

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE TRANSGÊNICOS: uma intervenção realizada com estudantes do Ensino Médio
TEACHING ABOUT TRANSGENICS THROUGH PROBLEM-BASED LEARNING: na intervention carried out with High School students

Douglas Costa da Silva [douglas.cbq@gmail.com]
Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG/FaE/UFMG)
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

Glessyan de Quadros Marques [glessyan@hotmail.com]
Centro de Ensino de Ciências e Matemática (CECIMIG/FaE/UFMG)
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG

Recebido em: 04/04/2023

Aceito em: 09/11/2023

Resumo

O presente artigo trata de uma intervenção didática fundamentada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), a qual foi realizada com estudantes do Ensino Médio em uma disciplina de Biologia, em uma escola pública da região de Belo Horizonte. Nosso intuito foi abordar a temática de organismos geneticamente modificados por meio de um problema sobre milho transgênico, de modo a promover o debate, a participação ativa dos estudantes e a formação do pensamento crítico sobre o tema. A metodologia de análise utilizada foi a categorização das produções escritas dos estudantes e a análise das soluções indicadas para o problema proposto. Os resultados apontam que a maioria dos estudantes apresenta uma opinião favorável ao plantio do milho geneticamente modificado devido às vantagens associadas à economia e a maior oferta de alimentos, por exemplo. Também foi observado que de modo geral, os estudantes embasaram seus argumentos em dados obtidos por eles em pesquisas.

Palavras chave: ABP, transgênicos, respostas escritas, ensino de ciências

Abstract

This article is about a didactic intervention based on the Problem-Based Learning (PBL) methodology, which was carried out with high school students in a Biology discipline, in a public school in the region of Belo Horizonte. Our intention was to approach the theme of genetically modified organisms through a problem about transgenic corn, in order to promote debate, active participation of students and the formation of critical thinking on the subject. The analysis methodology used was the categorization of the students' written productions and the analysis of the solutions indicated for the proposed problem. The results indicate that most students have a favorable opinion of planting genetically modified corn due to the advantages associated with the economy and the greater supply of food, for example. It was also observed that, in general, students based their arguments on data obtained by them in research.

Keywords: PBL, transgenics, written answers, science teaching

Introdução

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia caracterizada pela abordagem de problemas reais ou simulados no contexto de sala de aula. Esses problemas são investigados pelos estudantes, que tem como desafio elaborar hipóteses, realizar pesquisas, aplicar e contrastar seus conhecimentos, com a finalidade de encontrar soluções para os problemas propostos. Esse processo exige dos estudantes uma postura ativa frente ao problema, ao mesmo tempo em que favorece a autonomia e a responsabilidade em relação à sua aprendizagem (Komatsu, 1999).

A aprendizagem desenvolvida por meio de experiências com ABP tende a ser favorecida quando é pautada em um trabalho colaborativo dos estudantes. Ao trabalharem em grupos, os estudantes compartilham informações, discutem ideias e aprendem de forma conjunta. Essas ações, segundo Komatsu (1999), favorecem o pensamento crítico e a análise coletiva de problemas, podendo também refletir em práticas profissionais futuras.

Pesquisas mostram que o envolvimento de estudantes em processos de resolução de problemas colabora com a sua formação científica e minimiza a fragmentação e a linearidade dos conteúdos científicos abordados em sala de aula (Lopes *et al.*, (2011). Nesse mesmo sentido, documentos normativos como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino médio recomendam que os estudantes sejam inseridos em processos de investigação fundamentados em situações problema, de modo que eles consigam desenvolver competências como:

[...] avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação. (Brasil, 2018, p. 555)

É importante ressaltar que diferentes situações-problema podem ser empregadas para desenvolver diferentes conteúdos científicos, assim como para avaliar as implicações sociais desses conhecimentos. A investigação promove não só o estudo e o aprendizado de um conjunto de conceitos científicos, mas também contribui para o desenvolvimento de habilidades como a comunicação científica, a autonomia e a tomada de decisões.

A partir desses pressupostos, apresentamos nesse artigo os resultados de uma intervenção sobre uma temática de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) no ensino de Biologia, desenvolvida por meio da metodologia da ABP. A intervenção foi realizada com estudantes da terceira série do ensino médio de uma escola pública de Belo Horizonte, em uma disciplina de Biologia do ensino médio. Nosso objetivo foi favorecer a aprendizagem e o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes sobre o tema, considerando que apesar desse assunto ser muito discutido na mídia, ele ainda é controverso aos olhos dos estudantes, o que evidencia a necessidade de abordá-lo na Educação Básica. Além disso, a discussão do tema é interdisciplinar, o que pode favorecer a interlocução de diferentes áreas de conhecimento e oportunizar uma alternativa para professores abordarem o tema em sala de aula.

Vale destacar que Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) referem-se aqueles organismos (plantas, animais ou microrganismos) cujo material genético (DNA/RNA) foi

manipulado/modificado geneticamente para favorecer alguma característica desejada (Vargas *et al.*, 2018). Um transgênico pode ser considerado como um organismo geneticamente modificado (OGM), mas um OGM não é obrigatoriamente um transgênico. Transgênico é um organismo que teve introduzido no seu material genético um gene de uma espécie diferente da sua, de modo a expressar as características desejadas da espécie doadora (Vargas *et al.*, 2018). Enquanto os OGMs podem ter seus genes modificados de outras formas, como por exemplo, por inativação gênica ou inserção de genes da própria espécie.

Os transgênicos apresentam características vantajosas do ponto de vista econômico e estão se tornando cada vez mais presentes do cotidiano das pessoas. A insulina, por exemplo, é produzida a partir de bactérias que apresentam o gene da insulina humana. Existem, também, plantas capazes de resistir a herbicidas e, com isso, não sofrem danos com o uso extensivo de agrotóxicos. Hoje em dia, grande quantidade da soja e do milho produzidos são geneticamente modificados e os produtos derivados desses insumos recebem em seu rótulo um símbolo indicando que aqueles produtos são derivados de OGMs.

A escolha pela abordagem do tema OGMs foi feita pelo professor regente da turma, no contexto das discussões sobre o assunto de Genética que estavam em curso na disciplina de Biologia. Para desenvolver as discussões sobre o tema, construímos uma situação-problema contextualizada sobre o milho transgênico, a partir da qual os estudantes tiveram que analisar e tomar uma decisão favorável ou desfavorável ao cultivo de dessa variedade da planta. A análise da situação-problema proposta envolveu as vantagens do uso dos OGMs e a discussão dos possíveis riscos associados a esses organismos. Assim, portanto, o intuito desse trabalho foi promover a aprendizagem do conceito de transgênicos e proporcionar reflexões sobre os impactos dos OGMs, a partir da perspectiva social, econômica e ambiental.

Referenciais teóricos

O ensino de disciplinas da área de Ciências da Natureza foi por muito tempo (e ainda é) pautado em conceitos e definições desvinculados de suas aplicações no contexto da vida real. Esse cenário não é só um problema associado à Educação Básica, como também o é no Ensino Superior. Há algum tempo educadores e pesquisadores têm buscado alternativas para o ensino descontextualizado e reprodutivo desenvolvido nas salas de aula, que leva ao desinteresse dos estudantes pelos estudos. Dentre essas alternativas, temos a Aprendizagem Baseada em Problemas.

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma metodologia de ensino e aprendizagem que parte de uma situação-problema contextualizada, e que visa promover as aprendizagens e as habilidades dos estudantes. Essa metodologia foi criada na faculdade de Medicina da Universidade de McMaster no Canadá, em 1969, com a finalidade de superar o ensino descontextualizado que era desenvolvido nos cursos de Medicina na época (Lopes *et al.*, 2011).

Atualmente a ABP vem sendo adaptada e desenvolvida em diversos campos de conhecimento, inclusive no ensino de Ciências (Ribeiro, 2008; Lopes *et al.*, 2011; Marques & Cunha, 2022). Ela tem sido adotada nas salas de aula da Educação Básica, como aponta Coelho (2016), para promover o desenvolvimento de diversas habilidades úteis para a vida do estudante, como por exemplo, o

raciocínio, a comunicação e a autonomia. Além disso, tem sido empregada no Ensino Superior para promover a formação profissional (Ribeiro, 2008).

As características da ABP podem incluir, de acordo com Sobral (1994), a organização temática em torno de problemas, integrações interdisciplinares e a ênfase no desenvolvimento cognitivo. Sobre isso, Lopes *et al.* (2011) discute que, a ABP pode ser utilizada tanto como abordagem didática para devolver alguns assuntos do currículo, quanto como proposta de estruturação curricular, na qual se organiza todo o currículo de um curso. Para o presente trabalho, empregamos a ABP como metodologia de ensino, a partir dos pressupostos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que recomenda que o ensino de Ciências seja trabalhado a partir de situações-problema, conforme estabelece a competência específica de área número 3, citada na introdução.

Uma das etapas fundamentais da estratégia de ensino pautada em ABP é a elaboração do problema. Esse problema, para ser eficiente, necessita partir de alguns pressupostos. De acordo com Lopes *et al.* (2011), o problema deve ser construído com objetivos pedagógicos previamente determinados, suscitar os conhecimentos prévios dos estudantes e estar relacionados com suas futuras práticas profissionais. A elaboração do problema nesse trabalho levou em conta essas características. Além disso, a abordagem do tema Organismos Geneticamente Modificados se constitui como uma controvérsia sócio-científica (CSC) interdisciplinar que, para Santos *et al.* (2011), é um recurso de ensino e aprendizagem que visa colocar os estudantes frente a situações de análise de informações das mais diversas áreas de conhecimento, promover a comunicação e a construção de argumentos, além da possibilidade de ouvir o outro.

Para caracterizar um problema, Campos e Nigro (1999) definem problemas em “falsos” e “verdadeiros”. Os problemas “falsos” são como exercícios rotineiros e assumem apenas uma resposta correta, ao contrário dos problemas “verdadeiros”, que envolvem uma gama de possibilidades de respostas, não sendo resolvidos com apenas uma estratégia de resolução mecânica e automatizada, como por exemplo, a aplicação de fórmulas prontas. Desse modo, construir um problema “verdadeiro” é fundamental para a eficácia da ABP, pois ele exige do solucionador um esforço de raciocínio e, por vezes, a necessidade da execução de tarefas, como por exemplo, a pesquisa ou a investigação, para solucionar o problema (Campos; Nigro, 1999).

É muito comum que uma situação cotidiana seja usada para ilustrar o desenvolvimento de um conteúdo. Entretanto, na ABP, partimos de uma situação-problema contextualizada e o desenvolvimento do conteúdo se torna consequência da resolução do problema apresentado. Para que isso seja feito, mais algumas características do problema são importantes de serem destacadas. A elaboração do problema:

[...] deve ser fundamentada visando (i) motivar os estudantes, (ii) incentivar a tomada de decisões e a realização de julgamentos com base em fatos, informações e/ou argumentações lógicas, (iii) ter complexidade suficiente para impor a necessidade de cooperação para a obtenção de uma solução e (iv) expor as questões de forma a promover a discussão. (Dush *et al.*, 2001 apud Coelho, 2016, p. 604)

Com o problema pronto, os estudantes serão apresentados a ele e, então, são organizados em grupos colaborativos, os quais exercerão um papel ativo na construção do conhecimento. Como destaca Coelho (2016), todos os estudantes devem participar da discussão do problema. A autora destaca que a discussão do problema pode se desenvolver em duas fases, as quais:

(i) o problema é apresentado e discutido pelo grupo tutorial que, como resultado, gera os objetivos da aprendizagem e (ii) após o estudo individual (extraclasse), os estudantes rediscutem o problema à evidência dos conhecimentos conquistados. (Coelho, 2016, p. 604)

Em vista do exposto, a ABP é uma estratégia que possibilita a ocorrência de estudos autogeridos por parte dos estudantes (Lopes *et al.*, 2011). Além disso, uma das possibilidades de ciclo de aprendizagem nessa estratégia é o processo tutorial da ABP, que consta nos trabalhos de Hmelo Silver (2004). Os estudantes identificam fatos relevantes a partir da leitura do problema e discutem entre si (*ibidem*). Dessa forma, eles buscam estratégias para a resolução, delimitando o que vão pesquisar na etapa do estudo autogerido. Após essa etapa eles verificam as hipóteses formuladas aplicando os conhecimentos adquiridos. Essa sequência de etapas está resumida na figura 01.

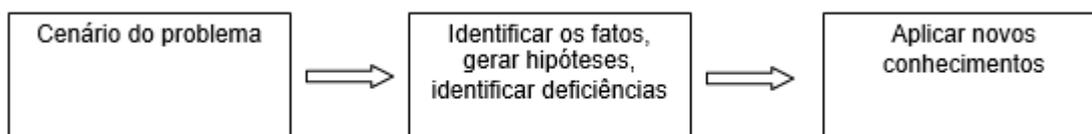


Figura 01 – Ciclo de aprendizagem na ABP (Adaptado de Hmelo Silver, 2004).

Em relação à avaliação do processo de ensino, ela não se dá através de provas ou testes que visam verificar a memorização de conceitos. De acordo com Lopes *et al.* (2011), a avaliação da aprendizagem se dá de forma processual, durante todo o desenvolvimento da atividade, valorizando não só aspectos conceituais que se referem a fatos, princípios e conceitos, mas também aspectos procedimentais (saber fazer) e atitudinais (comportamentos) (Campos & Nigro, 1999). Com relação aos aspectos que devem ser considerados ao longo do processo avaliativo, Lopes *et al.*, citam:

[...] a avaliação diagnóstica dos conhecimentos prévios dos estudantes, realizada no primeiro dia de aula de aplicação da PBL; a capacidade e evolução da autonomia e da organização dos estudantes para resolver situações complexas; a capacidade de desempenhar trabalhos em grupos (onde surgem as divergências de opiniões); o incremento de competências para se fazer compreender em comunicações orais e escritas; a ampliação da responsabilidade por parte do próprio aprendiz no seu processo de aprendizagem e o desenvolvimento da sua capacidade de aprender a aprender, são aspectos valiosos na avaliação da aprendizagem quando do uso de metodologias ativas de ensino. (Lopes *et al.*, 2011, p. 1278)

Na literatura existem alguns trabalhos desenvolvidos utilizando a ABP como estratégia de ensino de Biologia. Destacam-se os trabalhos de Malheiro e Diniz (2007) e Vargas (2001). Malheiro e Diniz utilizaram a ABP para abordagem de conhecimentos de fisiologia, utilizando peças anatômicas como recursos para comparar os sistemas fisiológicos de diversos animais em um curso de férias de formação de professores. Com isso, os participantes reconheceram que aulas com protagonismo estudantil são mais atrativas e produzem resultados mais eficientes. Já Vargas utilizou situações-problema envolvendo distúrbios metabólicos para o ensino de Bioquímica. A autora constatou que após o uso da ABP, os alunos demonstravam uma postura mais crítica e ativa.

Embora existam trabalhos envolvendo a ABP na Educação Básica, não é comum encontrar em pesquisas bibliográficas artigos descrevendo experiências de ABP com temáticas do ensino de

Biologia no Ensino Médio. Também é difícil encontrar relatos de experiência com a ABP em temáticas que envolvem poucas possibilidades de execução de atividades experimentais, como é o caso do tema Organismos Geneticamente Modificados. Além disso, o presente trabalho se torna relevante não apenas por promover aprendizagens conceituais em relação aos OGMs, mas também por estimular a tomada de decisões fundamentadas pelos estudantes em relação aos transgênicos.

Metodologia

Essa pesquisa de natureza qualitativa está vinculada a uma intervenção pedagógica realizada com um total de 38 estudantes da terceira série do Ensino Médio (idades entre 17 e 19 anos) de uma escola pública da região da Pampulha, em Belo Horizonte, MG. A intervenção ocorreu na disciplina de Biologia, ministrada pelo primeiro autor, em um total de três aulas de 50 minutos, as quais foram explicitadas na sequência didática apresentada no quadro 01 abaixo.

Quadro 01 – Síntese da sequência didática

Aula 01	Aula 02	Aula 03
Estabelecimento de relações com o problema; Proposição do problema sobre OGMs e estudo do problema pelos estudantes em grupos colaborativos. Além disso, os grupos foram orientados a montarem uma tabela de organização das ideias que o grupo tinha sobre o tema, e o que deveria ser pesquisado para ser levado em conta na tomada de decisões.	Estudo do problema (de forma extraclasse) pelos estudantes em grupos. Realização de debate conjunto em aula acerca das decisões tomadas pelos grupos, a partir do problema proposto.	Escrita da carta para comunicação da decisão tomada pelos grupos (individualmente).

A organização da sequência foi construída, conforme a interpretação dos critérios estabelecidos no trabalho de Lopes et al. (2011).

O problema que motivou o desenvolvimento da sequência didática é apresentado a seguir:

*A tecnologia do DNA recombinante possibilitou a inserção de genes de uma espécie em outra, dando origem aos organismos geneticamente modificados – OGMs - (ou transgênicos). Esse tipo de tecnologia deu origem a diversos tipos de organismos, em especial aqueles que servem de alimentos. Desde um arroz dourado rico em betacaroteno, até um milho que produz uma toxina que mata lagartas que tentam comê-lo; atualmente têm sido produzidos diversos produtos alimentícios oriundos de OGMs. Com isso, ocorre um aumento da produção de alimento. Entretanto, há também diversas opiniões controversas sobre o consumo desses produtos, já que não se conhece as implicações de seu uso no longo prazo. Diante disso, considerando que você é um agricultor que mora no Piauí, em uma região que sofre com longos períodos de seca durante o ano. Você ficou sabendo da existência de sementes de milho geneticamente modificadas. Esse milho contém um gene da planta *Arabidopsis thaliana*, que confere à planta resistência à seca. Dessa forma, o milho transgênico consegue sobreviver 15 dias sem água. Para decidir se vai começar a plantar esse milho, você decide pesquisar acerca dos transgênicos e encontra alguns websites sobre o assunto. Com base nas suas pesquisas, você cultivaria e comercializaria esse milho geneticamente modificado? Justifique sua escolha baseando sua decisão nas pesquisas realizadas por você.*

Bases de Dados para a pesquisa:

Transgenia: quebrando barreiras em prol da agropecuária brasileira

Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-transgenicos/sobre-o-tema>

Riscos associados aos transgênicos

Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/mmanoforum/item/7511-riscos.html>

Organismos Geneticamente Modificados – os OGMs

Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/book/view.php?id=2438566&chapterid=20684>

Faltam informações sobre alimentos transgênicos

Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/atualidades-06-11-18-programa-saude-sem-complicacoes-literatura-aponta-que-alimentos-transgenicos-nao-sao-maleficos-a-saude/>

A seguir encontra-se um detalhamento da sequência didática desenvolvida:

Aula 01

Nessa aula, o problema foi disponibilizado pelo professor e lido juntamente com os estudantes. A partir disso, foi realizada uma sondagem de conhecimentos prévios dos estudantes acerca do assunto, por meio da construção de uma tabela com duas colunas, na qual em uma delas foram listadas as ideias que os estudantes apresentavam sobre transgênicos e na outra coluna o que eles não sabiam ou gostariam de saber sobre o assunto. Na sequência o professor pediu para que os estudantes se dividissem em grupos de no máximo seis (6) estudantes, para definirem o que eles gostariam de pesquisar a fim de decidirem se iriam plantar ou não o milho transgênico.

Após a organização dos grupos foi sugerido que cada grupo buscasse e lesse as fontes de pesquisa sobre os transgênicos que foram disponibilizadas junto ao problema e, após a aula, se reunissem para discutir e tomar a decisão que o problema solicitava: plantar ou não o milho geneticamente modificado? E o que deve ser levado em consideração para essa tomada de decisão?

O professor informou aos grupos que eles iriam defender a decisão tomada em uma roda de discussão que aconteceria na aula da semana seguinte e que, para essa defesa, eles deveriam buscar informações nas fontes de pesquisa confiáveis disponibilizadas para eles em um banco de dados, e que, caso necessário, pesquisassem em outras fontes. É importante destacar que o grupo deveria discutir sobre os assuntos pesquisados até chegarem a um consenso, de modo a defenderem, na aula seguinte, a posição tomada pelo grupo. Além disso, os estudantes foram orientados que, em caso de dúvidas, entrassem em contato com o professor por meio da plataforma Google Sala de Aula.

Aula 02

Nessa aula, o professor solicitou que os estudantes organizassem as carteiras em forma de círculo, para que as decisões tomadas fossem compartilhadas pelos grupos e justificadas. Além disso, foi orientado que caso alguém tivesse uma opinião contrária e quisesse tentar refutar o que estava sendo falado, bastava que ele levantasse a mão que a fala seria passada para ele após a conclusão do colega. Nesse momento foi dada a possibilidade de os estudantes expressarem verbalmente seus posicionamentos sobre o problema proposto, ouvindo as opiniões dos colegas e debatendo sobre elas. Os estudantes que desejaram falar levantaram a mão e aguardaram a sua vez de expor sua opinião. Ao longo da discussão, o professor fez intervenções para corrigir ou complementar as ideias colocadas pelos estudantes, mas não solicitou que todos os estudantes presentes falassem. A participação foi de livre escolha.

Aula 03

Na última etapa da intervenção, o professor pediu para que cada estudante escrevesse uma carta para comunicar a decisão tomada pelo grupo. O professor destacou que as cartas seriam usadas como parte da avaliação do trabalho, de forma que todos os integrantes apresentassem, de forma escrita, a decisão tomada pelo grupo e a justificassem. Isso foi feito para evitar que a escrita ficasse concentrada em apenas um estudante.

É importante destacar que a avaliação foi feita ao longo de todo o processo. Ela aconteceu desde a primeira aula, onde foi feita a sondagem dos conhecimentos prévios dos estudantes (avaliação diagnóstica); na discussão realizada em conjunto, na segunda aula, foi estimulado o trabalho em grupo, foi exercida a habilidade de ouvir o outro e de expor ideias e, por fim, a comunicação escrita por parte dos estudantes.

Para coleta e análise de dados desse artigo, utilizamos as cartas escritas pelos estudantes e as falas dos mesmos durante o debate realizado na aula 02, as quais foram analisadas por meio de categorização, de forma a verificar quais elementos trabalhados durante a sequência didática foram usados nos argumentos dos estudantes.

A categorização faz parte do método da Análise de Conteúdo da autora Laurence Bardin. Segundo Bardin (2011), essa técnica tem como finalidade a descrição objetiva e sistemática do conteúdo a ser pesquisado, a organização desse conteúdo em categorias e a interpretação geral desses dados. Neste trabalho, não utilizamos a análise de conteúdo como um todo, mas privilegiamos a etapa da categorização. A escolha pela categorização se deve ao fato que a partir dela é possível avaliar, de forma objetiva, os efeitos das pesquisas e do debate realizadas pelos estudantes na tomada de decisões relativas ao problema.

De acordo com Bardin (2011) *apud* Sousa e Santos (2020), para a realização da categorização é necessária a escolha dos documentos que contém os dados e a leitura dos mesmos. Além disso, a partir dessa leitura, realiza-se a codificação, na qual os dados são transformados em unidades que sintetizam o conteúdo dos documentos. Na sequência, criam-se categorias nas quais as unidades comuns serão agrupadas. A figura abaixo resume as etapas seguidas no processo de categorização:

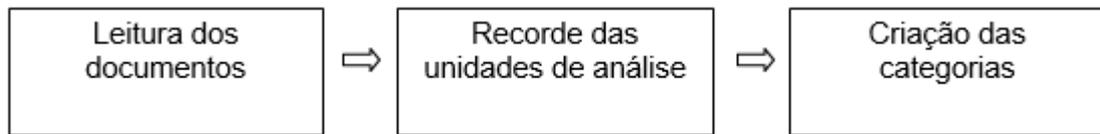


Figura 02 – Etapas seguidas para a realização da categorização. Adaptado de Sousa e Santos (2020)

A partir da leitura das cartas dos estudantes e da identificação das unidades de significado/sentido mais relevantes, atribuímos um código contendo uma letra (sendo a letra E seguida de um número), de modo a identificar a resposta de cada estudante. Apresentamos nesse artigo apenas as respostas escritas que consideramos mais significativas para a discussão. Diante desse esquema e da análise de todas as cartas escritas por eles, construímos nossas categorias, que estão descritas nos resultados e discussões. A partir da leitura das cartas produzidas pelos estudantes na aula 03, os argumentos utilizados foram delimitados e inseridos em duas categorias gerais: argumentos sobre o porquê plantar e argumentos sobre o porquê não plantar o milho transgênico. Diante da impossibilidade de apresentar todas as respostas dos estudantes nos resultados, as ideias gerais deles foram avaliadas e incluídas na forma de subcategorias, as quais foram apresentadas de forma objetiva em um quadro disponível na próxima sessão.

Resultados e discussão

Na primeira aula da sequência didática, os grupos discutiram entre si e levantaram diversas dúvidas sobre o problema proposto pelo professor. Uma delas foi apresentada por E12, que questionou se um animal híbrido poderia ser considerado um transgênico. O estudante perguntou “(...) professor, a mula é um transgênico? Ela tem genes de duas espécies diferentes.” A partir disso, o professor delimitou o conceito de transgênico, esclarecendo que os transgênicos são produzidos pela inserção de poucos genes de espécies distantes por meio da tecnologia do DNA recombinante, e que era diferente de uma espécie híbrida, resultante do cruzamento entre duas espécies diferentes. É importante destacar que essa intervenção do E12 indica a aprendizagem do conceito de animal híbrido. Esse conceito foi desenvolvido em aulas anteriores, na ocasião estava sendo retomada a discussão sobre a temática especiação. Assim, a discussão foi mais rica considerando os conhecimentos científicos já adquiridos pelos estudantes.

Além disso, o professor orientou que pesquisar sobre como funciona a metodologia de inserção de genes poderia contribuir para a decisão de plantar ou não as sementes geneticamente modificadas. Dessa forma, alguns grupos colocaram essa estratégia no plano de ação. Um dos grupos escreveu em seu plano de ação: “Vamos procurar em sites exemplos de organismos geneticamente modificados, como são produzidos pela técnica de DNA recombinante e se tem descrição de casos de doenças causadas por eles”.

A primeira aula foi um momento de fazer uma avaliação diagnóstica, em que os estudantes levantaram diversos questionamentos que poderiam não ter surgido em uma aula expositiva tradicional. No modelo tradicional tais questionamentos nem sempre são induzidos pelo professor e, quando o são, as linhas de raciocínio são formadas em geral na perspectiva dele e o aluno apenas

executa prescrições que lhe são sugeridas. De acordo com Mizukami (1986), as práticas de ensino tradicionais são aquelas que persistem no tempo e que fazem com que as práticas posteriores a elas sejam tidas como diferenciadas. A ideia do professor como portador do conhecimento e o aluno como receptor é o que tem persistido ao longo do tempo no cenário educacional. Por sua vez, na metodologia ABP os estudantes são incentivados a participar das discussões em aula e, assim, saem da zona de passividade.

À medida que os estudantes expuseram o que sabem e o que não sabem, eles utilizaram os seus conhecimentos prévios e, pela atividade estar sendo executada em grupo, eles aprendem uns com os outros. Esse fenômeno é explicado pela teoria do construtivismo social de Lev Vygotsky (1987) que afirma que o indivíduo constrói conhecimento através das interações sociais.

De modo a buscar soluções para o problema, os estudantes se organizaram em grupos. Dentro desses grupos, os estudantes discutiram entre si e compartilharam informações adquiridas por meio de pesquisas, de forma a tomarem uma decisão em conjunto. De acordo com Lopes *et al.*, (2011), é possível avaliar tanto a capacidade de realizar trabalhos em grupo quanto a de organização para resolver situações complexas. Essa avaliação se deu durante o debate entre os grupos. Os estudantes de um mesmo grupo apresentavam ideias coordenadas com as dos seus pares. Isso é evidência de que houve uma discussão prévia entre eles que possibilitou que estabelecer um consenso acerca da decisão em relação ao plantio ou não do milho transgênico.

Todos os grupos planejaram pesquisar sobre o assunto em *sites* e isso era o esperado. Por isso, foram sugeridos quatro endereços eletrônicos que continham informações sobre os transgênicos. Entretanto, a página do Ministério do Meio Ambiente estava fora do ar em virtude do ano vigente ser ano eleitoral. Inclusive alguns estudantes enviaram mensagens via sala de aula do Google avisando sobre esse fato, o que demonstrou que eles tentaram acessar o site. A sugestão foi que os estudantes buscassem então outras fontes, além das fornecidas para fazerem suas pesquisas.

Na segunda aula da sequência didática ocorreu uma roda de discussão sobre as decisões tomadas pelos estudantes. O professor orientou que os estudantes apresentassem a decisão dos grupos e que a justificassem com base nas pesquisas realizadas. Além disso, os estudantes contrários à decisão apresentada poderiam expor argumentos para tentar convencer os outros a mudarem de opinião. Esse debate foi produtivo, pois a maioria dos estudantes participou ativamente, expondo informações importantes sobre os transgênicos. Diversos aspectos foram levantados, tais como: economia de água, contaminação genética, riscos de alergias, legislação sobre transgênicos, desequilíbrios ambientais, maior acesso aos alimentos por parte da população e até mesmo o histórico do plantio de Organismos Geneticamente Modificados no Brasil.

Durante o debate aconteceu uma situação na qual seria necessária a intervenção do professor, mas os próprios estudantes intervieram. Um estudante afirmou que plantar transgênicos aumenta o uso de agrotóxicos. Um outro estudante, na sequência, pediu para falar e disse que “[...] *esse é um transgênico diferente do que a gente tá analisando. Esse aí tem gene de resistência a herbicida. O nosso tem gene para resistência à seca. É diferente. Não vai causar aumento de uso de agrotóxicos não.*”

Ao longo do debate foi constatado que os estudantes se mantiveram atentos às falas dos colegas e tentavam rebater os argumentos apresentados. Aqueles que eram a favor tentavam justificar,

e os que eram contra tentavam rebater. Os estudantes queriam entender a fala do colega para poderem contra-argumentar. Essa característica evidencia o que foi colocado por Coelho (2016): a ABP promove o desenvolvimento de habilidades comunicativas e de raciocínio. Além disso, os estudantes são os próprios agentes do conhecimento.

Embora a discussão tenha sido produtiva, devido aos diversos temas relevantes abordados, a participação não foi total. Alguns estudantes, uma minoria, não participaram do debate. Isso pode ter acontecido tanto por não terem sido estimulados a falar, quanto devido à introspecção natural que algumas pessoas possuem. Nesse ponto, cabe levantar algumas estratégias para minimizar o problema. A principal delas envolve a mediação do professor, artifício fundamental nesse processo de promoção da interação em sala de aula. O professor deve convidar os estudantes mais introspectivos a falar, pedindo a opinião deles em relação a algum aspecto que esteja em pauta. Sobre isso Lopes *et al.* (2011) destacam que cabe ao professor supervisionar discussões, assim como mediá-las. Por isso, deve-se estar atento a esse tipo de situação durante uma discussão, de forma a garantir que haja a participação de todos os estudantes, considerando que o desenvolvimento da construção de argumentos e a comunicação são importantes habilidades a serem desenvolvidas no ensino de Ciências, por intermédio da ABP.

A última etapa da sequência didática consistiu na produção de cartas pelos estudantes, que serviram de instrumento para análise de dados. O quadro abaixo mostra as ideias levantadas pelos estudantes, recortadas a partir da análise das cartas escritas por eles.

Quadro 02: Ideias utilizadas para a resolução do problema do plantio de um milho geneticamente modificado.

IDEIAS FAVORÁVEIS AO PLANTIO	IDEIAS CONTRÁRIAS AO PLANTIO
Transgênicos reduziram os custos com irrigação. E01, E02, E07, E09, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E22, E27, E29, E30, E31	Possíveis problemas de saúde, como alergia e câncer. E11, E17, E20, E21, E23, E24, E25
Riscos dos transgênicos à saúde humana não comprovados. E02, E03, E05, E07, E11, E12, E14, E15, E18, E19, E22, E29, E30	Contaminação genética com possível eliminação do milho não modificado. E11, E12, E13, E20, E21, E24, E25, E28
Aumento da oferta de alimentos ao consumidor e redução da fome. E01, E03, E07, E09, E13, E14, E15, E16, E22, E26, E29, E30	Desequilíbrio na cadeia alimentar. E11, E12, E20, E24, E25
A maior parte dos milhos comercializados já é transgênica. E18, E19, E29, E30	Bioacumulação. E25, E23
Menção de outros transgênicos que trazem benefícios ao serem consumidos. E19, E29, E30	

O quadro 02 evidencia a riqueza de assuntos que foram abordados durante a execução da sequência didática. Embora a temática central tenha sido Organismos Geneticamente Modificados (OGMs), outros temas da Biologia também foram levantados, tais como impactos ambientais e fisiologia humana. Além da abordagem ter sido interdisciplinar, foi significativa, já que estava sendo usada para a construção do ponto de vista dos estudantes.

Como pode ser observado no quadro acima, a maioria dos estudantes defendeu o plantio do milho transgênico e o fator econômico foi preponderante para a decisão dos grupos. Na tentativa de justificarem a economia gerada plantando-se o milho transgênico, alguns dados foram apresentados pelos grupos, como o volume de água que é gasto na irrigação e que poderia ser usado para abastecer as casas de famílias da região. O estudante E02 mencionou que “[...] *a formação do fruto é um processo fisiológico que depende de água para ocorrer e, com isso, o aumento da eficiência do uso da água favorece a formação de frutos, no caso, o milho, mesmo em condições de baixa disponibilidade hídrica [...]*”. Já E29 apresentou um dado histórico sobre os transgênicos. Esse estudante mencionou que “[...] *Desde a década de 90 já são produzidos. Enquanto em 1996 eram 1,7 milhão de hectares, em 2012 eram 170 milhões de hectares plantados. Muitos alimentos transgênicos vem sendo consumidos por mais de 20 anos e não encontramos registros explícitos de que alguma pessoa tenha desenvolvido alguma doença por causa dos transgênicos [...]*”. Dessa forma, foi possível observar que os estudantes não só basearam seus argumentos em pesquisas, como também utilizaram de alguns conhecimentos científicos para reforçar seu ponto de vista.

Além disso, os estudantes rebateram argumentos apresentados pelos grupos que eram contra o plantio, o que indica que as habilidades argumentativas foram desenvolvidas durante a sequência didática. O fato de a maioria dos estudantes terem defendido o plantio por razões econômicas, pode estar relacionado ao impacto que a redução dos preços de alimentos possui no cotidiano desses estudantes.

Embora tenhamos percebido que um número menor de estudantes se posicionou contrariamente ao plantio do milho transgênico, os argumentos apresentados, de modo geral, mostram algum embasamento em conhecimentos científicos. O estudante E23, por exemplo, explicou o conceito de bioacumulação, no qual metabólitos produzidos por transgênicos se acumulam ao longo da cadeia alimentar. Segundo ele: “[...] *ao consumirmos carne de animais que foram alimentados com transgênicos, as substâncias formadas pelos transgênicos vão se acumulando no nosso corpo podendo causar doenças ou alergias [...]*”. Além disso, esse mesmo estudante citou que a troca de alimentação de não transgênica para transgênica pode acarretar desequilíbrios nas cadeias alimentares. Ele escreveu: “[...] *vamos supor que certo animal que já tinha o costume de se alimentar de um milho não transgênico coma o milho transgênico, ele pode parar de comer o alimento por causa da troca de gosto [...]*”.

Embora o transgênico em pauta tenha sido uma planta com gene que a torna tolerante à baixa disponibilidade hídrica, um estudante, durante o debate, argumentou que existem plantas transgênicas tolerantes a herbicidas e que isso faz com que o uso de agrotóxicos aumente. Segundo E25 “[...] *Tem planta modificada que é resistente a agrotóxico. Aí vai aumentar o uso do produto e vai acabar indo pro ambiente [...]*”

Outro estudante rebateu dizendo que, embora os efeitos dos agrotóxicos sejam devastadores, a planta que está sendo discutida possui o gene para torná-la resistente à seca. E02 afirmou que “[...] *Tá, mas a gente tá falando de um outro gene. Nossa planta tem o gene que torna ela resistente à seca,*

não a agrotóxico. [...]”. Isso mostra que houve apropriação do conceito de transgene e que o estudante inferiu que cada transgene tem um efeito associado.

Além dos argumentos sobre o plantio do milho transgênico, outros aspectos podem ser constatados na análise das cartas. O estudante E25, por exemplo, citou a fonte que utilizou para defender seu ponto de vista. Isso possivelmente foi motivado pelo fato de, no debate, alguns estudantes terem pedido informações sobre as fontes das informações apresentadas durante a discussão. Esse tipo de habilidade é muito importante, já que nos últimos anos a disseminação de informações falsas tem crescido muito. Em um trecho da carta, E25 escreveu que “[...] *De acordo com o Journal of Biological Science foi mostrado que o consumo de semente modificada geneticamente tem efeitos negativos principalmente sobre o fígado [...]”*. Já o estudante E24 reconheceu que existem vantagens e prejuízos associados aos transgênicos e decidiu não plantar por considerar que os prejuízos potenciais se sobressaem em relação às vantagens.

Embora a sequência didática tenha sido desenvolvida em apenas três aulas, os resultados foram satisfatórios, considerando que a grande maioria dos estudantes participou ativamente da proposta, trabalharam colaborativamente em grupos, desenvolveram pesquisas em fontes confiáveis para a tomada de decisões e construíram argumentos embasados em conhecimentos científicos.

Apesar de diversos pontos positivos terem sido constatados ao longo da sequência didática, há alguns pontos negativos que devem ser colocados em discussão. Conforme mencionado anteriormente, nem todos os estudantes participaram durante a discussão. Isso ficou evidente na análise de algumas cartas. Vale destacar como exemplo, a resposta do estudante E10:

E10: “[...] *A decisão tomada pelo meu grupo foi de plantar o milho transgênico. As maiores vantagens de plantar milho transgênico são sua maior produtividade, redução de custos e uma redução do uso de agrotóxicos. Com o milho transgênico podemos destacar a possibilidade de produzir milhões com alta qualidade nutritiva, além dos agricultores terem menos gastos com pesticidas e outros produtos químicos. Os milhos também otimizam a produção de anticorpos nessas espécies, sendo resistentes a pragas. [...]”*

Percebe-se nessa resposta que o estudante não empregou nenhum argumento em relação ao gene que induz tolerância à seca. O grupo desse estudante foi favorável ao plantio do milho transgênico e a maior parte da defesa do ponto de vista dos integrantes durante o debate envolveu as vantagens que o transgene trazia tanto para as plantas quanto para o agricultor. Os argumentos utilizados foram superficiais, desvinculados do que fora discutido no debate.

E4, da mesma forma, apresentou uma resposta descontextualizada do que estava em discussão, pois, apesar de seus argumentos reforçarem a importância da produção do milho para a segurança alimentar, ele apontou as vantagens de se plantar o milho de forma geral e não citou nada sobre o milho transgênico, conforme mostrado a seguir:

E4: “[...] *Eu sou a favor da plantação, possui as vantagens de: aumentar a retenção de água no solo; proteger a superfície do solo contra erosões e compactação pelos pingos de água; aumentar o teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, a capacidade de trocas catiônicas. No início de seu cultivo, o milho era utilizado basicamente para subsistência humana. Com o decorrer do tempo foi ganhando importância e transformou-se no principal insumo para a produção de aves e*

suínos, além de sua importância estratégica para a segurança alimentar do brasileiro ao longo das décadas.”

Além disso, percebemos que as cartas de E4 e E6 eram idênticas. Os estudantes E4, E6 e E10 não participaram do debate. Como não houve a participação efetiva desses estudantes, existe a possibilidade de eles não terem ficado atentos às colocações dos colegas durante o debate. Uma forma de amenizar esses fatos pode ser solicitar a participação de todos no debate e promover uma discussão sobre plágio como parte da sequência didática.

Diante do exposto, ressaltamos a importância de que outras intervenções baseadas na ABP sejam realizadas no Ensino de Ciências, de forma que avaliar melhor as contribuições da metodologia para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes, como por exemplo, a argumentação, a pesquisa e o trabalho em grupo, habilidades que devem ser trabalhadas continuamente nas salas de aula.

Conclusão

A sequência didática baseada na ABP possibilitou a abordagem da temática Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) no ensino de Biologia, mais conhecidos como transgênicos, de forma que os estudantes fossem estimulados a comportarem-se como protagonistas da própria aprendizagem. A proposta desenvolvida gerou resultados que vão além dos conteúdos conceituais. Os resultados para o problema proposto apontam que a maioria dos estudantes apresenta uma opinião favorável ao plantio do milho geneticamente modificado, devido às vantagens associadas à economia e a maior oferta de alimentos, por exemplo. Há também estudantes que são contrários ao plantio do milho transgênico, justificando que há riscos dessa planta provocar problemas de saúde e impactos ambientais. Também foi observado que, de modo geral, os estudantes embasaram seus argumentos em dados obtidos por eles em pesquisas.

Durante os debates e nas cartas escritas os estudantes abordaram diferentes temas da Biologia e de outras áreas de conhecimento. Embora a estratégia desenvolvida devesse ser ajustada para garantir a participação integral dos estudantes, ela produziu resultados satisfatórios também em relação aos seguintes aspectos trabalhados: integração de conhecimentos para defender pontos de vista, capacidade de ouvir o outro, desenvolvimento da argumentação e a capacidade de trabalhar em grupos.

Referências

Brasil. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

Campos, M. C. C.; Nigro, R. G. **Didática de ciências: O ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 190 p. 1999.

Coelho, F. E. S. Primeiros Passos na Aprendizagem Baseada em Problemas. In: Minicursos do Congresso Regional Sobre Tecnologias na Educação, **Anais do Congresso Regional Sobre Tecnologias na Educação**, Natal – Brasil, p.603-610, 2016.

Hmelo-Silver, C. E. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? **Educational Psychology Review**, v.16, n°.3, p.235-66, 2004.

Komatsu, R. S. Aprendizagem Baseada Em Problemas: Um Caminho Para a Transformação Curricular. **Revista Brasileira De Educação Médica**. v. 23, n°. 2-3, p. 32-37, 1999.

Lopes, R. M.; Filho, M. V. S.; Marsden, M.; Alves, N. G.. Aprendizagem Baseada Em Problemas: Uma Experiência No Ensino De Química Toxicológica. **Química Nova**, v.34, n°.7,p. 1275-280, 2011.

Marques, G. Q; Cunha, M. B. Abordagem, Metodologia, Método, Estratégia, Técnica ou Recurso De Ensino: Como Definir a Aprendizagem Baseada Em Problemas?. **Revista Prática Docente**, v. 7, n. 1, p. 1-27, 2022.

Malheiro, J. M. DA S.; Diniz, C. W. P. Aprendizagem baseada em problemas no ensino de ciências: Mudando atitudes de alunos e professores. Amazônia: **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 4, p. 1, 2008.

Mizukami, M. G. N. **Ensino: as abordagens do processo**. São Paulo: EPU, 1986.

Ribeiro, L. R. C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL): Uma experiência no ensino superior**. [livro eletrônico], São Carlos: EdUFSCar, 2008.

Sobral, D. T.. Aprendizagem Baseada em Problemas: Efeitos no Aprendizado. **Revista Brasileira De Educação Médica**,v.18, n.2, p. 61-64, 1994.

Sousa, J. R. De; Santos, S. C. M. Dos. Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 10, n. 2, p. 1396–1416, 31 dez. 2020.

Vargas B. D.; Basso, A.; Rodrigues, T. V.; Silva, L. B.; Gatzke, M.; Frizzo, M. N. Biotecnologia e Alimentos Geneticamente Modificados: Uma Revisão. **Revista Contexto & Saúde**, v. 18, n. 35, p. 19-26, 2018.

Vargas, L. H. M. A Bioquímica e a Aprendizagem Baseada em Problemas. **Revista Brasileira de Ensino de Bioquímica e Biologia Molecular**, __, n.1, p.1-5, 2001.

Vygotsky, L. S.; Rieber, R. W.; Carton, A. S. **The collected works of L. S. Vygotsky**. New York: Plenum Press, 1987.