequena contribuição; 3 - contribuições média; 4 - uma grande contribuição.

A percepção dos alunos sobre o uso da simulação como recurso de aprendizagem e a contribuição desse recurso para a aprendizagem foi avaliada pela análise das frequências e foi realizada a correlação entre o engajamento dos alunos no uso das simulações com a opinião a respeito das contribuições para outras metodologias de ensino.

A questão três visou avaliar a percepção dos alunos quanto o auxílio do roteiro durante a manipulação, as alternativas são organizadas: 1 - discordo muito, 2 - discordo, 3 - nem concordo, 4 - concordo e 5 concordo muito. Na quarta questão do questionário o estudante opina sobre o uso da simulação nas aulas de Biologia as alternativas são: 1 - muito ruim, 2 - ruim, 3 - nem ruim, nem bom, 4 - bom e 5 - muito bom.

5.4. Análise dos dados e resultados

Os dados obtidos no questionário foram tabulados, com o auxílio do Programa Microsoft Office Excel. Calculamos a frequência absoluta e relativa das respostas dada a cada variável presente no questionário. Foi realizado o teste estatístico correlação de Pearson (PAULA & TALIM, 2011) para obter a correlação entre as variáveis: engajamento e a contribuição da simulação para aprendizagem, sendo a primeira a variável independente e a segunda dependente.

A geração de gráficos e as análises estatísticas de frequência e correlação foram realizadas com o auxílio do programa *StataSE 12*.

6. Resultados e discussão

Os resultados e discussões foram divididos em três subseções. Na primeira realizamos a reflexão sobre o roteiro da atividade, principalmente dos pontos positivos e desafios que observamos na aplicação do roteiro. Na segunda seção refletimos sobre as características investigativas expressas na aplicação da sequência didática. Para isso faremos uso do referencial teórico utilizado e anteriormente abordado. Por fim, na última seção, analisamos os dados coletados pelo questionário, avaliando o grau de satisfação dos alunos no uso do simulador e da estratégia utilizada, bem como das potencialidades da atividade para a aprendizagem da síntese proteica.

6.1. Reflexões sobre o roteiro da atividade

O roteiro elaborado (Figura 11) para direcionar os estudantes durante a manipulação da simulação “Expressão genética - Fundamentos” apresentou vinte e quatro etapas que os estudantes executaram. Para subsidiar a análise, cada etapa apresentava um questionamento que os estudantes deveriam responder. A execução do roteiro foi realizada simultaneamente com a manipulação da simulação, assegurando-se assim o máximo de aproveitamento dos recursos disponíveis.

Tais etapas foram elaboradas para que os estudantes pudessem explorar todas as fases da síntese proteica abordada pela simulação, observando os principais eventos. Os estudantes são direcionados a observarem a função de algumas estruturas importantes como a RNA-polimerase, fator positivo e negativo de transcrição e os processos de transcrição e tradução (AMABIS & MARTHO, 2009).

- Acesse o link <http://phet.colorado.edu/en/simulation/gene-expression-basics>,
1. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
 2. Selecione o fator de transcrição positivo encaixe o no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
 3. Como você explica a diferença entre a resposta da questão 1 e 2?
 4. Qual a função da RNA polimerase?
 5. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 2. O que é será formado?
 6. Qual o formato da primeira proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
 7. Qual a função do ribossomo?
 8. Reinicie tudo. Selecione o fator de transcrição negativo e encaixe no DNA, depois selecione a RNA polimerase e encaixe. O que aconteceu? Justifique.
 9. Selecione próximo gene. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
 10. Selecione os dois fatores de transcrição positiva encaixe os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
 11. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 11. O que é será formado?
 12. Qual o formato da segunda proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
 13. Selecione o Destruidor de RNA e encaixe o no RNA m. O que aconteceu?
 14. Selecione próximo. Selecione a RNA polimerase e encaixe no DNA. O que ocorreu?
 15. Selecione os dois fatores de transcrição e encaixe-os no DNA e depois faça o mesmo com a RNA polimerase. O que ocorreu?
 16. Selecione o ribossomo e encaixe na fita de RNAm, formado na questão 15. O que é será formado?
 17. Qual o formato da terceira proteína? Faça 5 proteínas desse tipo e encaixe na coleção de proteínas.
 18. Qual a função da região regulatória?
 19. Os três genes são diferentes? Justifique.
 20. Quando ocorreu processo de transcrição?
 21. Quando ocorreu o processo de tradução?
 22. Selecione mensageiro de produção de RNA. Descreva o que você está visualizando.
 23. Aumente a concentração do fator de transcrição positivo. O que aconteceu?
 24. Selecione fator de transcrição negativo e aumente a concentração do fator negativo de transcrição. Descreva o que ocorreu.

Figura 11: Roteiro elaborado para execução da simulação "Expressão Genética-Fundamentos".

A síntese proteica pode ser dividida basicamente em dois processos biológicos, a transcrição e a tradução, nesta simulação os estudantes conseguiram observar esses processos em três genes

diferentes. A transcrição ocorre quando o segmento de DNA origina uma fita de RNA-mensageiro, nas etapas 1 e 2 do roteiro, por exemplo, foi possível que o estudante observar a RNA-polimerase participando do processo de transcrição de um fragmento de RNA-mensageiro. As outras etapas do roteiro que também representava a transcrição eram as de número 8, 9, 10, 14 e 15.

Nas etapas de 1 a 4, foi possível os alunos refletirem sobre a função da RNA polimerase. Na etapa 1 quando solicitamos o encaixe da RNA polimerase sem o fator de transcrição, os alunos puderam visualizar que nada ocorre. Este mesmo evento será visualizado nas etapas: 9 (gene 2) e 14 (gene 3). Na etapa 2, há o direcionamento para o encaixe do fator de transcrição e posteriormente a RNA polimerase, nesse momento foi possível a visualização da formação do RNAm, demonstrando a necessidade de fatores positivos de transcrição para que o processo de produção de RNAm ocorra. A importância dos fatores positivos da transcrição também foi evidenciada nas seguintes etapas: 10 (gene 2) e 15 (gene 3), porém nessas etapas são necessários dois fatores positivos para que haja a ação da DNA polimerase. Na etapa 22 e 23 também foi possível a observação e reflexão da importância dos fatores positivos da transcrição.

A etapa 3 propõem que os alunos realizem uma reflexão sobre a diferença entre a etapa 1 e 2, o nosso objetivo era de possibilitar compreensão da importância do fator de transcrição positivo. Como na etapa 2 os alunos puderam visualizar a ação da RNA polimerase, realizamos um questionamento na etapa 4, no qual estes descreveram a função dessa enzima.

Assim como existem fatores positivos de transcrição, há os fatores negativos, que impedem que a ação da RNA polimerase e conseqüentemente a transcrição. Nas etapas 8 e 24 o nosso objetivo foi a visualização e reflexão dos alunos sobre a ação desses fatores negativos de transcrição. Os fatores positivos e negativos da transcrição são encaixados em uma região do gene denominada regulatória. Na etapa 18 foi feito um questionamento sobre a função dessa região. Na etapa 20, realizamos um questionamento visando a associação entre o que foi visualizado nas etapas 2, 10 e 15, com o processo de transcrição. O processo de tradução, apresentado na simulação é simplificado, demonstrando apenas os ribossomos e a proteína formada. Devemos ressaltar que neste momento a professora pesquisadora enfatizou o fato de que a simulação não representa a realidade de forma completa. O processo de tradução foi visualizado nas etapas 5, 11 e 16. Nessas etapas foi possível a visualização do ribossomo fazendo a leitura da fita de RNA mensageiro e produção das proteínas. Na etapa 7 os alunos foram questionados sobre a função dos ribossomos. Na etapa 21 foi realizado um questionamento visando a associação entre o que foi visualizado nessas etapas com o processo de tradução.

Foram formadas proteínas diferentes, sendo que nas etapas 6, 12 e 17 os estudantes são direcionados a observar as diferenças no formato das proteínas. E a etapa 19, apresentou como objetivo a correlação da produção dos três tipos proteínas com genes diferentes.

A etapa 13 objetivou-se demonstrar a importância das enzimas que apresenta como função a destruição do RNAm, uma vez que a partir do momento que o organismo já produziu a quantidade necessária de proteínas, o RNAm deve ser destruído.

As atividades investigativas estruturadas, em que o professor define as ações que os estudantes deverão realizar, representam uma forma de determinar os procedimentos a serem realizados pelos estudantes, explorando ao máximo as informações fornecidas pela simulação. Apesar de muitos acreditarem que uma atividade para ser investigativa deva, necessariamente, ser aberta (apresenta o problema e o estudante deve elaborar todas as etapas para solucioná-lo), uma atividade estruturada apresenta características de atividades investigativas, podendo ser categorizadas como tal. De acordo com Sá *et al.* (2011), em atividades estruturadas o professor propõe as questões e os métodos para

investigar determinada situação e o envolvimento dos estudantes permitiria que descubram relações que ainda não conheciam.

Deste modo, defendemos que o uso de um roteiro estruturado proporciona aos estudantes a observação dos eventos principais, sem que estes se percam nas inúmeras informações apresentadas pela simulação, o que poderia recair em uma simples visualização do processo de síntese proteica. Além disso, as inúmeras informações apresentadas podem causar uma confusão na formação dos conceitos, tais como associações errôneas.

O roteiro apresentado na Figura 11 foi elaborado pensando nos passos que os estudantes deveriam realizar para obter novas informações, bem como o direcionamento para as interpretações, uma vez que os questionamentos propostos têm o potencial de induzir o estudante a refletir, interpretar e correlacionar. A obtenção de informação e a interpretação são abordadas por Zômpero & Laburú (2011) como características importantes no planejamento de atividades investigativas estruturadas.

Ponderando sobre as características das atividades investigativas apresentadas por Sá *et al.* (2007), acreditamos que algumas delas que apresentamos mais adiante, são potencializadas pelo roteiro analisado no presente trabalho.

6.2. Reflexões sobre sequência didática investigativa

A aula foi iniciada com a seguinte situação problema: “Atualmente está na moda ter cabelo liso, para tal muitas meninas recorrem a alisamentos que possuem formol na sua fórmula, algo perigoso uma vez que o formol é cancerígeno. A estrutura do cabelo deve ser a uma proteína chamada queratina.”

Posteriormente a professora conduziu um debate em que as perguntas principais foram:

- I. Por que temos estrutura capilar diferente? A maioria dos alunos respondeu que a diferença capilar se deve ao fato de que somos diferentes. Diante disso realizamos um segundo questionamento.
- II. Por que somos diferentes? Qual molécula é responsável por essa diferença? A maioria dos alunos respondeu por que temos o DNA. Devemos ressaltar que a estrutura dos ácidos nucleicos já havia sido estudada no primeiro bimestre no tópico de Bioquímica. Também tivemos alguns alunos que disseram “por que temos pais diferentes”. Perante essa resposta os questionamos: “você têm irmãos?” “Vocês são iguais a eles?”.
- III. Vocês me disseram que temos estruturas capilares diferentes devido ao DNA e no início da aula disse a vocês que a estrutura capilar é devido a proteínas. Qual a relação entre DNA e proteína? Nenhum aluno conseguiu se posicionar diante desse questionamento. Acreditamos que este ocorrido deva-se ao fato que o tópico Síntese Proteica dificilmente fazer parte do currículo da disciplina Ciências.

Em seguida foram mostradas a turma várias gravuras do processo de transcrição e tradução à turma. Por meio das observações das imagens os alunos foram estimulados refletir e debater sobre a função de cada componente envolvido na síntese de proteína. Após a discussão foi acessado o site: *PhET* para que os alunos visualizarem e conhecessem a plataforma com as simulações.

Em uma segunda aula, também de 50 minutos, realizada no laboratório de informática, os alunos de cada turma foram divididos em duplas ou trios e receberam o roteiro com os passos para serem executados, justamente com os questionamentos a serem respondidos. Devido ao sistema operacional não conseguimos baixar e instalar a simulação diretamente nas máquinas, portanto

optamos em acessar diretamente do site, inicialmente estávamos receosos que tal procedimento pudesse sobrecarregar a rede, porém tal fato não ocorreu.

Durante todo tempo os alunos tiveram o apoio da professora, que os auxiliou, sanando as possíveis dúvidas. Durante a manipulação da simulação foi possível observar que os alunos se mantiveram comprometidos e motivados. Lemos & Souza (2006) observaram que as simulações têm a capacidade de motivar os alunos, principalmente aqueles que são desatentos a aulas tidas como convencionais. Machado & Santos (2004) também observaram que as simulações apresentam grande capacidade de aguçar a motivação dos alunos para o processo de ensino e aprendizagem. Podemos associar essa motivação a vários fatores, tais como os apresentados por Silva, Ferreira & Silva-Forseberg (2010). Para eles, isto se deve ao fato de que as simulações permitem a visualização de fatos que seriam impossíveis de ser acompanhados em outros experimentos. A Figura 12 mostra os alunos no laboratório de informática realizando a atividade no simulador.

A realização da atividade em duplas ou trios foi vantajoso, uma vez que, observamos que os alunos discutiam entre si, questionavam e comentavam o que estavam observando. Araújo & Veit (2008) afirmam que sempre que possível, as atividades devam ser planejadas para serem feitas pelos alunos em duplas, ou trios, mesmo que a instituição de ensino disponha de uma máquina por aluno na sala de aula já que essa forma de trabalho proporciona uma maior interação. A realização de trabalhos escolares em duplas proporciona a troca de informações e procedimentos para resolver os problemas, podendo ser considerada um facilitador para o processo de ensino além de possibilitar a socialização entre os alunos (RODRIGUES, 2007).



Figura 12: Alunos realizando a atividade no simulador com o auxílio do roteiro.

O roteiro elaborado para o uso da simulação se mostrou bastante efetivo, permitindo aos alunos a visualização e manipulação de todos os recursos disponíveis na simulação Expressão

Genética-Fundamentos. A grande maioria não apresentou dificuldades com o roteiro, o mesmo se mostrou como um facilitador na execução da simulação. O uso de roteiro é citado por Silva, Ferreira & Silva-Forseberg (2010) como uma das formas de trabalhar a simulação em sala de aula.

Os alunos não tiveram dificuldade na manipulação da simulação, Sobrinho & Borges (2010) observaram que o caráter lúdico e a semelhança das simulações com jogos que fazem parte do cotidiano dos alunos facilitam a manipulação e aprendizagem. A facilidade de manipulação das simulações também foi observada em estudos realizados por Machado & Santos (2004).

Em um terceiro momento de vinte minutos os alunos discutiram as respostas dos questionamentos feitos no roteiro, esse debate foi realizado uma semana depois do uso da simulação, e mesmo com esse espaço de tempo os alunos lembravam-se de todos os recursos da simulação. Percebemos também uma grande motivação dos alunos em responder os questionamentos, até mesmo aqueles que em aulas convencionais são apáticos participaram.

6.3. Análise dos dados coletados pelo questionário

Os alunos tiveram engajamento alto no uso das simulações de 90% enquanto apenas 10% tiveram baixo nível (Gráfico 1). Vale ressaltar que nenhum aluno considerou o seu engajamento como o nível mais baixo (1). Pesquisa realizada por Paula & Talim (2011), visando avaliar o engajamento dos alunos para o uso de vários recursos mediacionais, indicou um alto engajamento em 74% dos alunos.

Acreditamos que o alto engajamento deva-se à interatividade, uma vez que nesse tipo de recurso é possível que o aluno, centro do processo educativo, interaja com os recursos computacionais.

Para 90%, 97% e 96% dos alunos a simulação apresentou uma grande contribuição respectivamente para a compreensão do livro didático, realização ou compreensão dos exercícios e compreensão das aulas expositivas (Gráficos: 2, 3 e 4). Os nossos resultados se assemelham aos de Paula & Talim (2011). Segundo estes autores, a simulação apresentou grande contribuição para 56% dos alunos para a compreensão do livro didático, 81% para realização ou compreensão dos exercícios e 79% compreensão das aulas expositivas ou participação das mesmas.

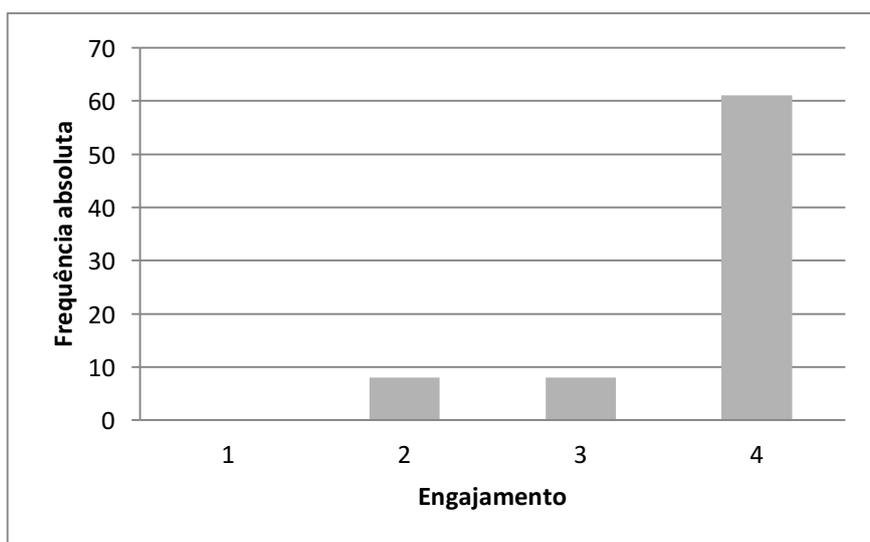


Gráfico 1: Engajamento dos alunos no uso do simulador.

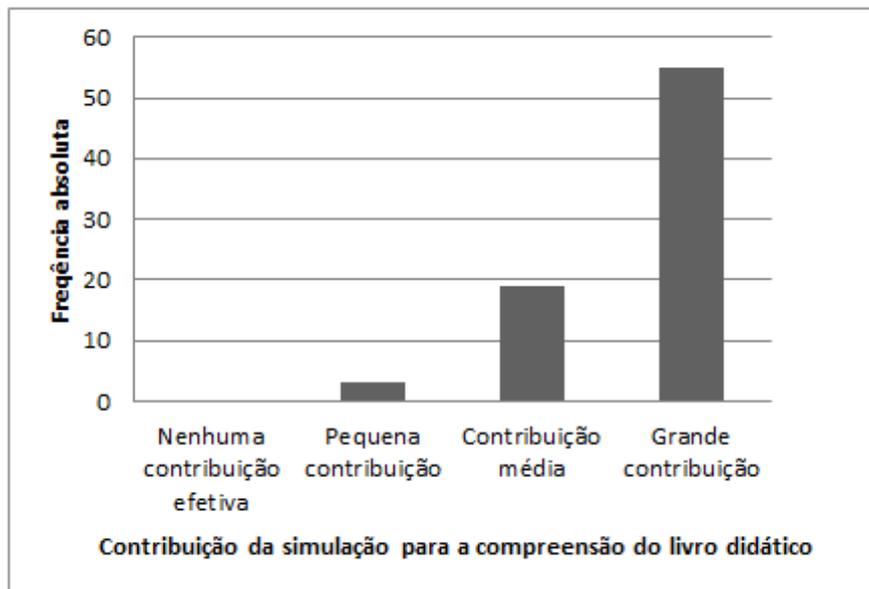


Gráfico 2: Contribuição da simulação para a compreensão do livro didático.

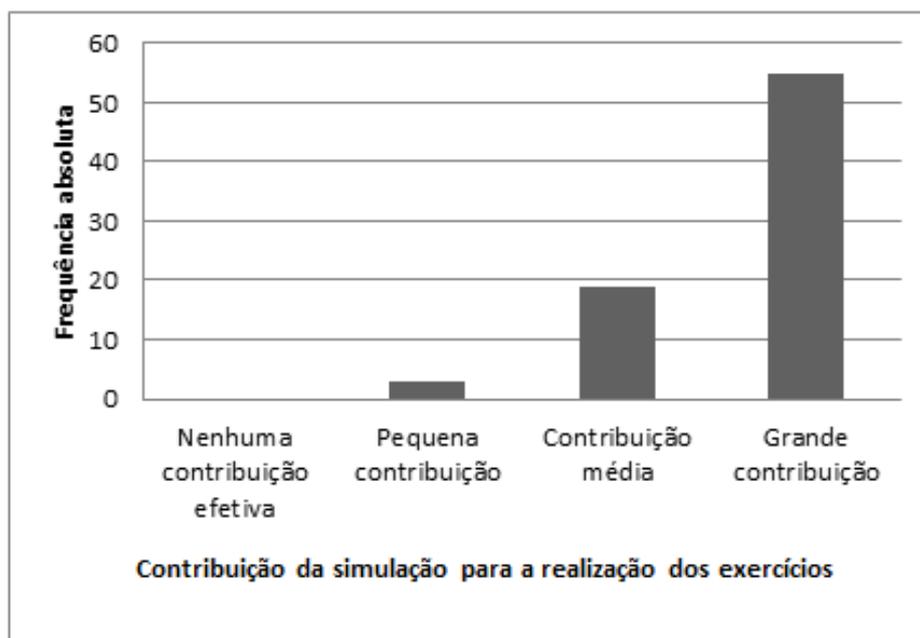


Gráfico 3: Contribuição da simulação para a realização dos exercícios.

Para 10% dos alunos a simulação não contribuiu para a compreensão do livro didático, podemos associar esse resultado ao fato de que poucos alunos têm o hábito de ler o livro didático, a maioria utiliza como material de estudos os resumos disponibilizados a cada tópico.

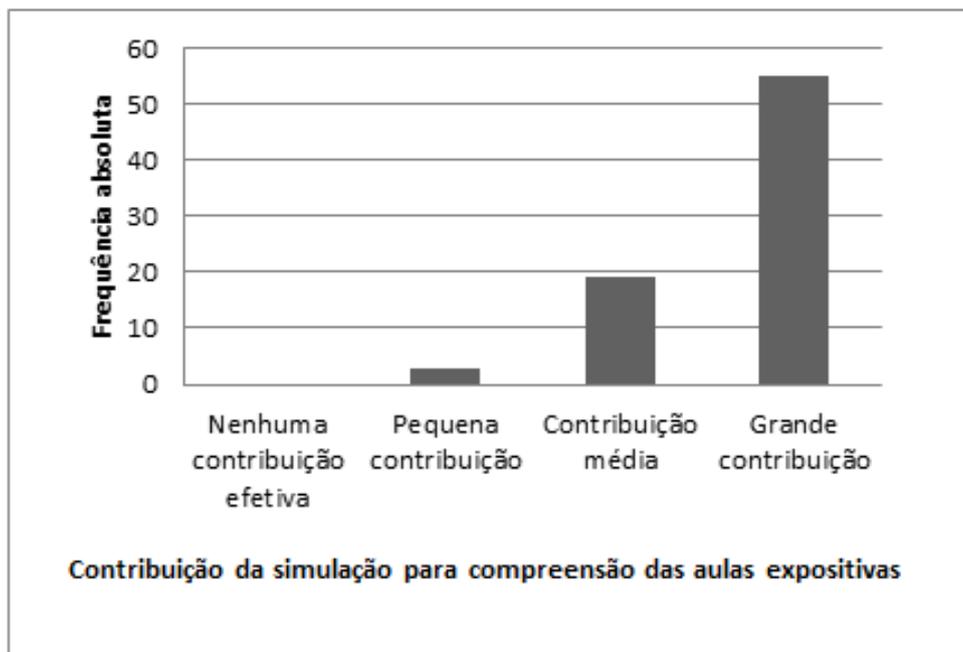


Gráfico 4: Contribuição da simulação para compreensão das aulas expositivas.

Para 84% e 14% o uso da simulação na aula de biologia foi muito bom e bom, respectivamente (Gráfico 5), os resultados obtidos corroboram com Machado (2013), que apontam que 92% dos alunos consideraram bom ou muito bom o uso da simulação no ensino de ciências.

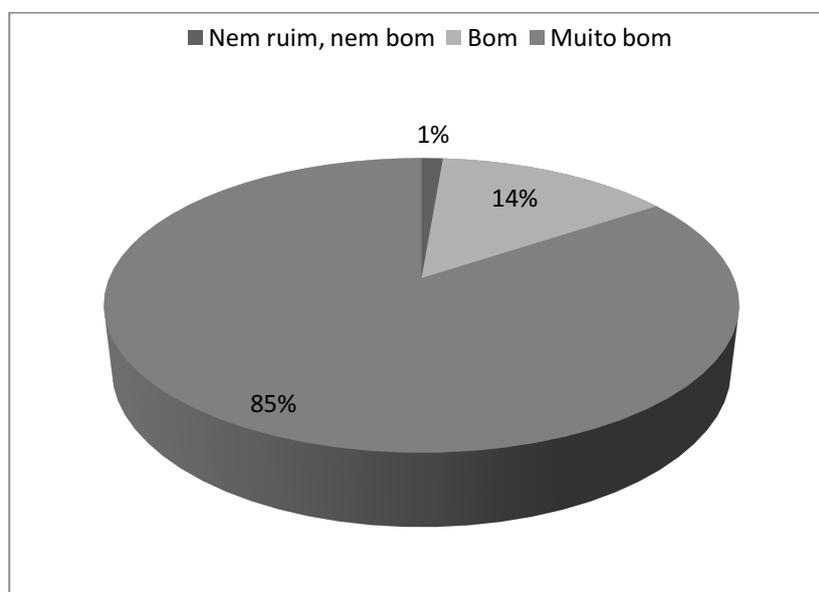


Gráfico 5: Opinião dos alunos sobre o uso da simulação na aula de Biologia.

Para 96% dos alunos o roteiro auxiliou na manipulação da simulação. Segundo Araújo & Veit (2008), é necessário que ao utilizar as simulações os professores definam os conceitos e procedimentos associados ao conteúdo que se deseja ao utilizar as simulações e que os alunos aprendam e propor questões instigantes, que requeiram interação com o recurso computacional para que sejam respondidas. Diante disso, acreditamos que o uso de roteiro para a manipulação das simulações computacionais seja um facilitador para professor e aluno. Isso ocorre porque o professor tem a possibilidade de direcionar e instigar o trabalho a ser realizado, enquanto que para alunos

representa um facilitador, por possibilitar a visualização das etapas do complexo processo da síntese proteica.

A Tabela 1 apresenta as correlações entre o engajamento e as contribuições, demonstrando que existem associações positivas e significativas ($p < 0,05$) entre a variável engajamento e contribuições para outros recursos (livro didático, aula expositiva e realização de exercícios). Esses resultados corroboram com Paula & Talim (2011).

Tabela 1: Correlações entre o engajamento dos estudantes no uso da simulação e as contribuições desse recurso para a aprendizagem mediada por outros recursos educacionais

Contribuições do simulador	Compreensão do livro didático	Compreensão das aulas expositiva	Realização dos exercícios
Correlação de Pearson	0,32	0.37	0.30
Significância (p valor)	0.0048	0.0008	0.0084
Frequência absoluta	77	77	77

Nesse trabalho consideramos como variável independente o engajamento e as variáveis contribuições como dependentes. Assim partimos do pressuposto que quanto mais engajado um aluno é, maior será valor para as contribuições. Mas assim como já apontado por Paula & Talim (2011, p.12):

Não sabemos se os estudantes se engajam de modo significativo no uso da simulação porque percebem a contribuição desse recurso para a aprendizagem mediada pelo uso dos outros recursos, ou se a percepção da contribuição da mediação para os outros processos de aprendizagem por eles vivenciados os leva a se engajar no uso da simulação.

De acordo com Machado & Santos (2004) as hipermídias, como os simuladores, favorecem e auxiliam os estudantes a estabelecerem conexões entre os assuntos estudados, uma vez que possibilita criar facilmente ligações entre conceitos, definições, representações e aplicações relacionadas, ampliadas com a adição de som, movimento e gráficos. Além disso, o conhecimento proporcionado por essas conexões apresenta um maior potencial para o processo de ensino de conceitos abstratos ou mais complexos, que o conhecimento obtido pelas metodologias tradicionais.

7. Considerações finais

O uso das tecnologias no ambiente escolar tem se mostrado promissor, mas o seu uso não garante melhorias na qualidade do ensino, porém o uso dessas nas escolas atenua a exclusão tecnológica de muitos discentes. Quando associado a metodologias de ensino eficientes, tais como o ensino investigativo, em que o aluno passa de um simples receptor e torna-se agente, devendo agir, refletir, discutir, relatar e não simplesmente manipular ou observar, o ganho pode ser promissor.

O uso de ferramentas computacionais nos processos de ensino e aprendizado nas escolas públicas brasileiras ainda é tímido, e a utilização de tecnologias tais como os simuladores proporcionam melhorias na educação. A construção de um roteiro com viés investigativo para o uso de uma simulação computacional representou para nós um desafio, visto que tal procedimento é pouco citado na literatura. O simulador é uma hipermídia que naturalmente apresenta características

investigativas e com um roteiro estruturado essas características foram potencializadas. O roteiro aqui apresentado é uma ferramenta de ensino que poderá ser utilizada por outros docentes, nas aulas de síntese proteica, uma vez que o mesmo se mostrou bastante efetivo.

O roteiro elaborado foi considerado pelos alunos como um facilitador para manipular a simulação, permitindo aos estudantes a visualização e a manipulação de etapas principais do processo de síntese proteica, presente na simulação virtual Expressão Genética - Fundamentos disponível no *PhET* Colorado. Isto demonstra que assim como com os jogos, modelos e atividades práticas, o roteiro proposto potencializa a compreensão do processo em questão.

Outra característica que percebemos na execução desse roteiro é a sua potencial capacidade de propiciar a obtenção e a avaliação de evidências, a visualização das etapas proporcionada pela simulação reduz o nível de abstração necessário para a compreensão do processo da síntese proteica. Em todas as etapas é possível obter e avaliar evidência do processo da síntese proteica.

O ensino de conteúdos abstratos, como a síntese proteica, exige metodologias de ensino diferenciadas, e os simuladores virtuais são ferramentas que quando associadas às metodologias de ensino eficientes podem sanar as dificuldades que o processo de ensino e aprendizado de conteúdos abstratos apresenta. O roteiro aqui apresentado foi elaborado baseando-se nas características de uma atividade investigativa, o que o torna com grandes potencialidades para ser uma ferramenta no ensino da síntese proteica.

Os alunos participantes apresentaram alto engajamento na utilização da simulação, e uma visão positiva para a contribuição da simulação para outras metodologias de ensino. A correlação entre engajamento e contribuição para outras metodologias foi positiva e significativa, mas não podemos afirmar qual é a variável independente. No entanto, ressaltamos que a visão positiva para ambas variáveis demonstra a capacidade que a simulação associada a uma abordagem investigativa apresenta em promover o engajamento dos alunos.

O uso do simulador sobre síntese proteica motivou os alunos e mediou um processo de ensino e aprendizagem mais dinâmico, demonstrando ser uma ótima ferramenta para ser utilizada nas escolas públicas brasileiras, uma vez que a maioria desses estabelecimentos apresenta computadores e acesso à internet. Diante disso sugerimos o uso dos simuladores associado a outras metodologias e com uma abordagem investigativa como uma forma de potencializar o ensino de conteúdos abstratos em Biologia, pois além de proporcionar a interação e a visualização, motiva os alunos, sendo a motivação é essencial nos processos de ensino e aprendizagem.

Percebemos que novas práticas na educação, principalmente o uso de tecnologias computacionais é um campo promissor, diante disso esse trabalho traz novas perspectivas de pesquisas, tais como: a construção de novos roteiros com viés investigativos destinados para manipulação de simulações distribuídas gratuitamente; a investigação da visão dos docentes para o uso das simulações em salas de aulas.

Devemos ressaltar que os trabalhos sobre o uso de simuladores no ensino de Biologia são escassos. Quanto mais ferramentas os docentes tiverem para potencializar o ensino e a aprendizagem em Biologia, melhor será a compreensão dos conceitos e processos biológicos. Assim, o presente trabalho apresenta como uma possível ferramenta no ensino Biologia, os simuladores virtuais, instrumentos amplamente utilizados no ensino de Física.

Referências

AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. *Biologia das Populações*. São Paulo: Moderna. 2009.

- ARAÚJO, I.S.; VEIT, E.A. (2008). Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física. *In: Jornada Nacional pela educação, Santa Maria, n.14, 2008. Anais da 14ª Jornada Nacional de Educação. Santa Maria: UNIFRA, 1-10.*
- BOSSOLAN, N.R.S.; SANTOS, N.F.D.; MORENO, R.D.R.; BELTRAMINI, L.M. O centro de biotecnologia molecular estrutural: aplicação de recursos didáticos desenvolvidos junto ao ensino médio. *Ciência e Cultura, v. 57, n. 4, p. 41-42, 2005.*
- CARDOSO, S.H. Utilizando Simulações no Ensino Médico. *Revista Informática Médica, Campinas, v. 1, n.4, jul-ago. 1998.*
- CARVALHO, J.C.Q. *Avaliação do impacto do jogo " Sintetizando Proteínas" no processo de ensino-aprendizagem de alunos do ensino médio.* Tese de Doutorado. Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- CORAZZA-NUNES, M.J.; PEDRANCINI, V.D.; GALUCH, M.T.B.; MOREIRA, A.L.O.R.; RIBEIRO, A.C. Implicações da mediação docente nos processos de ensino e aprendizagem de biologia no ensino médio. *REEC: Revista electrónica de Enseñanza de Las Ciencias, 5(3), 522-533. 2006.*
- DE CARVALHO, J. C.Q.; DO COUTO, S.G.; BOSSOLAN, N.R.S. Algumas concepções de alunos do Ensino Médio a respeito das proteínas. *Ciência & Educação, 18(4), 897-912. 2012.*
- FIGUEIREDO, O.J.E.M.; WERNECK, V.M.B.; COSTA, R.M.E.M. Simulando a dinâmica populacional de uma colmeia para o ensino de Biologia. *Revista Brasileira de Informática na Educação, 21 (1), 106-120. 2013.*
- FONTES, G.O.; CHAPANI, D.T.; DE SOUZA, A.L.B. Simulação do processo de síntese de proteínas: Limites e possibilidades de uma atividade didática aplicada a alunos de ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências, 8 (1),47-60. 2013.*
- HECKLER, V.; SARAIVA, M.F.; OLIVEIRA FILHO, K.S. *Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica.* *Revista Brasileira de Ensino de Física.* <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060608.pdf>> Acesso em 26 ago., 2014. 2007.
- JANN, P.N.; LEITE, M.F. Jogo do DNA: um instrumento pedagógico para o ensino de ciências e biologia. *Ciências & Cognição, 15 (1), 282-293. 2010.*
- JUSTINA, L.A.D.; FERLA, M.R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. *Arq Mudi.10(2):35-40. 2006.*
- LEMOS, M.F.R.; SOUZA, M.F. Uso software simulador Sim City: Produção de uma cidade virtual, levando em consideração conteúdos de sistema de gestão ambiental e desenvolvimento sustentável. *In: 4º Seminário Nacional ABED de Educação a Distância, Brasília. 4º Seminário Nacional ABED de Educação a Distância, 2006.*
- LIMA, M.A.; VARELO, M.F. F.; NASCIMENTO, A.Q.N. O uso de simuladores virtuais para o ensino de Química. *In. VII Congresso norte nordeste de pesquisa e inovação. Palmas, Tocantins. 2012.* <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/view/2641/230>> Acesso 10 set., 2013.
- LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia Hoje.* São Paulo: Ática. 2008.

- MACHADO, D.I.; SANTOS, P.L.V.A.C. Avaliação da Hiperídia no Processo de Ensino e Aprendizagem da Física: O Caso da Gravitação. *Ciência & Educação*, 10 (1), 75-100. 2004.
- MACHADO, S.V. Novas Práticas na educação: *A percepção dos alunos de 6º ano obre os simuladores virtuais*. Trabalho de Conclusão de Curso (ESPECIALIZAÇÃO). 64p., Divinópolis, 2013.
- MORONI, F.T.; MORONI, R.B.; JUSTINIANO, S.C.; DOS SANTOS, J.M. Pescando nucleotídeos: Um novo jogo educativo para o ensino do processo de síntese proteica para estudantes do ensino médio. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 7 (1), 36-40. 2009.
- MUNFORD, D.; LIMA, M.E.C.C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Revista Ensaio*, 9 (1), 1-23. 2007.
- ORLANDO, T.C.; LIMA, A.R.; SILVA, A.M.; FUZISSAKI, C.N.; RAMOS, C.L.; MACHADO, D.; FERNANDES, F.F.; LORENZI, J. C.C.; LIMA, M. A.; GARDIM, S.; BARBOSA, V.C.; TRÉZ, T.A. Planejamento, montagem e aplicação de modelos didáticos para abordagem de Biologia Celular e Molecular no Ensino Médio por graduandos de Ciências Biológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular*. 2009. <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Biologia/Artigos/modelos_didaticos.pdf> Acesso em 3 de nov., 2014.
- PAIVA, J.M.C.; PAIVA, J. Referências importantes para a inclusão coerente das TIC na educação numa sociedade “sistêmica”. *Educação Formação & Tecnologias*, 3 (2), 5-17. 2010.
- PAULA, H.F.; TALIM, S.L. Percepção dos estudantes sobre o uso coordenado de simulações com outras mediações. *In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências, VII ENPEC I Congresso Iberoamericano de Investigación em Enseñanza de las Ciencias I CIEC*. Campinas, SP. Atas do VIII ENPEC - I CIEC, 2011. <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viii/enpec/resumos/R0807-1.pdf>> Acesso 15 nov., 2013.
- RODRIGUES, C. Vamos estudar juntos? *Nova Escola*, 206, 76-78. 2007.
- SÁ, E.F.; PAULA, H.F.E.; LIMA, M.E.C.C.; AGUIAR, O.G. *As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso especialização em ensino de ciências*. Belo Horizonte, pp.01-13. 2007.
- SÁ, R.G.B.; LOPES, F.M.B.; PEREIRA, A.F.; JÓFILI, Z.M.S.; Carneiro-Leão, A.M.A. *Conceitos abstratos: desafios para o ensino-aprendizagem de Biologia*. 2008. <http://www.pe.senac.br/ascom/congresso/anais/2008/ap_19_09_T/03_conceitosabstratos.pdf>. Acesso 26 ago., 2013.
- SÁ, E.F.; LIMA, M.E.C.C.; AGUIAR, J.R.O. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16 (1), 79-102. 2011.
- SILVA, K.N.; FERREIRA, L.C.; SILVA-FORSBERG, M.C. Simulações computacionais aplicadas ao ensino de biologia. *In. II SENEP- Seminário Nacional de Educação profissional e Tecnológica*. 2010. Disponível em <http://www.senept.cefetmg.br/galerias/Anais_2010/> Acesso em 14 dez., 2014.
- SIQUEIRA, S.S.; BORGES, J.S.; CARVALHO, G., LADEIRA, F.D.; MORAES, K.C. Brincando com as trincas: para entender a síntese proteica. *Genética na Escola*, 5 (1), 34-37. 2010.

SOBRINHO, M.M.S.; BORGES, A.T. Aprendizagem sobre epidemias com simulações educacionais. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 3 (1), 41-61. 2010.

ZARA, R.A. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de Física. *In: II Encontro Nacional de Informática e Educação, Campus Cascavel-PR*, 265-272. 2011.

ZÔMPERO, A.F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de ciências. Aspectos históricos e diferentes abordagens. *Rev. Ensaio*, 13 (03), 67-80. 2011.