



O USO DO STOP MOTION NO ENSINO DE BIOQUÍMICA PARA O NÍVEL MÉDIO

The use of Stop Motion in teaching biochemistry to the middle level

Ana Jackeline de França Santos [jack.bioprof@gmail.com]

Mestra em Ensino de Biologia (PROFBIO)

Escola de Referência Erem Dom Acácio Rodrigues Alves.

Rua Agamenon Magalhães, s/n, bairro Santo Onofre, Palmares – PE.

Emerson Peter Falcão [emerson.sfalcao@ufpe.br]

Kênio Erithon Cavalcante Lima [kenio.lima@ufpe.br]

Professores no Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO)

Centro Acadêmico de Vitória – Universidade Federal de Pernambuco.

R. Alto do Reservatório - Alto José Leal, Vitória de Santo Antão - PE, 55608-680.

Resumo

Este trabalho analisa a produção e a aplicação de vídeos de animação usando a técnica de *Stop Motion* em uma Sequência Didática com o objetivo de operacionalizar os conhecimentos sobre respiração celular aeróbica, o que oportunizou construir conhecimentos científicos na perspectiva da Aprendizagem Significativa. Os estudantes de uma turma de terceiro ano do Ensino Médio realizaram pesquisas e trabalhos em equipe para a criação, com intervenções artesanais, das estruturas representativas das reações bioquímicas sobre o tema, acrescido de socialização do conhecimento construído e identificação de equívocos nas representações com as animações. Essas intervenções mobilizaram reestruturações nas concepções prévias sobre a Bioquímica, reorganização cognitiva com ancoramento de novas informações e subsunçores modificados, implicando mudanças significativas quando se analisam resultados de testes Pré e Pós-construção e socialização das animações. Por tais resultados, compreendemos que o uso do Stop Motion oportunizou os estudantes a reestruturarem suas concepções e conceitos sobre o assunto de forma constante, no percurso que surgiam dúvidas e alcançavam novos entendimentos, culminando na socialização das animações prontas para novas aprendizagens e reorganização de suas representações mentais sobre o tema respiração celular aeróbica.

Palavras-chave: Stop Motion; Ensino de Biologia; Respiração Celular; Ferramentas Didáticas; Bioquímica no Ensino Médio.

Abstract

This article analyzes the production and application of animation videos using the Stop Motion technique in a Didactic Sequence using knowledge about aerobic cell respiration. This technique allows to build scientific knowledge in the perspective of Meaningful Learning. In group, students, with artisanal interventions, in a third-year high school class conducted research to create structures representative of biochemical reactions on the topic, plus socialization of constructed knowledge and identification of misunderstandings in representations with animations. These interventions mobilized restructurings in previous conceptions about Biochemistry, cognitive reorganization with anchoring of new information and modified subunits, implying significant changes when analyzing results of pre-construction and post-construction tests and socialization of animations. For these results, we understand that Stop Motion can help students to restructure their conceptions and ideas about the subject and, during the course, their doubts have become opportunity to get new understandings which may be socialized through ready-made animations for new learning and reorganization of their mental representations on the topic of aerobic cell respiration.

Keywords: Stop Motion; Biology Teaching; Cellular respiration; Teaching Tools; Biochemistry in High School.

INTRODUÇÃO

A organização social e os processos de ensino se colocam, cada vez mais, numa perspectiva tecnológica e digital (MEC, 2018). De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), torna-se pouco provável, nos dias atuais, imaginarmos uma aula para o ensino da Biologia em que o professor utilize apenas diálogos e exposições das teorias. Por certo, compreendendo a maior disponibilidade de recursos e estratégias atualmente incentivadas pela BNCC, é sempre viável que o professor se utilize de recursos didáticos tecnológicos disponíveis para ampliar os meios de comunicação e de novas aprendizagens com seus estudantes (Silva & Correa, 2014). Nesse sentido, podemos imaginar que várias técnicas podem ser aplicadas por profissionais da educação na tentativa de facilitar a construção do conhecimento pelos estudantes, oportunizando novas aprendizagens que reestruturem as representações conceituais existentes, a exemplo das animações em vídeo *Stop Motion*, as quais são nosso foco de estudo.

Mas o que é o *Stop Motion*? A expressão *Stop Motion* significa “movimento parado”. Trata-se de uma técnica em que uma situação, processo e/ ou acontecimento é fotografado em diferentes momentos e posições para dar ideia de movimento às imagens que foram fotografadas. Para isso, as fotografias são colocadas em ordem cronológica ou de acordo com a evolução dos acontecimentos para, com o auxílio de um software de edição de vídeos, serem passadas em sequência por um tempo determinado pelo editor, o que dará a percepção de estar se movimentando. Em outra proposta de definição, ainda referente ao significado da técnica de *Stop Motion*, Nascimento (2016) especifica que:

Ela utiliza um sequencial de fotografias de posições diferentes de um mesmo objeto simulando assim um movimento (pois nada mais é do que uma ilusão de ótica). O fotógrafo deve tirar as fotos sempre na mesma posição e deve sofrer uma leve mudança de lugar, o objeto a ser fotografado, pois é isso que ao final da montagem dá a ideia de movimento (p. 10).

De acordo com Oliveira (2010, p. 51), a primeira vez em que se fez uso da técnica de *Stop Motion* foi em uma situação inusitada na qual, “durante uma filmagem, a câmera de Méliès parou por alguns instantes e voltou a gravar, posteriormente. O artista descobriu que podia utilizar este recurso para produzir vários efeitos e deu o nome de *stop-action* a essa técnica.” Em breve explicação, Barbosa, Santos, Alcoforado e Sartore (2012, p. 25) descreve a técnica como sendo o “... processo artístico manual ou computacional de criar ilusão de movimento contínuo através de imagens que, isoladamente são estáticas, mas quando sequenciadas de forma veloz proporcionam essa sensação de movimento ao observador”, o que faz estruturas inanimadas se moverem como se estivessem vivas. Por essa peculiaridade da técnica, Shaw (2012) intitulou a introdução de seu livro como “*Brincando de Deus*”.

Com o passar do tempo e do aperfeiçoamento da técnica, já é possível dispormos de vários materiais e formas de se trabalhar a produção desses vídeos no campo educacional usando o conhecimento do conteúdo, os detalhes das cenas e a criatividade. Como forma de diferenciação das imagens ou vídeos prontos (como os que utilizamos em sala de aula) da produção derivada da técnica de *Stop Motion*, Santaella (2007) destaca a importância da construção da informação a partir do pensar para produzir, não se limitando ao fato do simples registrar dos fatos, como muitas vezes acontece em vídeos educativos. Em outro entendimento, apresentado por Oliveira (2010), destaca-se que (...)

(...) enquanto na foto e no filme, uma vez registrada, a informação é irreversível, nada pode ser mudado, a informação digital representa exatamente o oposto. Tudo nela é variável e adaptável. Não apenas pode ser controlada e manipulada em sua inteireza, mas também em cada um de seus pontos individuais (p. 51).

Ao criarmos as condições de maior contato tátil e visual através da técnica do *Stop Motion*, referentes aos conhecimentos das estruturas e acontecimentos biológicos, espera-se que o estudante desenvolva maior sinergia (ato de sistemas biológicos serem ativados ao executar uma dada função) acerca de um determinado conteúdo de modo que este permaneça por mais tempo em sua memória.

De acordo com Bossler e Caldeira (2013), em consonância com a importância da utilização de alternativas que possam reproduzir de forma concreta conteúdos com aspectos microscópicos, destaca-se que, quando o estudante tem a oportunidade de construir os recursos que materializam os conceitos abstratos das Ciências da Natureza, ocorre a oportunidade de observarem seus equívocos conceituais e reconstruírem seus modelos mentais com aproximações do que se é esperado como conhecimento científico. Neste processo, há a necessidade de os estudantes aprofundarem com as leituras sobre as teorias que embasam o conteúdo, de organizarem as estruturas para dar animações e de construir o enredo das histórias (sequências), ocorre a possibilidade de maior contato desses com o conhecimento em questão, reestruturando suas representações e definições conceituais com maior aproximação dos modelos estruturados no campo do conhecimento científico.

Ratificando a pertinência da técnica para o processo de aprendizagem, Rodrigues e Lavino (2020) afirmam que o trabalho com animações *Stop Motion* mobiliza o estudante a construir sínteses de conceitos e a representar, pelo uso de analogias e modelos concretos, as estruturas científicas estabelecidas cognitivamente. Ou seja, cria-se um canal para que as representações de um mundo imaginário – muitas vezes construídos teoricamente em aulas expositivas e por imagens planas em quadros brancos – assumam materialidade, com capacidade de serem mais bem visualizados e avaliados por outros, dentre estes, o próprio professor que construiu o canal para as representações e significados aos conceitos científicos assimilados.

Nesse processo, espera-se que as pessoas envolvidas na confecção de animações em *Stop Motion* consigam mostrar, de forma mais espontânea, dúvidas sobre o conteúdo a partir da produção das animações, de tal maneira que esses equívocos se façam mais evidentes com a aplicação da técnica. Em síntese, de acordo com Lima, Santos, Matias e Lima (2015, p. 06), “...recursos alternativos como o *Stop Motion*, análogo ao acontecimento real dos fenômenos biológicos com imagens e mídia tecnológica, do tipo animação, colabora na aproximação do conhecimento científico ao entendimento do estudante”. Para tanto, acredita-se que é significativo que o professor crie e defina estratégias e procedimentos favoráveis para se construir as condições pertinentes às diversas formas de assimilação do conhecimento científico pelos estudantes, como também intermedeie as ações e intervenções desses para que se promovam as condições de aprendizagem pela adesão de novos conhecimentos aos já existentes em suas estruturas cognitivas (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980). Para a compreensão de aprendizagem, construídas nas propostas de intervenção com animações tipo *Stop Motion* para o trabalho com conceitos abstratos, acompanhando relatos e considerações na literatura pertinentes, é coerente o olhar na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa, a qual é definida como (...).

(...) a aquisição dos significados e das mudanças organizacionais não transitórias na estrutura cognitiva, acompanhando este processo na medida em que o aprendiz responde às apresentações iniciais e sucessivas da tarefa a ser aprendida (Ausubel et al., 1980, p.259).

Por essa teoria, estabelece-se, em condições favoráveis construídas para tal propósito, o ancoramento de novas informações às estruturas mentais constituintes de conhecimentos pré-existentes – o cognitivo do indivíduo – por assimilação e acomodação com conseqüente indissociabilidade dessa composição se for coerente à estrutura pré-existente (Ausubel et al., 1980). Em condições favoráveis, estabelecem-se subsunçores modificados. Nesse campo teórico, é possível entender e se esperar que a nova informação expanda o sentido e amplie os conhecimentos aos já existentes, constituindo uma nova estrutura, não dissociada das anteriores. Mas, em situações em que não se estabelecem conexões de forma consistente – não acontecem assimilações entre o novo conhecimento e o já existente por não se encontrar significância “ancoragem” – entre os saberes arrebatados, faz-se coerente se utilizar de estratégias e recursos outros que aproximem ou criem as condições para novas aprendizagens.

Considerando a possibilidade então descrita, de não existir subsunçores que garantam a ancoragem dos novos saberes, Ribeiro, Silva e Koscianski (2012) descrevem a aplicabilidade de estratégias e recursos que se coloquem como organizadores prévios, então considerados como “*mecanismos pedagógicos auxiliares na ligação entre aquilo que o aprendiz já sabe e aquilo que irá adquirir*” (p.171). Em mesma perspectiva, justifica-se a aplicação dos denominados organizadores prévios, como é o caso das animações *Stop Motion*, compreendidos à luz da Aprendizagem Significativa, pelo fato de que “*as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz podem não ter a relevância e o conteúdo suficientes para estabelecerem ligações com as novas ideias introduzidas*

pelo material de instrução” (p.171), o que se faz necessário, por ação do educador, melhor estruturar o percurso de aprendizagem diante do material e/ ou conhecimento a ser assimilado. Em seu trabalho, os mesmos autores consideraram as animações *Stop Motion* confeccionadas para objetivos específicos de intervenção exploradas como recurso intermediário – mediação – para a aquisição de novas aprendizagens, entendendo-os como organizadores prévios. Já em trabalho de Bossler e Caldeira (2013), a técnica de construção da animação pelos participantes se fez instrumento de avaliação, pois consideraram os conflitos e a resignificação conceitual que aplicaram para estruturarem as representações e darem “*materialidade a conceitos e fenômenos existentes para ele apenas como imagens mentais*” (Bossler & Caldeira, 2013, p.478).

Diante do já exposto e considerando a associação das intervenções com nossas experiências docentes, partimos com a compreensão de que as aulas de Bioquímica exigem que os estudantes exercitem diferentes estratégias e a capacidade de apropriação, muitas vezes, para assimilar termos associados às reações químicas e fenômenos biológicos que acontecem durante um dado processo. A apreensão desses conteúdos no Ensino Médio é algo desafiador, pois necessita de grande abstração, por parte dos estudantes, e elevado grau de criatividade e sensibilidade, por parte do docente, para empregar técnicas pedagógicas e ferramentas que possibilitem ao educando o aprendizado significativo adequado.

Ao construirmos nossos entendimentos sobre a técnica do *Stop Motion*, refletindo sobre o desafio de ensinar conteúdos biológicos que são, por sua natureza, abstratos, surgiu-nos a necessidade de pensar em uma ferramenta que pudesse estimular o processo criativo dos estudantes e, ao mesmo tempo, confrontá-los com o desafio de ensinar/ expor o conhecimento apreendido na forma de vídeos para, então, expressarem como o conhecimento científico foi ancorado e modificado no subsunção dos estudantes envolvidos. Some-se a isso a própria característica dos jovens envolvidos pelo mundo da telecomunicação via celular e que possuem potencial de usufruírem de aplicativos que estimulam a criatividade na essência desses.

Apesar de ter surgido como técnica cinematográfica, essa proposta se tornou mais um recurso de ensino na Biologia por ajudar a ilustrar conceitos abstratos e por representar fenômenos de conteúdos didáticos pouco atrativos. De acordo com esse pensamento, Oliveira (2010) menciona que essa técnica facilita a representação de cenas inexistentes na vida real (no nosso caso, cenas abaixo do limite da microscopia óptica). Considerando a temática respiração celular aeróbica, percebe-se que é um tema interdisciplinar, envolvendo Química e Biologia, contendo conceitos de alta complexidade que escapam aos sentidos comuns, exigindo diversos conhecimentos e grande dose de abstração para a adequada apreensão.

Em situações como esta, percebe-se o estudante buscando construir modelos-chave mentais para desvendar detalhes factíveis a uma compreensão do conteúdo estudado; já o professor, seja por imagens do livro, seja por ilustrações feitas por ele mesmo no quadro, buscará favorecer a aproximação do conceito científico a essa representação, supostamente construída pelo estudante. Mas, como saber se o conceito científico e a representação mental do estudante estão compatíveis? É sempre um dilema a ser avaliado. Desse modo, na busca de diferenciar essas novas possibilidades de ensino do “método tradicional”, chamado assim por Nascimento (2016, p. 22) ao caracterizar a atuação do professor com o uso restrito da oratória para emitir seu conhecimento aos estudantes, admite-se que “*impedimos, muitas vezes, que o aluno construa essas representações, dificultando, assim, a aprendizagem*”.

Ao refletir sobre a relevância do *Stop Motion* como prática auxiliar na compreensão de temáticas abstratas, a exemplo da respiração celular aeróbica, Nascimento (2016) e Rodrigues e Lavino (2020) reforçam a importância do uso desses meios para estimular o interesse e dar sentido à teoria a partir da prática, materializando o abstrato e desenvolvendo o conhecimento dentro dos limites e interesses científicos. Para tanto, Nascimento (2016, p. 10) também admite que (...)

A teoria aliada à prática estimula o estudante a aprender o conteúdo e além de dinamizar a aula desperta o interesse deste, dando-o uma nova forma de construir seu conhecimento; permite que o aluno veja, sinta, perceba o que a teoria menciona como está relacionada e como o que está nos livros influencia diretamente na vida.

Trazendo para o contexto deste estudo, como é possível enfatizar para os estudantes envolvidos a relação existente entre a respiração fisiológica que eles conhecem e sentem e o processo mitocondrial de produção de energia fundamental à vida, que necessita de oxigênio como um agente oxidante para o processo químico ocorrer? A representação que o professor faz, dessas estruturas micro e macroscópicas envolvidas nos processos, talvez possa levar a uma compreensão equivocada, como o fato de expor a imagem em *datashow* ou até mesmo no livro. Um exemplo seria a ilustração das proteínas transportadoras de prótons e elétrons, as quais poderiam ser confundidas pelos estudantes ao achar que elas seriam um conjunto único, não existindo, assim, outras sequências em diferentes locais da crista mitocondrial, ou até mesmo o desenho de uma mitocôndria, que poderia simbolizar, para ele, uma célula.

A partir disso, considerando as aulas de Bioquímica para o estudo dos processos não verificáveis a olho nu, construímos questionamentos, pelos quais buscamos entender a seguinte pergunta: de que forma e em que dimensão a produção do *Stop Motion* colabora com a apropriação dos conceitos científicos mais abstratos das estruturas bioquímicas? Em que condições a produção das animações em *Stop Motion* pelos estudantes complementam entendimentos das ilustrações bioquímicas presentes nos livros didáticos?

Por objetivos desta pesquisa, buscamos não só compreender como a produção e compartilhamento de animações tipo *Stop Motion* colaboram com a aprendizagem de conceitos científicos mais abstratos sobre estruturas moleculares exploradas na Bioquímica, como também avaliar de que forma a produção e compartilhamento de animações *Stop Motion*, confeccionadas por estudantes, colaboram com a Aprendizagem Significativa desses em referência a conceitos e imagens bioquímicas contidas nos livros didáticos. Como hipótese para o nosso estudo, afirmamos que o *Stop Motion* é uma ferramenta capaz de melhor aproximar o conhecimento acerca de conceitos abstratos da Bioquímica que necessitem modelar, de forma macroscópica, estruturas microscópicas para se buscar, com isso, uma melhor apropriação e compreensão científica desses conceitos pelos estudantes.

METODOLOGIA

Nosso estudo teve cunho investigativo, construído para fins de entendimentos que resultassem em um propósito de pesquisa qualitativa em diversas de suas intervenções: observações durante a construção e a apresentação de modelos biológicos próprios a animações, levantamento pré e pós-intervenções com questões discursivas, interações entre os participantes para análise sobre o que foi construído, o que estruturou conhecimentos importantes e atributos necessários no desenvolvimento, aplicação e avaliação em torno do nosso principal produto – animações em *Stop Motion*. Firma-se tal aplicação de recurso e estratégia como proposta adaptável e replicável para a Educação Básica por ser de fácil disseminação em diversas outras situações de ensino nos diferentes espaços de aprendizagem dos nossos estudantes.

Para a construção dos resultados, seguimos uma proposta de Sequência Didática (SD) com etapas constituídas de diferentes recursos e estratégias que nos permitiram registrar as consequências das orientações e intervenções, pertinentes às nossas análises, e confirmar a eficácia das estratégias e de suas técnicas então aplicadas para o maior envolvimento dos estudantes ao aprendizado de conteúdos da Bioquímica. Como diretriz para esta pesquisa, realizada antes de ocorrer as restrições sanitárias por conta da Pandemia do COVID-19, afirmamos que as intervenções foram respaldadas no parecer do Comitê de ética da UFPE com o número 3.716.276, de acordo com o CAAE: 21956719.9.0000.9430.

Participaram das intervenções da SD 32 (trinta e dois) estudantes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual da cidade de Palmares – PE por já possuírem conhecimentos prévios sobre Bioquímica, comumente trabalhados no primeiro ano do Ensino Médio. Para o início das intervenções, os estudantes se organizaram em 04 (quatro) equipes para a realização de estudos individualizados e em grupo sobre conceitos e estruturas da Bioquímica, como também participaram de oficinas para apropriação de técnicas básicas para a confecção de *Stop Motion*. Como consequência das intervenções da SD, os estudantes procederam com as pesquisas, os estudos e a confecção das diferentes animações sobre o mesmo tema: respiração celular aeróbica, além de outras intervenções, conforme as etapas/ momentos apresentados na sequência SD. Utilizaram-se de

materiais diversos, escolhidos pelas equipes, para a execução das animações, o que oportunizou a liberdade criativa necessária para materializarem nas animações os conceitos que possuíam.

Nossas intervenções se iniciaram com a pesquisa dos estudantes sobre o conteúdo “respiração celular aeróbica” em livros e textos impressos, disponibilizados pelo professor responsável, com o propósito de reorganizar conceitos referentes ao assunto proposto. Os estudantes, reunidos em suas respectivas equipes, concluíram esta fase com a confecção de textos-sínteses das principais informações que acreditam ser necessárias à confecção futura das animações. Em outro momento, com aula presencial, o professor retornou ao assunto respiração celular aeróbica através das anotações que realizaram, utilizando-se de imagens em cartazes para reorganizarem os conceitos e representações referentes às etapas da glicólise, do ciclo de Krebs e da fosforilação oxidativa.

Após esses dois momentos de intervenção – pesquisas e aula expositiva dialogada –, aplicou-se o primeiro instrumento avaliativo/ investigativo na forma de questionário com perguntas discursivas (Apêndice A) com o propósito de um primeiro diagnóstico sobre os conceitos até então revisados. Com esse procedimento, foi possível propor as primeiras intervenções e reuniões que culminaram nas estruturas e escolhas para as animações *Stop Motion* pelos estudantes. Em outro momento, com materiais diversos (caixas de massa de modelar, cartolinas, papéis-cartão e folhas de emborrachado de cores variadas, canetas hidrográficas, lápis de diversas cores, cola branca tradicional, cola bastão, pistola para cola quente, tripé suporte para celular e tesoura) e espaço físico com mesas, adequado para a organização das equipes, os estudantes iniciaram o processo de confecção das estruturas presentes no processo de respiração celular aeróbica. Como estratégia orientada para a confecção das animações, salientamos que os estudantes tiveram que colocar o celular em um tripé para que a câmera permanecesse fixa durante a captação das imagens, o que minimizou os riscos de perderem a qualidade dos registros. Outras equipes optaram em conectar o fone de ouvido para usar o botão de aumento de volume como dispositivo de captura de imagem, o que evitou tocar na tela e fazer o celular estremecer, garantindo, ainda mais, a qualidade das imagens construídas.

No momento da confecção, cada equipe conjugou as mesas para analisarem as fontes de informação que levaram, dos escritos que fizeram em aulas e de pesquisas em vídeos da internet com o uso dos próprios aparelhos celulares com a intenção de revisitarem os conteúdos para aproximarem ao máximo possível do processo correto. No processo de confecção das estruturas, fizeram uso dos materiais disponíveis para a montagem das várias estruturas constituintes do processo da respiração celular aeróbica, como moléculas e componentes celulares (Fig. 01). Em alguns momentos dessa etapa, surgiam dúvidas e a necessidade de novas pesquisas, mas a professora não intervia com respostas prontas, apenas realizava o registro para resgate e diagnóstico em etapas futuras. À medida que as dúvidas eram minimizadas e as figuras representativas dos diversos processos relacionados à respiração celular aeróbica ficavam prontas, os respectivos grupos prosseguiram com as fotografias em uma sequência ordenada de acontecimentos, como é característica da técnica do *Stop Motion*.



Figura 01 – Montagem das peças. Fonte: Autores, 2019.

Torna-se exemplo o processo de uma das equipes que fez uma introdução em sua animação de um personagem que comia uma fatia de pizza para ilustrar a ingestão da glicose pelo

organismo (Fig. 02). Para isso, foram retiradas algumas fotografias, iniciadas com a foto do personagem e da pizza desenhados, recortados e colocados sobre uma cartolina a uma determinada distância, seguida de outras imagens que aproximavam o alimento da boca do personagem de modo sequenciado. As demais equipes prosseguiram com essa mesma estratégia e foram construindo suas imagens para a posterior animação (Fig. 02).



Figura 02 – Fotografias retiradas das animações prontas. **Fonte:** Autores, 2019.

A montagem das animações pelas equipes aconteceu no laboratório de informática da própria escola, que dispunha, em seus computadores do *Windows*, *Movie Maker*® (programa de edição de vídeos), ativando, em seguida, o comando “Adicionar vídeos e fotos”. Feito isso, iniciaram as edições e posterior ajustes na velocidade do vídeo, inserindo explicações, músicas e textos informativos, procedimentos comuns na construção das animações *Stop Motion*. Os vídeos foram encaminhados ao docente responsável para a pré-avaliação do material construído (Fig. 03), em que se avaliou a coerência das estruturas moleculares, a pertinência conceitual referente ao conteúdo explorado “respiração celular aeróbica” e a sequência dos respectivos processos constituintes da reação bioquímica em questão.

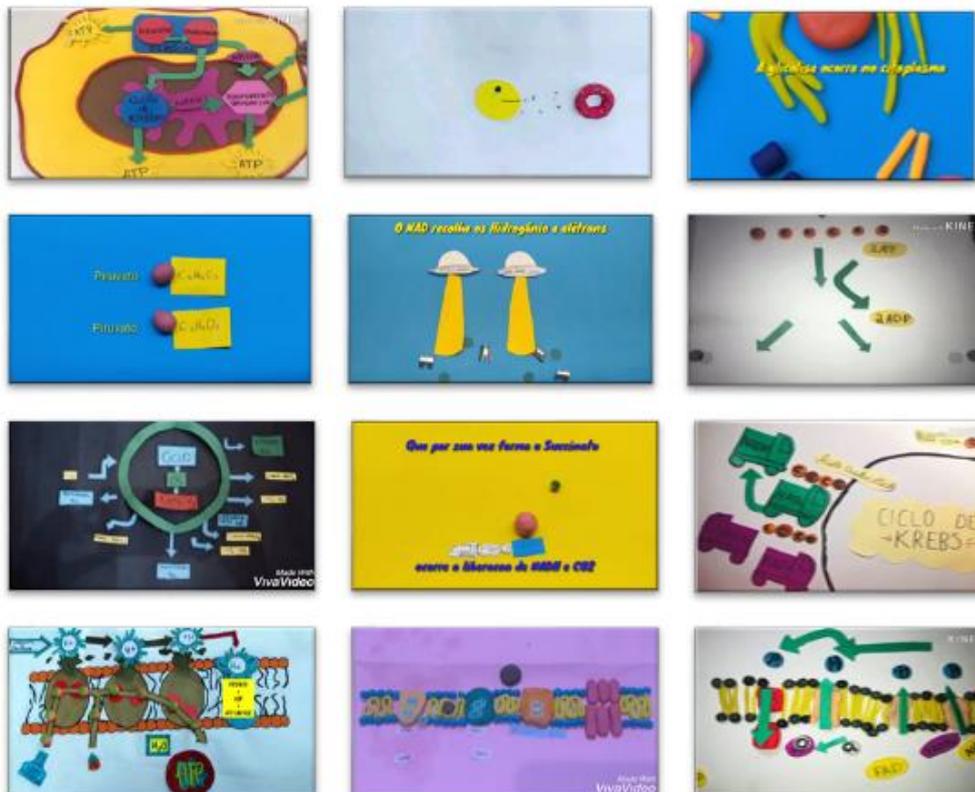


Figura 03 – Fotografias retiradas das animações prontas. **Fonte:** Autores, 2019.

Como meio de validação conceitual e estrutural do que foi construído nas animações, um professor de Biologia do Ensino Superior, conhecedor dos aspectos bioquímicos envolvidos na

proposta, também realizou a análise dos vídeos como forma de diagnóstico de sua pertinência e coerência conceitual então explorada.

Ao concluirmos as diversas etapas, culminadas na confecção e apresentação das animações *Stop Motion* então confeccionadas pelos estudantes, aplicamos um segundo questionário, também com questões discursivas (Apêndice B). O propósito desse instrumento avaliativo foi entendermos como a vivência de pesquisar sobre o conteúdo bioquímico em estudo, a confecção e compartilhamento das animações em *Stop Motion* colaboraram ao melhor conhecimento sobre o conteúdo da respiração celular aeróbica entre os estudantes participantes dessa SD.

O produto do processo nesta pesquisa

A interpretação dos nossos resultados possibilitou a validação de uma Sequência Didática – produto final de um Trabalho de Conclusão de Mestrado – oportunizando que outras pessoas também usufruam das propostas. Ratificando essa nossa percepção, Sarmiento *et al.* (2013, p. 10) já compreendia que (...)

(...) os dados colhidos sobre o uso de tais princípios no contexto em que conduzimos nosso estudo poderão ser transformados em evidências transferíveis para outros contextos, numa generalização teórica e situada, caso outros professores percebam semelhança com suas situações de ensino, em termos de variáveis contextuais compartilhadas.

Nesse processo, a construção do material para as análises empíricas foi registrada a partir de anotações feitas durante todo o percurso das intervenções, em que se verificaram comentários, mesmo que esporádicos, realizados pelos estudantes de forma descontraída, como também as respostas aos questionamentos e comentários provocados pelo professor. Também utilizamos de registros feitos pelo professor, o que evidencia mudanças conceituais e exercícios/ execução de argumentações dentro dos grupos para a confecção das estruturas com respeito aos conceitos científicos então construídos nas intervenções anteriores. Também aconteceram avaliações nas próprias animações já concluídas, em que se constatou a pertinência científica das estruturas abstratas então materializadas, o que permitiu inferir apropriação de conhecimentos dentro do desejado para o ensino de Bioquímica na Educação Básica.

Assim, levamos em conta a propriedade no uso de palavras, de conceitos e o conhecimento de estruturas e etapas que acontecem na respiração celular aeróbica, o que nos levou aos indicativos de confirmação de aprendizagem do conteúdo construídos por nossas interpretações. As questões discursivas foram, então, fragmentadas e categorizadas a *posteriori*, baseadas na Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), as quais foram organizadas em quadros e figuras para melhor apresentarmos as evidências de apropriação de conhecimentos científicos pelos estudantes participantes das etapas da SD. Os questionários aplicados no período de pré e pós-intervenções (Apêndices A e B) foram confeccionados com questões diferentes, ainda que abordassem as mesmas temáticas relacionadas à respiração celular. Colocamos como observação referente aos questionários o não interesse em comparações entre as respostas do antes e do depois das intervenções por compreendermos melhor como a vivência das etapas de construção e apresentação das animações em *Stop Motion* efetivamente colaboraram com a construção de entendimentos dentro do campo científico sobre a bioquímica envolvida no processo de respiração celular aeróbica, desejado para a Educação Básica, como destacado por pesquisas na áreas sobre a proposta de animações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciamos nossas análises reconhecendo as potencialidades da técnica *Stop Motion* para a formação dos estudantes ao materializarmos conceitos e modelos explorados no ensino de Biologia com o conteúdo de bioquímica. O propósito dessa temática surgiu de experiências anteriores ao trabalharmos o conteúdo de bioenergética, em que os estudantes aceitaram o desafio de produzirem vídeos explicando o processo da fotossíntese. As equipes, então, construíram filmes com os colegas relatando o processo, fizeram um jornal, construíram paródias e também uma animação em formato *Stop Motion*. Essa produção teve repercussão pelo fato de quererem assistir a elas mais de uma vez e por ficarem curiosos em relação à sua produção. Por percebermos que essa proposta tomou a

atenção dos estudantes, resolvemos repetir a experiência, agora com toda a turma vivenciando uma Sequência Didática (SD) que explorou o conteúdo de Respiração Celular Aeróbica através da produção de animações em *Stop Motion*.

Dados apreendidos da análise da aula e de fontes

A aplicação da SD teve início com a apropriação de informações sobre a temática através de fontes diversas (leitura do tema no livro didático e em folhas impressas de site). As pesquisas e leituras dos materiais pesquisados oportunizaram um claro exercício do protagonismo na elaboração de textos sínteses/ resumos e conseqüente assimilação do conteúdo explorado, com o evidente propósito de “*modificar as atitudes e habilidades do estudante de forma que este fosse capaz de buscar, por si só, o conhecimento em sua fonte*” (Vieira *et al.*, 2001, p. 02). Como apropriação de novos saberes, registramos a assimilação de termos científicos, amplo diálogo sobre tópicos que classificamos como interessantes e/ ou curiosidades. Dentre essas, registramos o porquê de algumas fontes se referirem à cadeia transportadora de elétrons como fosforilação oxidativa e outras como cadeia respiratória.

Detalhamento e análise do primeiro questionário

Ao aplicarmos o primeiro questionário (Apêndice A), constituído de 14 (quatorze) perguntas para respostas discursivas, buscamos identificar quais conhecimentos os estudantes já possuíam sobre Bioquímica, já que eram estudantes do terceiro ano do Ensino Médio e realizaram pesquisas e participaram de revisões em sala de aula. Para melhor mensurarmos a situação de conhecimento, trabalhamos com uma escala, a qual atribuía 0,71 (zero, setenta e um) ponto para respostas corretas e completas, 0,5 (zero, cinco) ponto se a resposta estivesse incompleta e 0,0 (zero) ponto se estivesse errada, o que possibilitaria um possível somatório total de 10,0 (dez) se todas as 14 (quatorze) perguntas estivessem corretas e completas.

As perguntas exploraram todas as etapas do processo referente à respiração celular aeróbica, coerente com o que se é exigido para o Ensino Médio, com conhecimentos gerais e específicos. Sobre glicólise, questionamos o produto resultante dessa etapa, o saldo final de ATP e o porquê, como também por qual motivo, essa fase glicolítica é chamada, pela maioria dos livros didáticos, de anaeróbica, e a função do NAD⁺. Do ciclo de Krebs, buscamos registrar o que o estudante sabia sobre a função da coenzima A, quais os outros nomes que o ciclo de Krebs recebe e o porquê dos nomes, a diferença entre GTP e ATP e se ele era capaz de relacionar o ciclo de Krebs com a produção do gás carbônico que expiramos. Por fim, identificar onde ocorre a fosforilação oxidativa, a função dos prótons e elétrons nesta etapa do processo, o conhecimento sobre as proteínas participantes e, em última análise, uma breve síntese da produção de ATP pela cadeia transportadora de elétrons. Nessa primeira análise diagnóstica, percebemos significativa quantidade de estudantes que erraram ou não responderam as questões ou que tiveram baixa quantidade de acertos (Figura 04), mesmo após participarem das pesquisas e da revisão dos conceitos relativos.

Constatamos que o quantitativo de acertos decaía nas questões que demandavam conhecimentos e informações mais complexas sobre os conteúdos explorados, como também exigiam maior abstração. Esses dados revelaram a existência de lacunas conceituais e de apropriação das estruturas abstratas dos conteúdos mais complexos que unem a Química e a Biologia em uma mesma perspectiva. Trata-se de conhecimentos sobre as várias estruturas moleculares, imperceptíveis a olho nu, o que concorda com Beckhauser, Almeida e Zeni (2006, p. B1) quando afirma que “*a Bioquímica exige do aluno uma capacidade de abstração além de conhecimentos prévios de outras ciências para um bom desenvolvimento da disciplina*”. Corroborando também com nossas percepções e resultados, temos que (...)

Fenômenos que regem os processos biológicos são ensinados sem vínculos com a realidade dos alunos. Desta forma, o conteúdo referente à Biologia é visto pelos estudantes como abstrato, fictício, sem envolvimento com o seu cotidiano e pouca aplicabilidade (Pinheiro & Pompilho, 2011, p. A2).

Ao compreendermos que “*um modelo desprovido de reflexões, sem um olhar crítico sobre a ciência, é um saber científico adquirido de forma equivocada, sem produzir ganhos para a sociedade*” (Canga, Gonçalves & Buza, 2010, p. 29), confirmamos que os estudantes participantes ainda

confundiam ou não abstraíam os modelos que representavam as estruturas e as reações com condições de assimilar conhecimentos referentes a aspectos da Bioquímica.

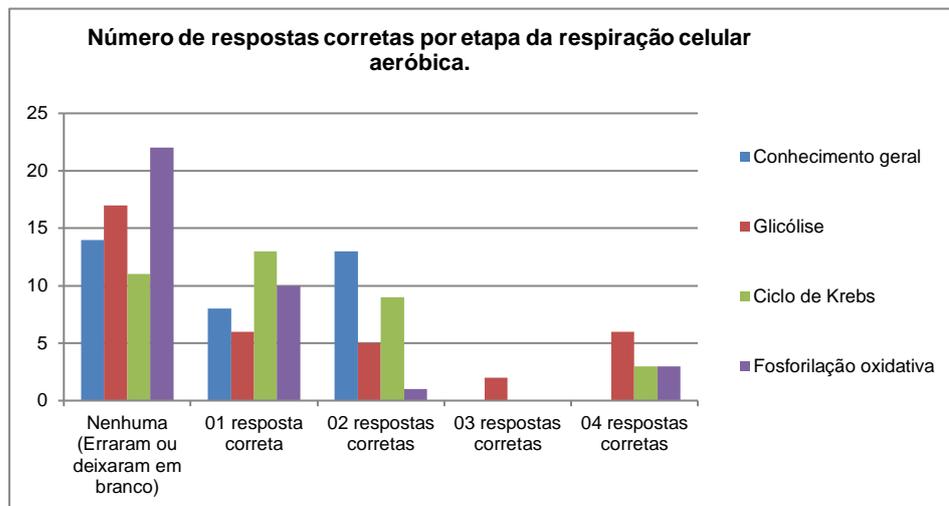


Figura 04 - Resultado do Questionário 1. **Fonte:** Autores, 2019.

Em relato, representativo como êxito para o ensino molecular da Biologia, Alves *et al.* (2016, p. 107) admitem “o uso de modelos tridimensionais, ilustrações e jogos como responsáveis pela melhora na capacidade de adquirir e guardar informações em comparação com métodos de ensino tradicionais”, pois, como lembrado por Scatigno e Torres (2016, p. 31), “... boa parte das dificuldades de aprendizado derivam da falta de integração dos níveis representacionais dos fenômenos químicos e bioquímicos: macroscópico, microscópico ou submicroscópico e simbólico, necessária para o aprendizado significativo”. Mas, como oportunizar as condições para apropriar os estudantes dos conhecimentos dentro do campo micro e da abstração? Dentre as possibilidades, destaca-se que ...

a elaboração de uma sequência de aulas a partir de um contexto significativo e variedade de recursos/ atividades didáticos para os estudantes pode se configurar como excelente alternativa a aprendizagem de conteúdos de difícil compreensão, principalmente conteúdos que discutem conceitos abstratos e representativos da matéria (Silva & Santos, 2017, p. 4098).

Assim, concordamos que o ensino de Bioquímica exige mais que o livro e as imagens criadas pelo professor nesse contexto para oportunizar que os estudantes façam a própria representação dos modelos e conceitos, compatíveis e aceitos dentro do campo do conhecimento científico. Por certo, concordamos com Jófili, Sá e Carneiro-Leão (2010, p 436), ao afirmar que “... a aprendizagem é um processo de construção interna e não ocorre, exclusivamente, através da transmissão de conhecimentos feita pelo professor”.

Processos e percursos: confecção, aplicação e análise crítica das animações *Stop Motion*

Ao pensarmos na perspectiva de que as tecnologias da informação e comunicação (TIC) já é um bem global, com o uso amplamente estimulado nas escolas e nos diversos processos de aprendizagem, o *Stop Motion* já não é mais estranho como recurso e estratégia promotores de aprendizagem. Seguindo essa perspectiva, concordamos que as TICs oportunizam diferentes perspectivas de ensino e aprendizagem, em que o maior acesso à internet “*disponibiliza para a vida das pessoas autonomia para criar, desenvolver e aperfeiçoar mecanismos que contribuem para a construção de variados conhecimentos*” (Lima *et al.*, 2015, p. 03), em que o *Stop Motion* pode traduzir a linguagem usada nos livros que, pela sua complexidade, não faria sentido para os estudantes, recaindo no dilema de se tornarem símbolos a serem memorizados.

Com a produção de vídeos de animação, é possível ampliarmos o ensino com analogias que buscam assemelhar as figuras confeccionadas com aquelas presentes nos processos

microscópicos, cientificamente descritos, confirmando que uma animação “*constitui ferramenta singular no que diz respeito a termos acesso ao arranjo que os alunos fazem do conhecimento que lhes é apresentado, para além daquilo que é possível conferir com as avaliações alicerçadas exclusivamente no universo das palavras*” (Bossler & Caldeira, 2013, p. 478). Nessa lógica, a produção de animações por estudantes nos possibilita constatar o que possuem de síntese e de representações cognitivas sobre os conceitos explorados (Rodrigues & Lavino, 2020). Tal situação assume significado no próprio processo avaliativo, já que as animações expressarão as representações e assimilações de modelos que os estudantes possuem das estruturas.

Seguindo essa lógica, ao analisarmos a produção dos estudantes participantes da SD, registramos questionamentos que embasaram o processo de construção das animações em *Stop Motion*, no fluxo com que iam confeccionando e dando movimento ao material que representava as diferentes reações bioquímicas da respiração aeróbica. Ocorreram comentários como “Professora, qual termo devemos usar, cadeia respiratória ou fosforilação oxidativa?”, “O que significa aceptor final de elétrons?”, “O GTP conta no saldo junto com o ATP?”, “Por que somente o ciclo de Krebs e cadeia respiratória acontecem dentro da mitocôndria?”, “Temos que colocar a quantidade exata de ATPs?”, a esses comentários, entretanto, a professora não forneceu respostas, o que os levou à necessidade de retornar às suas anotações e efetuarem novas investigações, o que colaborou com mudanças de decisões e de estratégias para a montagem das estruturas e da sequência dos registros para a animação.

Nessa passagem, observando os registros do professor, avaliou-se que as intervenções anteriores e as novas pesquisas realizadas pelos estudantes com os termos e conceitos científicos durante a confecção das animações colaboraram na assimilação e acomodação, relevantes aos novos rearranjos, para o ancoramento dessas informações e consequente estabelecimento de subsunçores reestruturados (Ausubel et al., 1980). Contudo os novos subsunçores não se faziam ainda suficientemente estruturados de forma a lhes dar significativa representatividade conceitual através da modelagem das estruturas bioquímicas referentes às reações e estruturas moleculares pertencentes ao processo da respiração celular aeróbica. Seriam necessárias ainda intervenções que aproximassem os estudantes, ainda mais, na composição bioquímica em questão, cientes de que tudo se tratava de representações moleculares constituintes de conceitos abstratos e complexos. Mesmo assim, por esse primeiro recorte e descrição da fase inicial da produção das animações, confirma-se que o ensino com a proposta do *Stop Motion*, animações efetivadas na SD, assumiu diferenciação no processo de aprendizagem, pois os estudantes ficaram mais próximos dos conceitos estruturantes do conteúdo, revisitando-o através das fontes e criando suas próprias imagens para tentar alcançar o máximo de consistência e fidedignidade na informação produzida com o vídeo (Lima et al., 2015; Rodrigues & Lavino, 2020).

Já com as animações prontas, o processo nos permitiu aferir mudanças na aprendizagem (Fig. 05) ao nos apropriarmos das decisões que o coletivo das equipes efetuou e das etapas que seguiram para gerar um produto na forma de animações. Para melhor descrevermos e avaliarmos o processo, analisamos a síntese das etapas, representadas em categorias (Quadro 01), em que destacamos os aspectos desejáveis que foram alcançados com a aplicação do *Stop Motion*. Utilizamos como classificação os seguintes adjetivos: “Bom” para quando a equipe estivesse de acordo com o aspecto desejável; “Regular” quando muito resumido e “Não satisfatório” para a equipe que não tivesse desenvolvido o aspecto desejável.

Ao assistir às animações criadas pelos estudantes, foi solicitado que as equipes pudessem opinar, dando sugestões e principalmente fazendo correções sobre o que não estivesse de acordo com as etapas da respiração celular aeróbica. No percurso em que os vídeos eram reproduzidos, foi pedido que fizessem anotações para que, ao final, ocorresse a socialização. Nessa etapa, a observação de erros e equívocos presentes nas animações serviram para detectar as dúvidas que os estudantes possuíam acerca do conteúdo e que não foram superadas nas intervenções durante a confecção das animações – novas pesquisas e interações entre os estudantes – de modo que estas pudessem ser posteriormente esclarecidas pela professora. A maioria desses detalhes/ informações não constava nas fontes que os estudantes haviam trazido para as novas consultas. Mesmo assim, é possível afirmarmos que o conhecimento básico e necessário sobre respiração celular aeróbica, a nível médio, foi alcançado (MEC, 2018). Tal fato vem confirmar compreensão de Bossler e Caldeira (2013, p. 477) quando afirmam que “os aprendizes, no momento em que buscam dar materialidade ao conhecimento organizado abstratamente, revelam aquilo que conhecem e também o que desconhecem sobre o assunto, ao deixar de representar estruturas ou etapas”, o que amplia a

importância do professor, em momento oportuno, atuando como facilitador, intervir com outros recursos para correções ou ajustes conceituais quando necessários.



Figura 05- Animação pronta. Fonte: Autores, 2019.

Quadro 01 - Aspectos alcançados com a aplicação do *Stop Motion*. A equipe está representada pela letra inicial do nome do representante de cada uma delas. (Quadro construído pela autora, 2019)

Aspectos desejáveis com a produção de <i>Stop Motion</i> .	Equipe F	Equipe N	Equipe C	Equipe H	Equipe R
Local onde ocorre cada etapa.	Bom	Não Satisfatório	Bom	Bom	Bom
Conhecimento básico das estruturas participantes.	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Detalhamento de cada etapa.	Bom	Regular	Bom	Bom	Bom
Criação própria de acordo com o entendimento.	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Organização para que a animação fosse compreendida.	Bom	Regular	Bom	Bom	Bom
Ordem correta das etapas.	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom
Compreensão básica de cada etapa.	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom

Fonte: Autores, 2019.

Como diagnóstico das intervenções executadas na Sequência Didática, destacamos que os diversos equívocos identificados nas construções dos estudantes foram posteriormente socializados e corrigidos (Quadro 02), o que oportunizou a reestruturação cognitiva por novas ancoragens sobre as já realizadas em etapas anteriores, oportunizando novos rearranjos nos subsunçores dos estudantes (Ausubel et al., 1980). A apresentação dos equívocos ao coletivo serviu de propulsor para que revelássemos dúvidas acerca do conteúdo, em que as inferências feitas pela professora desencadeavam as discussões e posteriores reflexões baseada em problematizações. Nesse sentido, os vídeos compartilhados entre as equipes já expressavam o que já tinham construído conceitualmente e cognitivamente como representação esquemática até o momento; como também, oportunizaram perceber o que ainda não construíram sobre as estruturas e o fluxo das reações bioquímicas envolvidas, o que criou espaço oportuno para a professora realizar suas considerações e reorganizações diante do que continha nas animações. De mesma forma, é necessário ponderarmos que as animações compartilhadas e as falas argumentadas entre os estudantes atuaram como reorganizadores, pois, ao observar e analisar o diferencial entre as exposições das equipes – do que uma equipe errou e a outra acertou na representação estrutural e conceitual – melhor auxiliaram as equipes com equívocos de se aproximarem das representações visuais nas animações que se desejava como representação científica, mediando o que se sabia com o que ainda se precisava conhecer (Ribeiro et al., 2012), agindo como processo colaborativo a novas assimilações coerentes à teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel et al., 1980).

Quadro 02 - Análise dos vídeos de *Stop Motion*

Nome representativo das equipes	Equívocos sobre o conteúdo observados no vídeo.
Equipe F	-A enzima desidrogenase piruvato “dissolve” o piruvato; -A cadeia transportadora de elétrons para; -Os H ⁺ saltam junto com os elétrons pelas proteínas.
Equipe N	-O CO ₂ entra no processo para buscar o Carbono.
Equipe C	-Sem equívocos.
Equipe H	-O acetilCoa se forma no citosol; -O Nad ⁺ é que retira o carbono e reage formando CO ₂ .
Equipe R	-Os prótons H ⁺ saltam pelas proteínas, ao invés dos elétrons.

Fonte: A autora, 2019.

Como registro, identificamos que muitos questionamentos e comentários só surgiram após a aplicação da técnica de *Stop Motion*, o que evidencia que “os vídeos educacionais são ferramentas de grande importância para o aluno do tipo visual, mas, que pode atrair o aluno verbal” (Coelho et al., 2017, p. 215). De modo intrínseco, os estudantes, a partir do contato com o real do conteúdo, produzidos por eles, fizeram emergir o que Jófili et al. (2010) chama, em todo o seu texto, de “lacunas conceituais”, de modo que sem essa estratégia talvez se tornasse impossível conhecer os equívocos conceituais dos estudantes.

Detalhamento e análise do segundo questionário

O questionário 2 foi aplicado após a execução da prática e socialização das animações de *Stop Motion* com o objetivo de avaliar o desenvolvimento do conhecimento científico sobre a respiração celular aeróbica, desenvolvida pelos estudantes, em relação ao diagnosticado no primeiro momento de nossas intervenções. Como foi observado no primeiro questionário, a maior dificuldade dos estudantes estava relacionada às duas últimas etapas do processo, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa. Devido a isso, o Questionário 2 (Apêndice B), com construção posterior ao diagnóstico e análise do primeiro questionário, foi elaborado aumentando-se o número de perguntas acerca destes tópicos, visando à análise do desenvolvimento cognitivo acerca de todas as etapas do processo.

Durante a aplicação do segundo questionário, ao contrário do primeiro, foi visto que todos os estudantes se mantiveram mais concentrados, possivelmente por possuírem novos conhecimentos coerentes em relação aos que já tinham sido questionados, o que oportunizou a construção de respostas mais satisfatórias e demonstrou grau maior de apropriação do conhecimento científico, relativo à temática. Sobre o processo de glicólise, 31 (trinta e um) estudantes conseguiram acertar as duas questões enquanto 5 (cinco) acertaram apenas uma das duas e nenhum errou ou deixou em branco, em comparação aos resultados do Questionário 1. No caso do ciclo de Krebs, 7 (sete) estudantes acertaram quatro das seis questões, 21 (vinte e um) acertaram cinco e 8 (oito) acertaram as seis. Em relação à fosforilação oxidativa, apenas 1 (um) estudante deixou de responder às seis questões, entregando em branco, enquanto 5 (cinco) estudantes acertaram duas questões das seis existentes, 14 (quatorze) acertaram três, 7 (sete) acertaram quatro, 8 (oito) acertaram cinco e 1 (um) estudante acertou as seis (Figura 06).

Observando o resultado das respostas para o Questionário 2, com destaque sobre a fosforilação oxidativa, houve um desenvolvimento bom em comparação ao resultado construído antes da produção das animações com o *Stop Motion*, o que enfatiza que os estudantes não conseguiam assimilar, de forma satisfatória, o conteúdo dessa etapa apenas com leituras próprias, consultas ao livro didático e explanação feita pela professora. Foi perceptível a diferença de comportamento, interesse e segurança nas respostas em relação à fase anterior dos trabalhos feitos com animação. Esses resultados só confirmam “a necessidade de buscar alternativas metodológicas que estimulem a problematização e a contextualização para o ensino de conceitos básicos e que contribuam para a construção do conhecimento” (Alves et al., 2016, p. 101), principalmente quando se referem a processos complexos de conceitos abstratos, pois o processo conjunto das intervenções de

pesquisas, produção, apresentação e socialização das animações entre as equipes proporcionou maior envolvimento e consequente apropriação de conhecimentos científicos pelos estudantes participantes da SD. Como forma de validação de nossos resultados, consequência das intervenções para a confecção das animações, concordamos que “os educadores devem buscar métodos diferenciados e alternativos para o ensino (...), facilitadores do processo de ensino-aprendizagem, permitindo a participação mais ativa dos estudantes” (Glaser, Pierre & Fioreze, 2017, p. 51), em que o processo é diagnosticado, mostrando o percurso evolutivo alcançado por eles.

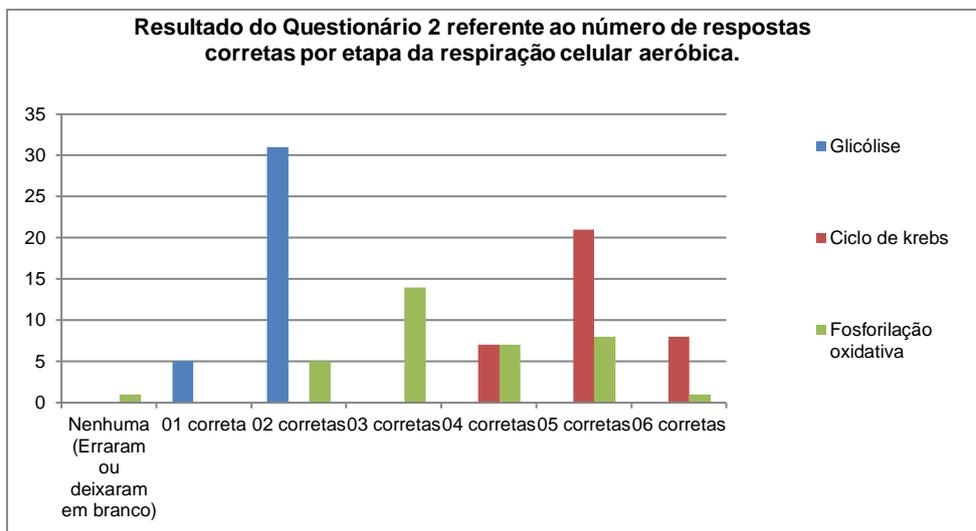


Figura 06 - Resultado do Questionário 2. **Fonte:** Autores, 2019.

Em uma proposta de avaliação e comparação entre os dois instrumentos diagnósticos, constata-se nitidamente o quanto é evidenciada a apropriação de conhecimentos relativos à respiração celular aeróbica pelos estudantes, auxiliados pelo processo decorrido com a produção das animações em *Stop Motion*. A Figura 07 reflete essa nossa percepção de o quanto construir o percurso para a elaboração das animações, explorado com a SD, oportunizou aos estudantes revisitar conhecimentos sobre a Bioquímica em fontes diversas, não restritas à fala do professor, além do trabalho em equipe, no exercício da argumentação e das trocas de informações (res)significantes e reestruturantes para os conhecimentos que possuíam.

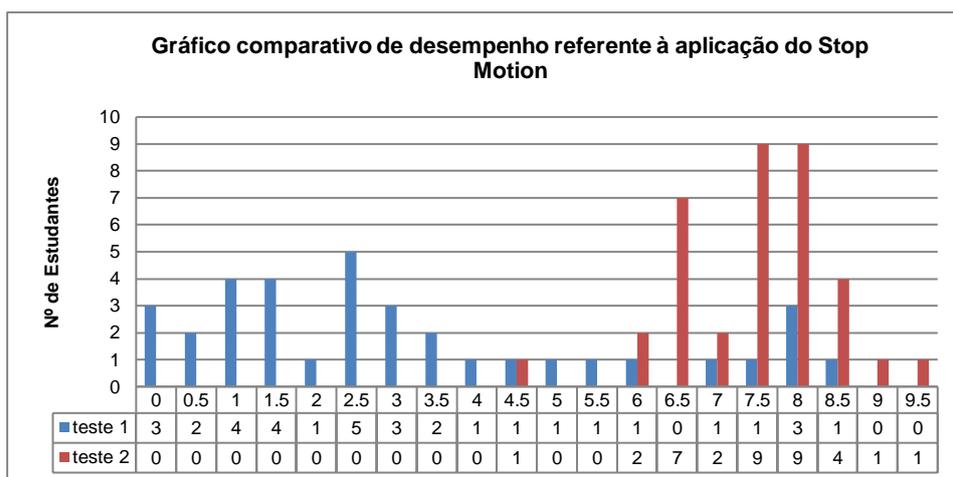


Figura 07 - Resultado total dos Questionários 1 e 2. **Fonte:** Autores, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa inferiu, a partir de questionamentos e exposições de animações, o quanto a técnica de produção e socialização do *Stop Motion* sobre conceitos abstratos e complexos seria uma opção viável para melhorar a compreensão e reconstrução dos modelos mentais sobre as moléculas participantes das reações e processos relacionados ao conteúdo de Bioquímica da respiração celular aeróbica. A realização dessas intervenções como SD com estudantes do Ensino Médio nos permite constatar não só o quanto a interação de pesquisas investigativas, as socializações e a expressão do entendimento construído cognitivamente através das animações permitem ao professor avaliar o antes e o depois, como também compreender o processo de reorganização dos subsunçores dos estudantes pelo ancoramento das novas informações que se acomodam e reorganizam os esquemas mentais dos estudantes, estabelecendo aprendizagens significativas válidas para novas apropriações conceituais. Isso porque conteúdos de Bioquímica exigem, do estudante, múltiplos saberes de forma unificada, ou seja, que todos eles sejam complementares para que possam ser compreendidos, constituindo, assim, o questionamento desta pesquisa. A resposta para a indagação deste estudo é que sejam utilizadas ferramentas que simulem imagens que sejam mais próximas do real e tornem o conteúdo compreensível, de forma que os estudantes criem uma conexão com tais assuntos, estabelecendo conhecimentos coerentes e pertinentes à sua vida e contexto.

A produção de animações a partir da técnica de *Stop Motion* promoveu a materialização de estruturas e reações do processo de respiração celular aeróbica e ampliou a capacidade de abstração requerida pelo conteúdo para que ele mesmo fosse compreendido. A ferramenta é eficaz no processo de ensino-aprendizagem ao trazer uma dinâmica prática para um conteúdo que exige abstração dos estudantes e constante remodelação em suas representações e esquemas mentais. A produção dos vídeos despertou não só o interesse e a participação de todos, mas também desenvolveu a capacidade cognitiva autônoma acerca de vários saberes envolvidos nas reações bioquímicas, o que oportunizou diversas acomodações das novas informações, proporcionadas por facilitadores prévios, esquemas visuais diversos, socializações e retomadas aos modelos que construíram, dando-se conta do que já alcançaram e do que ainda precisaria reestruturar para se aproximarem do que se é pertinente ao conhecimento científico no conjunto de conceitos referentes à Respiração Celular Aeróbica.

Por certo, os equívocos registrados e os comentários feitos durante a socialização das animações serviram para detectar os trechos do conteúdo em que os estudantes tinham mais dúvidas. A socialização e as explicações para esses equívocos complementaram o conhecimento adquirido durante a produção, formalizando a compreensão total do processo. Além da construção do conhecimento pelos estudantes, a produção das animações em *Stop Motion* incentivou o protagonismo, a ludicidade e a troca de ideias dentro de cada equipe. A criação própria também foi verificada durante a construção dos textos e das imagens constituintes de cada etapa da respiração.

Os estudantes atingiram níveis desejáveis de compreensão sobre o processo de respiração celular aeróbica após a aplicação da técnica de *Stop Motion*, confirmando nossa hipótese no que concerne ao efeito positivo para a Aprendizagem Significativa da produção dessas animações, que, embora tenha formalizado conhecimentos básicos de um conteúdo reconhecidamente complexo e abstrato, foi suficiente para o ensino de nível médio.

Agradecimentos

Ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO) por sua seriedade e oportunidade aos docentes em aperfeiçoar e inovar processos de ensino para a aprendizagem dos estudantes na Educação Básica. Aos docentes, técnicos e estudantes da EREM Dom Acácio Rodrigues Alves, em especial aos estudantes do 3º Ano A, pela disponibilidade e contribuição considerável nas intervenções. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos (código de financiamento 001).

REFERÊNCIAS

- Alves, T. A., Falcão, L. S., Souza, A. T., Amaral, T. S., Lima, S. P., & Carvalho T. B. (2016). Físio card game: um jogo didático para o ensino da fisiologia na educação básica. *Journal of biochemistry education: Revista de Ensino de Bioquímica*, 14(1), 99-120. <https://doi.org/10.16923/reb.v14i1.614>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. (Trad. Eva Nick et al., da 2a ed. Educational psychology: a cognitive view). Rio de Janeiro, RJ: Interamericana.
- Barbosa, M. C., Santos, P. H., Alcoforado, M. G., & Sartore, A. R. (2012). Educando com design de animação: uma metodologia de ensino e aprendizagem. *Revista brasileira de Design da Informação/ Brazilian journal of information design*, São Paulo, 9(1), 21-32. <https://doi.org/10.51358/id.v9i1.112>.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo, SP: Edições 70.
- Beckhauser, P. F., Almeida, E. M., & Zeni, A. L. B. (2006) O universo discente e o ensino de bioquímica. *Journal of biochemistry education: Revista de Ensino de Bioquímica*, São Paulo, (2) B1-B7. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v4i2.24>.
- Bosler, A. P., & Caldeira, P. Z. (2013). Evidências das aprendizagens em ciências e biologia em atividades de produção de animação com massa de modelar usando a técnica Stop Motion. In.: *Atas do IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias*. (p.474). Girona, Espanha. Recuperada de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/296144>.
- Canga, J. L., Gonçalves, T. V. O., & Buza, R. G. C. (2010) Ciência e ensino de ciências: ideias e práticas de professores de ciências no ensino médio em cabinda/angola. *Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Amazônia, 6(12) 23-31. <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v7i0.1693>.
- Glaser, V., Pierre, P. M. O., & Fioreze, A. C. C. L. (2017) Estratégias didático-pedagógicas como alternativas para o ensino de Biologia Celular: curso aos professores de escolas públicas de Ensino Médio de Curitiba-SC. *Journal of Biochemistry Education: Revista de Ensino de Bioquímica*, São Paulo, 15(2) 49-74. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v15i2.675>.
- Jófil, Z. M. S., Sá, R. G. B., & Carneiro-Leão, A. M. A. (2010) A via glicolítica: investigando a formação de conceitos abstratos no ensino de biologia. In *Atas do V Congresso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales*. Florianópolis, SC, Brasil. Recuperada de https://www.academia.edu/2434978/A_via_glicol%C3%ADtica_investigando_a_forma%C3%A7%C3%A3o_de_conceitos_abstratos_no_ensino_de_biologia
- Lima, G. H., Santos, J. P. J. P., Matias, K. T. G., & Lima, K. E. C. (2015) *Animações Stop Motion no estudo contextualizado do sistema digestivo para o ENEM*. In: *Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, SP, Brasil. Recuperada de <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/x-enpec/anais2015/resumos/R0625-1.PDF>
- MEC – Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base*. Brasília: MEC. Recuperada de http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf.
- Nascimento, J. M. (2016). *Stop Motion como estratégia metodológica aplicada ao ensino de Biologia: Relato de experiência didática no âmbito do PIBID*. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016. Recuperada de <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/10171>
- Oliveira, F. G. (2010). *Panorama e proposições da animação em Stop Motion*. Dissertação (Mestrado em Processos e Sistemas Visuais, Educação e Visualidade) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 217 f. Recuperada de <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/2834>
- Pinheiro, W. A., & Pompilho, W. M. (2011). O ensino de enzimas: uma abordagem experimental de baixo custo. *Journal of Biochemistry Education: Revista de Ensino de Bioquímica*, São Paulo, (1) A1-A8. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v9i1.43>

- Ribeiro, R. J., Silva, S. C. S., & Koscianski, A. (2012). Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 14(3) 167-183. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172012140311>
- Rodrigues, E. V., & Lavino, D. (2020). Modelagem no ensino de Física via produção de *Stop Motion*, com o computador Raspberry Pi. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20190012. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2019-0012>
- Sarmiento, A. C. H., Muniz, C. R. R., Silva, N. R., Pereira, V. A., Santana, M. A. S., Sá, T. S., & El-Hani, C. N. (2013). Investigando princípios de *design* de uma sequência didática sobre metabolismo energético. *Ciência e Educação*, Bauru, 19(3) 573-598. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000300006>.
- Scatigno, A. C., & Torres, B. B. (2016). Diagnósticos e intervenções no ensino de bioquímica. *Journal of Biochemistry Education: Revista de Ensino de Bioquímica*, 24(1) 19-51. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v14i1.626>.
- Shaw, S. (2012). *Stop Motion: Técnicas manuais para animação com modelos*. Rio de Janeiro, RJ: Elsevier..
- Silva, C. N., & Santos, V. S. (2017). O açaí como contexto para uma aula de bioquímica na educação de jovens e adultos da amazônia. In.: X Congresso Internacional sobre *investigación en Didáctica de las Ciencias*. Sevilla, Espanha. Recuperada de <https://core.ac.uk/download/pdf/147042872.pdf>
- Silva, R. F., & Correa, E. S. (2014) Novas Tecnologias e Educação: a evolução do processo de ensino e aprendizagem na sociedade contemporânea. *Educação & Linguagem*, 1(1) 23-35. Recuperada de <https://www.fvj.br/revista/wp-content/uploads/2014/12/2Artigo1.pdf>
- Vieira, L. Q., Nicoli, J. R., Prado, V. F., Santoro, M. M., Teixeira, S. M. R., Bemquerer, M., & Beirão, P. S. L. (2001) Abordagem Prática Para o Ensino de Bioquímica. *Journal of Biochemistry Education: Revista de Ensino de Bioquímica*, (1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.16923/reb.v1i1.6>

Recebido em: 05.02.2021

Aceito em: 05.08.2021

APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO 1

	EREM – XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
	Aluno(a): _____	Mestranda: XXXXXXXXXXXXXXXX

Teste de Sondagem - 1

- Quais os locais em que acontece cada fenômeno: glicólise, ciclo de Krebs e fosforilação oxidativa?

- Qual a substância resultante do processo de glicólise?

- Por que ao final do processo de glicólise consideramos um saldo energético de duas moléculas de ATP?

- Explique o real motivo do processo de glicólise ser classificado como anaeróbico?

- Qual a função da CoA (coenzima A)?

- O ciclo de Krebs também recebe outro nome? Se sim, diga qual e por quê?

- Quais as funções das moléculas de NAD⁺ e FADH?

- Especifique a diferença entre GTP e ATP e a função das mesmas:

- Em que local da célula acontece o ciclo do Krebs?

- Em qual dos três processos da respiração celular aeróbica ocorre a formação de CO₂ (Gás Carbônico)?

- Em que local da célula acontece a fosforilação oxidativa?

- Para que serve a cadeia transportadora de elétrons e a diferença na concentração de prótons?

- Quais as proteínas participantes do processo de fosforilação oxidativa?

- Explique a formação do ATP pelo processo da cadeia respiratória:

APÊNDICE B – MODELO DE QUESTIONÁRIO 2

	EREM – XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	
	Aluno(a): _____	Mestranda: XXXXXXXXXXXXXXXX

Teste de Sondagem - 2

- Em qual dos processos da respiração celular aeróbica ocorre a formação de ácido pirúvico?

- Por que dizemos que existe a fase de pagamento no processo de glicólise?

- Qual das etapas de respiração celular aeróbica ocorre a utilização do O₂?

- Qual o objetivo das moléculas de NADH e FADH₂?

- Em que processo ocorre a oxidação do piruvato em CO₂?

- Qual o resultado da junção da Acetil-CoA com o ácido oxalacético?

- Sabemos que o resultado da respiração também é a produção de CO₂. Em quais dos processos da respiração celular aeróbica o mesmo é produzido?

- Qual o saldo de ATP's no final dos 2 primeiros processos da respiração celular aeróbica?

- O que você entende por fosforilação oxidativa?

- Por que a cadeia transportadora de elétrons só acontece na crista mitocondrial?

- Quantos hidrogênios e elétrons são apreendidos pelas moléculas transportadoras?

- O ácido oxalacético reage com a acetil-CoA formando ácido cítrico. O que ocorre com este ácido no final do processo?

- Explique como funciona a ATP-sintase:

- Qual a função do gás oxigênio durante a fosforilação oxidativa?
