

A Genética na cozinha: uma proposta de aula experimental sobre a extração caseira de DNA da fruta de Kiwi (*Actinidia deliciosa*)

Genetics in the kitchen: an experimental activity in the home extraction of DNA from Kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*)

Genética en la cocina: una actividad experimental en la extracción casera de ADN del fruto de Kiwi (*Actinidia deliciosa*)

Recebido: 03/02/2022 | Revisado: 08/02/2022 | Aceito: 05/03/2022 | Publicado: 11/03/2022

Tiago Maretti Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8971-0647>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: tiagobio1@hotmail.com

Resumo

A Genética, é uma das áreas mais fantásticas da Biologia, e é definida como a ciência que se preocupa em estudar o indivíduo no que tange a sua hereditariedade. Dotada de muitos termos e processos abstratos, essa área é encarada por muitos alunos como complexa e tediosa. Para vencermos tais obstáculos, com o objetivo de facilitar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Biologia no Ensino Médio, propomos neste artigo uma atividade experimental de extração de DNA da fruta de kiwi (*Actinidia deliciosa*), utilizando materiais disponíveis em casa sendo estes, simples e de baixo custo. Com essa proposta experimental, acreditamos que suas discussões e problematizações medidas pelo professor, possam despertar a curiosidade dos alunos, além de facilitar a aprendizagem de temas relacionados a estrutura e função do DNA, unindo a teoria com a prática. Outro aspecto de grande destaque, é que a atividade experimental proposta, permite estimular o ato da experimentação científica nos discentes, tendo grande importância nas disciplinas de Biologia e Ciências. Vale a pena destacar, que essa atividade experimental, pode ser adaptada para o ensino virtual, ou semipresencial, sendo um modelo de aula muito comum nos dias atuais em decorrência da pandemia do novo Coronavírus (Sars-Cov-2).

Palavras-chave: Aula prática; Ácido desoxirribonucleico; DNA; Experimentação científica; Genética.

Abstract

Genetics is one of the most fantastic areas of Biology, and is defined as the science that is concerned with studying the individual in terms of heredity. Endowed with many abstract terms and processes, this area is seen by many students as complex and tedious. In order to overcome these obstacles, with the objective of facilitating the learning of students in the discipline of Biology in High School, we propose in this article an experimental activity of DNA extraction from the kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*), using materials available at home, being these, simple and low cost. With this experimental proposal, we believe that its discussions and problematizations, measured by the teacher, can arouse students' curiosity, in addition to facilitating the learning of topics related to the structure and function of DNA, uniting theory with practice. Another important aspect is that the proposed experimental activity allows stimulating the act of scientific experimentation in students, having great importance in the disciplines of Biology and Science. It is worth noting that this experimental activity can be adapted for virtual or blended teaching, being a very common class model these days due to the pandemic of the new coronavirus (Sars-Cov-2).

Keywords: Practical class; Deoxyribonucleic acid; DNA; Scientific experimentation; Genetics.

Resumen

La genética es una de las áreas más fantásticas de la Biología, y se define como la ciencia que se ocupa de estudiar al individuo en términos de herencia. Dotada de muchos términos y procesos abstractos, esta área es vista por muchos estudiantes como compleja y tediosa. Para superar estos obstáculos, con el objetivo de facilitar el aprendizaje de los estudiantes de la disciplina de Biología en la Educación Secundaria, proponemos en este artículo una actividad experimental de extracción de ADN del fruto del kiwi (*Actinidia deliciosa*), utilizando materiales disponibles en casa, siendo estos, sencillos y de bajo costo. Con esta propuesta experimental, creemos que sus discusiones y problematizaciones, medidas por el docente, pueden despertar la curiosidad de los estudiantes, además de facilitar el aprendizaje de temas relacionados con la estructura y función del ADN, uniendo la teoría con la práctica. Otro aspecto importante es que la actividad experimental propuesta permite estimular el acto de experimentación científica en los estudiantes, teniendo gran importancia en las disciplinas de Biología y Ciencias. Cabe señalar que esta actividad

experimental se puede adaptar para la enseñanza virtual o semipresencial, siendo un modelo de clase muy común en estos días debido a la pandemia del nuevo coronavirus (Sars-Cov-2).

Palabras clave: Clase práctica; Ácido desoxirribonucleico; ADN; Experimentación científica; Genética.

1. Introdução

Segundo Sadava et al. (2009, p. 14), a Genética é “o estudo da estrutura, funcionamento, e herança dos genes, as unidades da informação da hereditariedade”. Essa ciência, “começou com o trabalho do Monge austríaco Gregor Mendel, que publicou o resultado de seus experimentos em cruzamentos entre linhagens que haviam herdado variações em ervilhas em 1865 (Griffiths et al. 2009, p. 2). Nos dias atuais, a Genética está presente cada vez mais em nosso cotidiano, seja nos telejornais, na internet, e nos livros, assumindo seu “ator” principal, o DNA. Neste sentido, Sadava et al. (2009, p. 232) ressaltam que, “ele não é apenas manchete nas capas de revistas informativas como o “segredo da vida”, mas passou da obscuridade acadêmica para a conversa coloquial”.

No ensino médio, o ensino da Genética é um grande desafio para os professores, e uma tarefa árdua para que os alunos possam entendê-la de maneira mais prazerosa. Neste sentido, Gonçalves (2021a, sp) resalta que:

no Ensino Médio, a Genética se insere na Biologia como uma área muito extensa, uma vez que é dotada de muitos termos e processos que devem ser muito bem assimilados e compreendidos pelos alunos. Desta forma, ela é encarada como sendo uma área complexa, podendo desmotivar o processo de aprendizagem dos alunos.

Assim, Martinez e Paiva (2008, p. 43) reiteram que:

O conceito de DNA (ácido desoxirribonucleico) em metodologias de ensino-aprendizagem é um desafio para professores e pesquisadores envolvidos com a educação, devido, talvez, às dificuldades de se abstrair a teoria sobre DNA e demonstrá-la de forma visual, através de atividades práticas.

Já Araújo e Gusmão (2017, p. 2) destacam que:

[...]os conceitos abordados no ensino de genética são, geralmente, de difícil assimilação, sendo necessárias práticas que auxiliem no entendimento. Por conseguinte, as dificuldades para aprender genética são atribuídas ao fato de ser a genética uma área caracterizada por uma grande quantidade de termos, que se restringem apenas aos conhecimentos específicos da biologia, e que não estão presentes no cotidiano dos alunos.

Para vencermos tais obstáculos, segundo Gonçalves (2021b), é de grande importância a proposta de metodologias de ensino alternativas, e uma delas é o uso de aulas práticas, com o objetivo principal de facilitar a aprendizagem, e tornar o aprendizado dos alunos mais prazeroso, instigando a busca do conhecimento. Na literatura, vários autores defendem o uso de aulas experimentais no ensino de Biologia aos alunos do Ensino Médio. Neste sentido, Chiesse et al. (2016, p. 4) discute que:

O ato de aprender sob a ótica do saber investigativo e com o exercício de atividades práticas desenvolve nos alunos um processo interno que leva a interação com os demais colegas e com o professor: o contato através do conhecimento adquirido das conclusões e das avaliações obtidas por cada indivíduo e pelo grupo.

Segundo Interaminense (2019, p. 344), as aulas práticas possuem grande importância no ensino de Biologia, pois:

É de conhecimento comum, que se aprende melhor praticando. Concretizamos o conhecimento quando colocamos em prática aquilo que aprendemos. A biologia traz para o professor desta área, diversos meios de se constatar a veracidade dos conteúdos estudados de maneira teórica em sala de aula, através das aulas práticas e experimentais. Portanto o ensino da biologia deve integrar teoria á prática.

Infelizmente, no contexto escolar atual, a realização de aulas experimentais ainda é pouco comum, e um dos motivos pode estar atrelado, a falta de recursos, ou até mesmo a inexistência de um laboratório físico de Ciências e Biologia equipado com materiais necessários para condução dessas aulas. Outros fatores que desencorajam a experimentação como metodologia de ensino, segundo Marandino et al. (2019, p. 108) podem ter relação: “à ordem estrutural, ao tempo curricular, à insegurança em ministrar essas aulas e à falta de controle sobre um número grande de estudantes dentro de um espaço desafiador como o laboratório”. Assim, essa valiosa metodologia de ensino deve ser mais praticada no âmbito escolar, popularizando o ato de fazer ciência, permitindo aos alunos formularem e responderem hipóteses acerca do assunto que está sendo abordado. É importante ressaltarmos ainda que, a experimentação científica dentro de sala de aula permite instigar a curiosidade dos discentes, tornando o aprendizado uma tarefa mais descomplicada e prazerosa.

Desta forma, o principal objetivo deste trabalho é facilitar a aprendizagem de tópicos de genética, com a proposta de uma atividade prática aos alunos do ensino médio na disciplina de Biologia no que tange a extração do DNA caseira de baixo custo, utilizando-se a fruta de kiwi (*Actinidia deliciosa*). Vale a pena destacar, que essa atividade experimental, pode ser adaptada para o ensino virtual, ou semipresencial, sendo um modelo de aula muito comum nos dias atuais em decorrência da pandemia do novo Coronavírus (Sars-Cov-2). Assim, a atividade experimental proposta, pode ser efetuada pelos alunos em suas próprias casas, sendo instruídos previamente pelo professor. Em um próximo encontro, o professor poderá problematizar e discutir os resultados obtidos, potencializando a aprendizagem de tópicos de Genética aos alunos.

2. Metodologia

O protocolo de extração de DNA utilizado nesta proposta educacional, foi baseado com modificações no protocolo proposto por Dessen e Oyakawa (2022) e Gonçalves (2021a; c), sendo uma pesquisa com resultados qualitativos (Lüdke & André, 2013; Estrela, 2018; Pereira et al. 2018; Tourinho e Silva, & Souza, 2020).

A atividade prática terá duração mínima de 60 minutos, podendo ser realizada tanto em um espaço físico de um laboratório de Ciências/Biologia ou até mesmo dentro de sala de aula, que se dará por meio da mediação e orientação do professor, em conjunto com discussões e problematizações dos resultados obtidos.

Se for adotado o método virtual de ensino (aulas remotas), o professor poderá por meio de uma aula gravada, realizar a extração do DNA, mostrando o passo a passo aos alunos. Após isso, em suas casas, os alunos poderão replicar o experimento realizado pelo professor. No próximo encontro, o professor poderá discutir e problematizar com os alunos os resultados obtidos. Abaixo, está disponível, os materiais necessários para a realização da aula experimental proposta.

A atividade prática deste trabalho, poderá ser uma sequência didática realizada em duas etapas: a primeira, a extração do DNA das frutas tropicais que terá duração média de 40 minutos, já a segunda etapa, serão as discussões e problematizações que o professor irá realizar com os alunos, em relação ao DNA extraído, com duração média de 60 minutos, que pode ser realizada na aula em sequência da extração de DNA. Na listagem abaixo, estão dispostos os materiais necessários para a condução da atividade experimental.

2.1 Materiais utilizados na atividade prática

- Metade da fruta de Kiwi (*Actinidia deliciosa*) descascada;
- 1 saquinho do tipo zip lock;
- 1 faca sem ponta;
- 2 copos americanos transparentes de vidro de 200 mL cada;
- Detergente líquido transparente de lavar louças;
- Sal de cozinha (NaCl);

- Cronômetro (pode ser utilizado um smartphone);
- 1 copo plástico graduado;
- 1 colher de sopa;
- 1 colher de chá;
- 1 coador pequeno ou 1 peneira;
- 1 Bastão de vidro ou 1 canudo plástico;
- Álcool líquido 70% (gelado).

2.2 Preparo da fruta

Com o uso de uma faca sem pontas, descascar o kiwi pela metade, reservando uma delas para o experimento. A outra, poderá ser consumida. Descascar a fruta e utilizar apenas a sua parte interna, depositando no lixo orgânico a sua casca.

2.3 Extração do DNA

Colocar a polpa do kiwi, cortada em pequenos cubos dentro de um saco plástico com zíper do tipo “zip lock”, e adicionar 50 mL de água com o auxílio do copo graduado. Fechar o zíper do saquinho e macerar a polpa da fruta com o uso das mãos, esmagando-a, até que a mesma fique com consistência uniforme e na ausência de grumos, ou seja, formando uma pasta com seu suco.

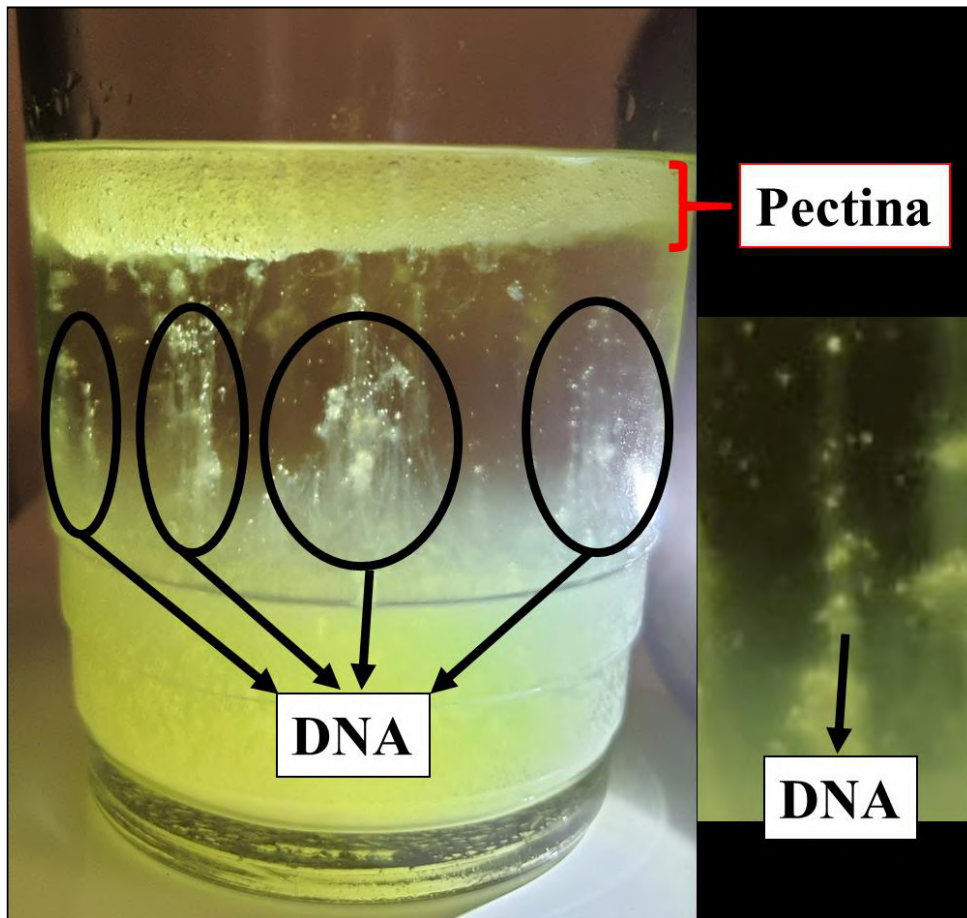
Transferir o macerado para um copo e adicionar 1 colher de sopa de detergente, e 1 colher de chá de sal de cozinha (NaCl). Deixar o copo em descanso, por cerca de 30 minutos (cronometrar o tempo por meio de um smartphone).

O conteúdo interno do copo, deverá ser agitado levemente de vez em quando com o uso de uma colher limpa, ou um bastão de vidro ou um canudo de plástico. Tomar cuidado para não agitar com muita rapidez, evitando o aparecimento de espumas e bolhas. Após decorrido o tempo de 30 minutos, filtrar a solução utilizando-se um coador ou peneira pequena, em um novo copo. A última etapa da extração, é a adição de 100 mL de álcool 70% gelado, (medido com o uso do copo graduado). O álcool 70% gelado, deve ser despejado de maneira cuidadosa pela parede interna do copo. Anotar os resultados obtidos.

3. Resultados e Discussão

Nas figuras 1 e 2, estão dispostos o resultado da extração de DNA da fruta do Kiwi. O professor deverá chamar a atenção dos alunos, que o DNA, pode ser observado como sendo vários filamentos finos (nuvens) que se posicionam no fundo da fase alcoólica, sem a presença de bolhas (Figura 1 e 2), já a pectina, que será discutida com maiores detalhes mais a frente é um carboidrato complexo, que permanecerá no topo da fase alcoólica no copo, com a aparência volumosa, com grande presença de bolhas (Figura 1 e 2).

Figura 1. Extração caseira de DNA de kiwi (*Actinidia deliciosa*). O DNA foi marcado por círculos pretos e foi ampliado a direita da imagem. A pectina foi marcada pelo colchete vermelho.



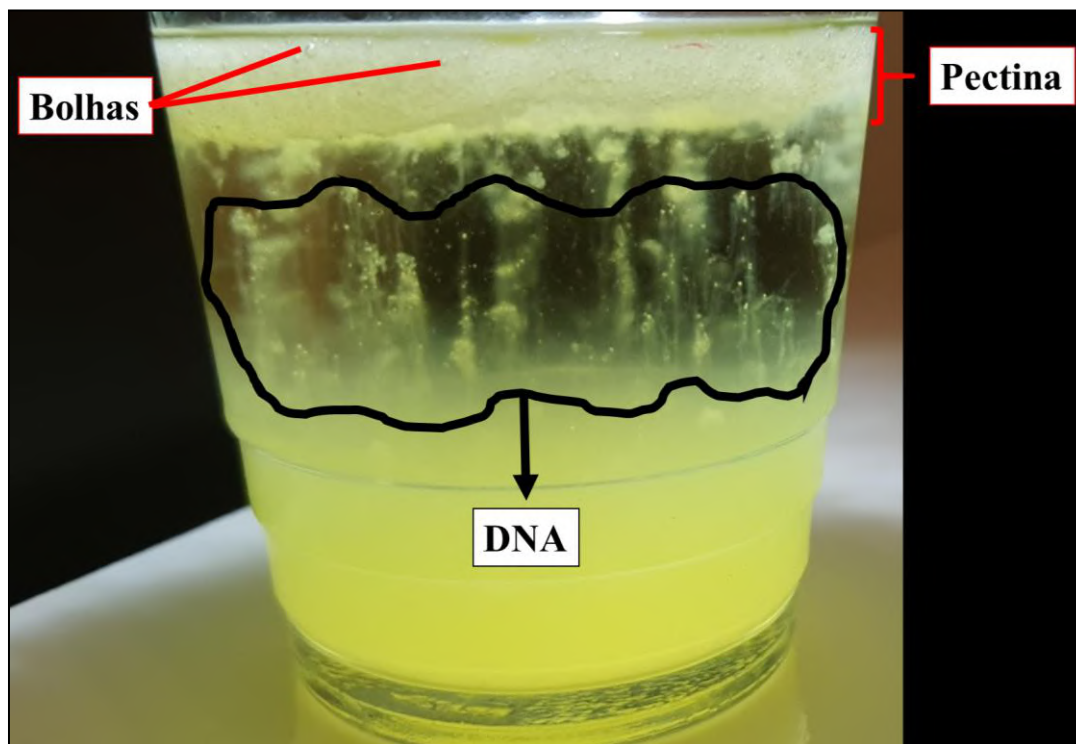
Fonte: Autor (2022).

Nessa parte da aula, o professor poderá resgatar com os alunos os aspectos relacionados a estrutura tridimensional da molécula de DNA (dupla hélice), relembando os alunos sobre os seus constituintes químicos, como o grupamento fosfato (PO_4^{3-}), o açúcar pentose (desoxirribose) e as bases nitrogenadas (A = adenina, T = timina, C = citosina e G = guanina). Logo em seguida, o professor poderá alertar aos alunos as funções da maceração e dos reagentes utilizados na aula prática da extração caseira do DNA. A maceração, auxilia na ruptura dos tecidos e o extravasamento das células. Já os reagentes utilizados no protocolo caseiro como o sal de cozinha (NaCl), terá como principal função, a de fornecer íons positivos, que irão neutralizar a carga negativa do DNA, permitindo que ocorra um ambiente favorável para sua extração. O detergente de cozinha utilizado na extração caseira, irá atuar rompendo as membranas plasmáticas das células e do núcleo do Kiwi, afetando o seu constituinte lipídico, permitindo a liberação do DNA e das proteínas para o meio externo. Já o álcool 70% gelado, irá atuar potencializando a precipitação do DNA, aglutinando o mesmo, não permitindo que este se dissolva em meio aquoso, permitindo-se assim sua visualização como um filamento muito fino, que será semelhante a nuvens.

Além do DNA extraído, o professor poderá comentar com os alunos, o aparecimento de outra substância, que pode ser facilmente confundida com o DNA, que é denominada de pectina. Essa molécula, é um carboidrato complexo, e surge logo após adicionar-se o álcool gelado 70%, precipitando-se na solução. A pectina nos vegetais, possui como principal função a de conferir resistência (rigidez) a parede celular, tornando as células mais unidas, umas às outras. O professor então, deverá alertar aos alunos em como diferenciar a pectina do DNA. O DNA (Figura 1 e 2), permanece mais ao fundo da fase alcoólica, com a aparência de nuvem, com filamentos mais finos que se assemelham a fios de algodão e levemente esbranquiçados, com

a ausência de bolhas. (Rodrigues et al., 2008). Já, a pectina (Figura 1 e 2), permanece no topo da fase alcoólica, com consistência gelatinosa e com a presença de grande quantidade de bolhas de ar (Rodrigues et al., 2008).

Figura 2. Extração de DNA da fruta de kiwi (*Actinidia deliciosa*). Figura que evidencia maior detalhamento da pectina (setas e colchete vermelho). O DNA foi sublinhado em preto.

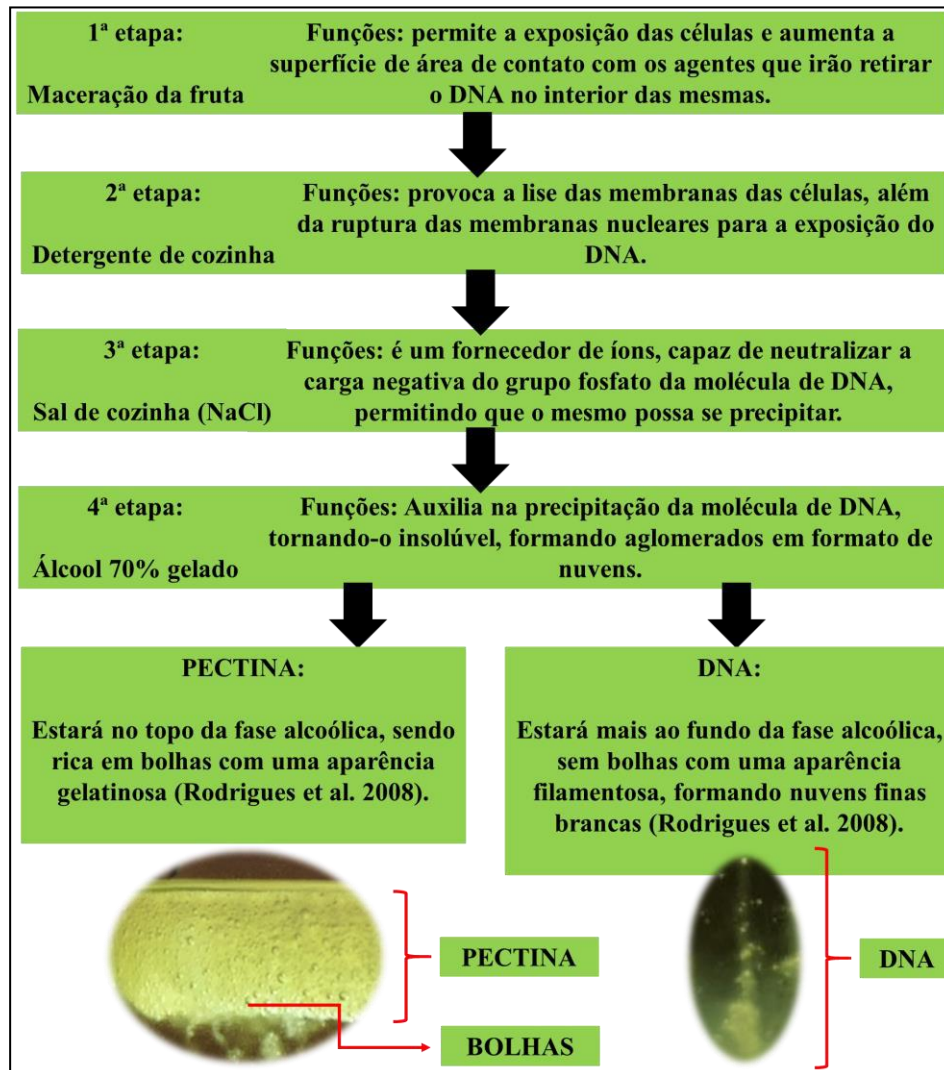


Fonte: Autor (2022).

Na literatura, Furlan et al. (2011), relatam que, muitos professores que lecionam tanto no ensino superior como também no ensino básico, explicam aos alunos de maneira incorreta, sobre o que é o DNA e o que é a pectina, pois os professores possuem uma certa dificuldade em diferenciá-las. E isso, pode ter originado em suas formações, por inexperiência ou falta de observação no método do qual foram ensinados. Dessa maneira, essa aula prática também possui grande importância em alertar os alunos e professores em diferenciar o que é pectina e o que é DNA, não cometendo este erro.

Para finalizar essa etapa da aula, o professor pode desenhar na lousa com um esquema no formato de fluxograma, as principais etapas envolvidas no processo de extração caseira do DNA, bem como um resumo da identificação e das diferenças entre a pectina e o DNA (Figura 3), vivenciado por essa proposta experimental, no intuito de permitir uma maior fixação do conteúdo aos alunos.

Figura 3. Fluxograma com as principais etapas envolvidas no processo de extração caseira do DNA de Kiwi (*Actinidia deliciosa*). Observar novamente, a distinção entre a pectina e o DNA.



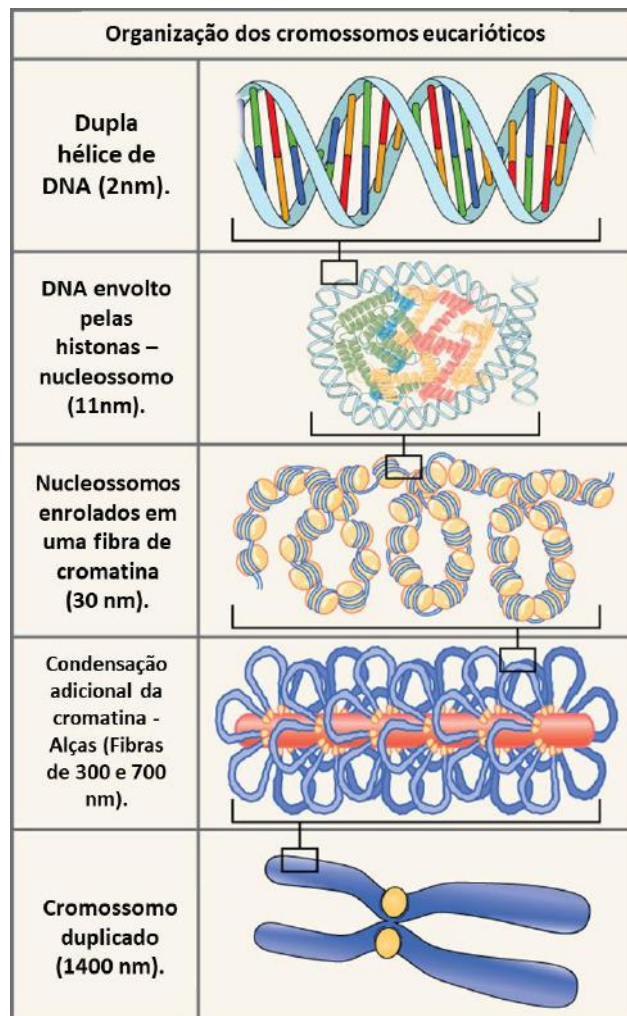
Fonte: Autor (2022).

Outro aspecto que pode ser explicado, é que por mais que possamos visualizar uma nuvem muito fina, ou diversos filamentos finos, não conseguimos enxergar a dupla hélice, como observaríamos nos livros didáticos. Para que possamos visualizar a dupla hélice, teríamos que fazer uso de tecnologias mais robustas e modernas da ciência, como por exemplo, o uso de um microscópio eletrônico. Neste sentido, da Silva (2018) realizou uma aula experimental de extração caseira de DNA de cebola (*Allium cepa*) aos alunos da 3ª série do ensino médio na disciplina de Biologia da Escola Prof. José Amável, em Teresina, PI. Como principais resultados deste trabalho, o autor pode verificar que a experimentação facilitou a aprendizagem dos alunos estimulando os mesmos de maneira mais dinâmica, acreditando que deveriam ter mais aulas práticas em seu cotidiano escolar. Outra constatação interessante, foi que os alunos imaginariam visualizar o DNA extraído na forma que é vista nos livros didáticos, ou seja a dupla hélice (estrutura tridimensional da molécula de DNA). No entanto, sabe-se que para visualizá-la desta forma, necessitaríamos de técnicas potentes de microscopia eletrônica.

A nuvem, disposta em filamentos muito finos que pode ser visualizada ao final do protocolo de extração, é o material genético (DNA) em conjunto com o RNA e as proteínas que realizam o mecanismo de compactação do DNA, ou seja, as histonas. Essas proteínas possuem grande importância dentro das células, pois são responsáveis em alocar (empacotar) o DNA corretamente dentro do núcleo celular eucariótico. Segundo Annunziato (2008), em cada uma das células humanas diploides,

se o DNA não estivesse empacotado pelas proteínas histônicas, ele teria um tamanho de aproximadamente 2 metros de comprimento, já somando todas as células humanas, essa cifra seria de 100 trilhões de metros de DNA (Annunziato, 2008), o que seria incompatível com a vida. A título ilustrativo, o professor poderá no final da aula, mostrar aos alunos uma fita colorida em suas mãos de maneira estendida com aproximadamente 2 metros de comprimento, fazendo alusão ao DNA nuclear descompactado. A partir desse momento, o professor já irá preparar os alunos para o próximo assunto sobre a Compactação do DNA eucariótico, abordando seus principais níveis (Figura 4), iniciando-se nos nucleossomos (11 nm), passando pela solenóide ou fibra de cromatina de 30 nm, as alças (fibras de 300 e 700 nm), terminando no nível máximo de compactação, o cromossomo (1400 nm) (Pierce, 2013).

Figura 4. Esquema simplificado dos níveis de compactação do DNA eucariótico. Unidade em nm (nanômetro) = 10^{-9} metro.



Fonte: Traduzido e modificado de Wikimedia Commons (2022) a partir de CNX OpenStax, CC BY 4.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>, via Wikimedia Commons. Disponível em: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Figure_10_01_03.jpg

Mediante a todas as possibilidades de trabalho acerca dessa atividade, o professor exibe um papel de grande importância, mediando e instigando as discussões e problematizando os resultados observados pelos alunos, fazendo com que os mesmos consigam relacionar a teoria na prática, e neste quesito, Júnior (2011, p. 103) defende que:

Considera-se mais conveniente um trabalho experimental que dê margem à discussão e interpretação de resultados obtidos, com o professor atuando no sentido de apresentar e desenvolver conceitos, leis e teorias envolvidos na

experimentação. Desta forma, o professor será um orientador crítico da aprendizagem, distanciando-se de uma postura autoritária e dogmática no ensino e possibilitando que os alunos venham a ter uma visão mais adequada do trabalho em Ciências.

Neste sentido, de Andrade e Massabni (2017, p. 841), ressaltam que:

Portanto, entende-se aqui que a atividade prática não deve se constituir apenas em atividade mecânica de medição, observação, descrição, entre outras, sem que se extraiam “lições” sobre o objeto estudado. Este objeto pode ser um animal vivo ou conservado, uma planta ou parte dela, um fenômeno físico, como a queda de um objeto, ou reações químicas, ou ainda, o objeto pode ser uma região florestal ou um rio degradado, entre outros. Assim, a atividade prática pressupõe participação do aluno em uma situação de ensino e aprendizagem em que se utiliza ou requer a análise e reflexão sobre dados primários da natureza.

4. Considerações Finais

O uso de aulas experimentais em Genética no Ensino Médio, pode ser um valioso método de ensino, pois permite aplicar na prática o que foi contextualizado na teoria, facilitando-se o processo de ensino e aprendizagem, promovendo nos discentes o lado da ciência e da experimentação. A atividade experimental proposta neste trabalho, resgata conceitos teóricos de grande importância contextualizados dentro dos tópicos de Genética, como por exemplo, a estrutura da dupla hélice de DNA, e os níveis de compactação do material genético eucariótico, permitindo aos alunos compreenderem como ocorre a extração de DNA, mesmo que de uma forma simples, utilizando um protocolo caseiro. Além, de alertar aos alunos, a identificação e diferenciação entre a pectina e o DNA, que no final do protocolo de extração caseiro, se precipitam por meio do uso do álcool gelado 70%.

Por fim, é importante salientar que as aulas experimentais devem ser mais utilizadas no contexto escolar pelos professores aos alunos do ensino médio, pois, infelizmente, essa abordagem de ensino ainda é rara. Como perspectivas futuras, o professor poderá propor aos alunos, a extração de DNA caseira de outras frutas, inclusive frutas regionais, ou até mesmo vegetais (hortaliças), sementes e plantas de diferentes espécies.

Referências

- Annunziato, A. (2008). DNA Packaging: Nucleosomes and Chromatin. *Nature Education* 1(1):26. [https://www.nature.com/scitable/topicpage/dna-packaging-nucleosomes-and-chromatin-310/#:~:text=That%20makes%20a%20total%20of,6%20C3%97%20109\)%5D](https://www.nature.com/scitable/topicpage/dna-packaging-nucleosomes-and-chromatin-310/#:~:text=That%20makes%20a%20total%20of,6%20C3%97%20109)%5D).
- Araújo, A. B., & Gusmão, F. A. F. (2017, maio). As Principais Dificuldades Encontradas no Ensino de Genética na Educação Básica Brasileira. *Anais do 10º Encontro Internacional de Formação de Professores e 11º Fórum Permanente Internacional de Inovação Educacional*, 10, 1-11, <https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/4710/1566>
- Chiese, A., Rocha, E. A., Avelino, J. L., Oliveira, L., Silva, L., da Silva, R. M. B., Assis, M. E. S., Moreira, M. M., Garcia, T. A., & Adão, T. M. S. (2016). *Revista PIBID UBG/FERP*, 1. http://www.ugb.edu.br/pibid/revista/assets/docs/BIOLOGIA_EXTRACAO-DA-MOLECULA-DE-DNA-EM-FRUTAS.pdf
- da Silva, J. S. (2018). “Extração de DNA de cebola (*Allium cepa*)” por alunos de uma Escola Estadual de Teresina-PI, como complemento no ensino de Genética. *Revista Científica Semana Acadêmica*. 155. <https://semanaacademica.org.br/artigo/extracao-de-dna-de-cebola-allium-cepa-por-alunos-de-uma-escola-estadual-de-teresina-pi-como>
- de Andrade, M. L. F., & Massabni, V. G. O. (2011). Desenvolvimento de Atividades Práticas na Escola: Um Desafio Para os Professores de Ciências. *Ciência & Educação*, 17(4), 835-854. <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/vYTLzSk4LJFt9gVdQqztQvw/abstract/?lang=pt>
- Dessen, E. M. B., & Oyakawa, J. (2022). *Extração caseira de DNA de morango*. <https://genoma.ib.usp.br/files/upload/44/aula-extracaodna.pdf>
- Estrela, C. (2018). *Metodologia Científica: Ciência, Ensino, Pesquisa*. Editora Artes Médicas.
- Furlan, C. M., Almeida, A. C., Rodrigues, C. D. N., Tanigushi, D. G., Santos, D. Y. A. C., Motta, L. B. & Chow, F. (2011). Extração de DNA vegetal: o que estamos realmente ensinando em sala de aula? *Química Nova na Escola*, 33(1). http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_1/05-RSA6409.pdf
- Gonçalves, T. M. (2021a). Extrair o DNA de vegetais: uma proposta de aula prática para facilitar a aprendizagem de Genética no Ensino Médio. *Revista Educação Pública*, 21(15). <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/15/extraindo-o-dna-de-vegetais-uma-proposta-de-aula-pratica-para-facilitar-a-aprendizagem-de-genetica-no-ensino-medio>

- Gonçalves, T. M. (2021b). A guerra imunológica das células contra os patógenos: a proposta de um modelo didático tridimensional de baixo custo para simulação da resposta imune celular mediada por linfócitos T CD8+. *Brazilian Journal of Development*, 7(1), 4.854-4.860. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/23099/18554>
- Gonçalves, T. M. (2021c). *Propondo uma atividade prática: extraindo DNA de frutas tropicais para potencializar o ensino de biologia no ensino médio*. Anais do VI Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências... Campina Grande: Realize Editora. <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/77145>
- Griffiths, A. J. S., Wessler, S. R., Lewontin, R. C., & Carroll, S. B. (2009). *Introdução a genética*. (9a ed.), Guanabara Koogan.
- Interaminense, B. K. S. (2019). A Importância das aulas práticas no ensino da Biologia: Uma Metodologia Interativa. *Revista Id on line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*. 13(45), 342-355. <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1842/2675>
- Júnior, L. B. (2011). *Projetos e experimentação no ensino de ciências e biologia*. In: Guerra, R. A. T. (Org)., Júnior, L. B., Barbosa, M. J. C., Geglio, P. C., & Pimenta, S. A. Cadernos CB Virtual 7. Ed. Universitária. http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_7/2-PROJETO_EXPERIMENTACAO.pdf
- Lüdke, M. & André, M. E. D. A. (2013). *Pesquisas em educação: uma abordagem qualitativa*. E.P.U.
- Marandino, M., Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2009). *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. Cortez Editora.
- Martinez, E. R. M., & Paiva, L. R. S. (2008). Eletroforese de ácidos nucleicos: uma prática para o ensino de genética. *Genética na Escola*, 3(1), 43-48. https://www.geneticanaescola.com/_files/ugd/b703be_60975e191003437f88c6d53b4c7b64b6.pdf
- Pereira A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM. https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/358/2019/02/Metodologia-da-Pesquisa-Cientifica_final.pdf
- Pierce, B. A. (2013). *Genética: um enfoque conceitual*. (3a ed.), Guanabara Koogan.
- Rodrigues, C. N., Almeida, A. C., Furlan, C. M., Tanigushi, D. G., Santos, D. Y. A. C., Chow, F. & Motta, L. B. (2008). *DNA vegetal na sala de aula*. Ibusp - Departamento de Botânica. <http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/bmaterial6.pdf>.
- Sadava, D., Heller, H. C., Orians, G. H., Purves, W. K. & Hillis, D. M. (2009). *Vida: A Ciência da Biologia. Volume I: Célula e Hereditariedade*. (8a ed.), Artmed, 461p.
- Tourinho e Silva, A. C. & Souza, D. N. (2020). *Sequências de ensino investigativas para o ensino de ciências*. Ed. CRV.
- Wikimédia Commons (2022) – OpenStax. *Organização dos Cromossomos eucarióticos*. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1a/Figure_10_01_03.jpg