

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

**ATIVIDADES PRÁTICAS DE BIOLOGIA: O USO DE
UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE O CICLO CELULAR**

MICHELLE MARA DE OLIVEIRA LIMA

ORIENTADOR: PROF. DR. PEDRO MARCOS ALMEIDA

CO-ORIENTADOR(A): PROF(A). DR(A). FRANCIELLE ALLINE MARTINS

Teresina – PI
2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ

CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA

**ATIVIDADES PRÁTICAS DE BIOLOGIA: O USO DE
UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA
SOBRE O CICLO CELULAR**

MICHELLE MARA DE OLIVEIRA LIMA

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional – PROFBIO da Estadual do Piauí, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientador: Prof. Dr. Pedro Marco Almeida

Co-orientadora: Prof. Dra. Francielle Aline Martins

Teresina – PI

2019

L732a Lima, Michelle Mara de Oliveira
Atividades práticas de biologia: uma sequência de ensino
investigativa sobre o ciclo celular / Michelle Mara de Oliveira Lima,
– 2019.
92 f.: il

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do
Piauí – UESPI, Mestrado Profissional em Ensino de Biologia,
2019.
"Orientador Prof. Dr. Pedro Marcos Almeida."

1. *Allium cepa*. 2. Metodologia Ativa. 3. Mitose.
4. Modelo Didático. I. Título.

CDD: 571.6

Ficha elaborada pelo Serviço de Catalogação da Biblioteca Central da UESPI
Nayla Kedma de Carvalho Santos (Bibliotecária) CRB-3º/1188

ATIVIDADES PRÁTICAS DE BIOLOGIA: O USO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE O CICLO CELULAR

MICHELLE MARA DE OLIVEIRA LIMA

Trabalho de Conclusão de Mestrado apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO da Universidade Estadual do Piauí, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia. Área de concentração: Ensino de Biologia.

Aprovado em 22 de maio de 2019.

Membros da Banca:



Prof. Dr. Pedro Marcos Almeida

(Presidente da Banca – Universidade Estadual do Piauí - UESPI)



Prof(a). Dr(a). Francielle Aline Martins

(Membro Titular - Universidade Estadual do Piauí – UESPI)



Prof(a). Dr(a). Francilene Vieira da Silva

(Membro Titular – Centro Universitário Maurício de Nassau – UNINASSAU-FAP)

Prof(a). Dr(a). Rosemary Cordeiro Torres Brito

(Membro Suplente – Universidade Estadual do Piauí - UESPI)

Teresina – PI

2019

À minha pequena, Maria Valentina.

RELATO DO MESTRANDO

Sou graduada em Biologia pelo Instituto Federal do Piauí - IFPI, e pouco tempo depois, retornei à instituição como professora. Ao refletir sobre a minha prática pedagógica, anteriormente na rede estadual de ensino, com o Ensino Fundamental e Médio regular e com a Educação de Jovens e Adultos, e, posteriormente, como professora do IFPI, concluí que sempre estive preocupada com o aprendizado dos alunos. Atualmente, no IFPI, atuo em dois níveis de ensino: o médio integrado ao técnico e o ensino superior, com o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

Como professora de Biologia que atua no Ensino Médio, um dos maiores desafios que encontrei ao longo da minha carreira profissional foi o de tentar transpor conteúdos de difícil compreensão, com o intuito de buscar tanto a participação dos alunos em sala de aula, quanto para garantir a aprendizagem sobre o conteúdo. Por atuar em uma instituição Federal de ensino, afirmo que as oportunidades oferecidas aos nossos alunos são muito diferentes daquelas oferecidas aos alunos das outras redes de ensino, principalmente das redes públicas municipais e estaduais. Tal constatação faz com que, nós, profissionais que atuam em cursos de formação de professores, sempre busquemos ter uma preocupação maior sobre os profissionais que estamos formando, visando a sua preparação para o mercado de trabalho, seja ele público, ou particular.

Neste sentido, o PROFBIO me permitiu visualizar novas possibilidades de aplicação dos conteúdos de Biologia, independentemente do nível de ensino empregado, de forma que fosse possível suprimir as dificuldades encontradas pelos estudantes, sejam elas de compreensão do conteúdo ou de falta de recursos nas realidades vivenciadas pelas escolas. Portanto, acredito que o maior benefício do PROFBIO com a minha prática docente tenha sido, principalmente, com meus alunos do curso de graduação. Por ministrar disciplinas como Instrumentação para o Ensino Fundamental e para o Ensino Médio pude mostrar para os professores em formação que a prática pedagógica do professor de Biologia pode ser muito mais ampla e prazerosa. Desta forma, a partir dos conhecimentos adquiridos durante o mestrado, posso colaborar de forma efetiva, para a formação de professores de Biologia que estejam mais comprometidos com o ensino e com a aprendizagem de qualidade.

AGRADECIMENTOS

- ❖ A todos os que fazem a Universidade Estadual do Piauí – UESPI, e à coordenação geral do PROFBIO na Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.
- ❖ À CAPES pela contribuição com o financiamento da bolsa
- ❖ À Coordenação local e aos professores do PROFBIO, obrigada por cada ensinamento que nos repassaram ao longo do curso. Sinto-me honrada em ter tido mestres como vocês!
- ❖ Ao melhor orientador que alguém pode ter. Professor Pedro, não há palavras suficientes que possam expressar toda a minha gratidão e admiração por ser um profissional ímpar e um orientador tão zeloso. Obrigada por todo o apoio, incentivo, ensinamentos, paciência e parceria.
- ❖ À Professora e co-orientadora, Francielle pelo apoio, ensinamentos e auxílio na estatística. Obrigada pelos conselhos e incentivo!
- ❖ À minha filha, Maria Valentina, que embora ainda seja muito pequena para compreender, aceitou minhas ausências e, mesmo sem querer, me motivou e ainda motiva a buscar a melhor versão de mim e a não desistir nunca.
- ❖ Aos meus pais, Olenice e Neto, e aos meus irmãos, Nathalye, Roberto e Camilla, por acreditarem em mim e pelo apoio incondicional em toda a minha jornada.
- ❖ Ao Maurício pela paciência, zelo, companheirismo e, principalmente, pela compreensão e apoio em todas as minhas ausências.
- ❖ À minha família “postiça” que me adotou em Floriano, e quem têm cuidado tão bem de mim e da Maria Valentina. Obrigada por tudo (que não é pouco), Tia Valdilene, Tio Chiquinho, Tayane e Tainá.
- ❖ À toda a família Nolêto, em especial à Letícia e sua família, por todo o apoio, incentivo e por terem cuidado tão bem da Maria Valentina enquanto tive que me fazer ausente.

- ❖ À querida, Viviane Borges (técnica do laboratório do IFPI) que viabilizou a realização etapa da prática com as três escolas em nosso laboratório, sempre com muita animação, paciência e profissionalismo.
- ❖ Aos estudantes das três escolas que fizeram parte da pesquisa, pelo compromisso, receptividade e paciência em participar deste trabalho.
- ❖ À Escola Estadual Bucar Neto, em especial à Coordenadora Rilda, pela receptividade, apoio, e colaboração com esta pesquisa.
- ❖ Ao Colégio Impacto, em especial aos professores Majorone, A.J. e Tainá por colaborarem com a execução desta pesquisa, pelo apoio, receptividade e parceria.
- ❖ A todos os que fazem parte do Instituto Federal do Piauí – Campus Floriano, em especial ao amigo Odimógenes Lopes, pelo incentivo desde que cheguei ao Campus, apoio e colaboração de sempre e ao professor Paulo pelo auxílio com o abstract.
- ❖ Aos meus queridos: Domingas, Raylson, Ariane, Marciléia e Kássia que me apoiaram na execução das atividades desta pesquisa, sempre com disposição, pontualidade e ânimo. Sem o apoio de vocês eu não conseguiria, muito obrigada!
- ❖ Ao amigo Maurício Araújo, obrigada por me socorrer com as “coisas tecnológicas” e por sempre me ajudar e incentivar.
- ❖ Aos meus amigos do PROFBIO, obrigada pela convivência nestes dois anos. Aprendi muito com vocês e já sinto muita saudade.

*“Educar-se é impregnar de sentido cada momento
da vida, cada ato cotidiano”
(Paulo Freire)*

RESUMO

LIMA, M. M. de O. **Atividades práticas de Biologia: o uso de uma sequência de ensino investigativa sobre o ciclo celular.** 2019. 92 p. Trabalho de Conclusão de Mestrado (Mestrado em Ensino de Biologia) – Universidade Estadual do Piauí. Teresina.

A forma tradicional de exposição dos conteúdos de Biologia contribui para a fragmentação do ensino, dificuldades na compreensão, aplicações e/ou correlações com o cotidiano dos estudantes, como é observado no conteúdo do ciclo celular. Sendo assim, metodologias alternativas podem ser utilizadas como ferramentas para auxiliar e melhorar o processo de ensino. A aprendizagem baseada em problemas utilizando o ensino por investigação permite que o estudante protagonize a construção do conhecimento com a sua participação ativa em buscar soluções para a problematização sob orientação do professor. O objetivo deste estudo foi avaliar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) com um modelo didático e o teste *Allium cepa* L. para o ensino do ciclo celular, bem como analisar a progressão dos conhecimentos adquiridos e a percepção dos estudantes quanto as metodologias empregadas na SEI. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UESPI 2.609.879) e realizada com estudantes de duas escolas públicas (Federal e Estadual) e uma particular do município de Floriano (PI), que responderam aos questionários pré e pós-teste com perguntas subjetivas e objetivas. Perguntas motivadoras foram utilizadas na SEI, com o intuito de instigar os estudantes a refletir e a buscarem as respostas a partir da aplicação das metodologias. No modelo didático que consiste em peças de montar, os estudantes representaram as fases do ciclo celular a partir do reconhecimento das estruturas e de suas funções. No teste *A. cepa*, foi possível analisar as fases do ciclo celular e observar as diferentes formas que os cromossomos podem adquirir em cada fase. Os resultados foram analisados pelos testes t e de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) no programa BioEstat 5.3 e o ganho normalizado de aprendizagem (g) foi analisado pela equação de Hake. A partir das concepções prévias frente às problematizações presentes na SEI, verificou-se que os estudantes das três escolas possuíam conhecimentos desconexos e fragmentados quanto ao conteúdo do ciclo celular, o que foi comprovado pelas respostas do pré-teste. Neste questionário, os estudantes da Federal apresentaram melhores médias nas questões subjetivas e os da Particular nas objetivas. Na comparação do pós com o pré-teste, houve uma melhora significativa das respostas

dos estudantes das três escolas para todas as questões (subjetivas e objetivas). Na comparação do pós-teste entre as escolas, os estudantes da Federal e da Particular apresentaram melhores médias do que os estudantes da Estadual. Com relação à progressão do conhecimento sobre o ciclo celular, os valores de g (total) foram altos ($g \geq 0,70$) para a Federal e Particular e médios ($0,30 \leq g < 0,70$) para a Estadual. As metodologias aplicadas na SEI foram consideradas satisfatórias e tiveram ótima aceitação pelos estudantes das três escolas. Portanto, constatou-se que o uso da SEI facilitou a compreensão da dinâmica que envolve o ciclo celular e suas implicações para a constituição dos seres vivos, minimizando o distanciamento entre a teoria e a prática.

Palavras-chave: *Allium cepa*. Metodologia Ativa. Mitose. Modelo didático.

ABSTRACT

LIMA, M. M. de O. **Biology's practical activities: the use of an investigative teaching sequence about the cell cycle.** 2019. 92 p. Master's Degree (Master's Degree in Biology Teaching) - State University of Piauí. Teresina.

The traditional way of exposing the contents of Biology contributes to the teaching fragmentation, understanding difficulties, applications and/or correlations with students' daily life, as observed in the cell cycle content. Thus, alternative methodologies can be used as tools to aid and improve the teaching process. Problem-based learning (PBL) using investigative teaching allows the student to lead the knowledge construction with their active participation in seeking solutions for problem-solving under the teacher guidance. This study aimed to evaluate an Investigative Teaching Sequence (ITS) with a didactic model and the *Allium cepa* L. test for the cell cycle teaching, as well as to analyze the acquired knowledge progression and the students' perception with methodologies used in the ITS. This research was approved by the Research Ethics Committee (CEP-UESPI 2.609.879) and carried out with students from two public schools (Federal and State) and a private school from Floriano city (PI), who answered the questionnaires pre- and post-test with subjective and objective questions. Motivating questions were used in the ITS, with the instigating the students purpose to reflect and to seek the answers from the application of the methodologies. In the didactic model that consists of assembly pieces, the students represented the cell cycle phases from the structures and their functions recognition. In the *A. cepa* test, it was possible to analyze the cell cycle phases and observe the different forms that the chromosomes can acquire in each phase. The results were analyzed by the t-tests and Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) at the BioEstat 5.3 program and the normalized learning gain (g) was analyzed by the Hake equation. From the previous conceptions regarding the problematizations present in the ITS, it was verified that the students of the three schools possessed disconnected and fragmented knowledge regarding the cell cycle content, which one was proven by the answers of the pre-test. In this questionnaire, the students of the Federal school presented better results in the subjective questions and the ones of the private school in the objectives. In the comparison of the powders with the pre-test, there was a significant improvement in the responses of the students from the three schools to all questions (subjective and objective). In the comparison of the post-test between the schools, Federal and Private students presented better results than the State students. Regarding the progression

of the knowledge about the cell cycle, the values of g (total) were high ($g \geq 0.70$) for the Federal and Private and average ($0.30 \leq g < 0.70$) for the State. The methodologies applied in the ITS were considered satisfactory and had great acceptance by the students of the three schools. Therefore, it was found that the use of ITS facilitated the understanding of the dynamics involved in the cell cycle and its implications for the constitution of living beings, minimizing the distance between theory and practice.

Keywords: *Allium cepa*. Active Methodology. Mitosis. Didactic model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Habilidades desenvolvidas pelos estudantes mediante a utilização de Metodologias Ativas de ensino.....	27
Figura 2.2 - Exemplos de modelos didáticos sobre o ciclo celular utilizando materiais de baixo custo.	31
Figura 2.3 - Micrografias de células meristemáticas de <i>A. cepa</i> em divisão. (A) Intérfase, (B) Prófase, (C) Metáfase, (D) Anáfase e (E) Telófase.	34
Figura 3.1 - Peças que compõem o modelo didático. Peça base (verde e branco), envoltório nuclear (azul); cromatina e cromossomos (vermelho e roxo); centrômeros (laranja e azul); centríolos e fuso mitótico (amarelo). 38	38
Figura 3.2 - Fases do ciclo celular no modelo didático. (A) Intérfase, (B) Prófase, (C) Metáfase, (D) Anáfase, (E) Telófase.	38
Figura 4.1 - Média das respostas dos questionários pré e pós-teste das questões subjetivas realizadas por 21 alunos das escolas Federal (A), Estadual (B) e Particular (C) na cidade de Floriano-PI. 43	43
Figura 4.2 - Média das respostas dos questionários pré e pós-teste das questões objetivas realizadas por 21 alunos das escolas Federal (A), Estadual (B) e Particular (C) na cidade de Floriano-PI.	44
Figura 4.3 – Média das respostas do pré-teste (A) e do pós-teste (B) das questões subjetivas realizadas por 21 estudantes da escola Federal, Estadual e Particular na cidade de Floriano-PI.	46
Figura 4.4 - Média das respostas do pré-teste (A) e do pós-teste (B) das questões objetivas realizadas por 21 estudantes da escola Federal, Estadual e Particular na cidade de Floriano-PI.	48
Figura 4.5 - Média das respostas do questionário feedback para o modelo didático (A) e para a prática de <i>A. cepa</i> (B) realizadas por 21 estudantes da escola Federal, Estadual e Particular na cidade de Floriano-PI.	55
Figura 7.1 - Modelo didático sobre o Ciclo Celular.....	69
Figura 7.2 - Extrusora - equipamento utilizado para trabalhar com massa de biscoit. ^{1, 2, 3, 4 e 5} Bicos utilizados para confecção do modelo didático sobre o ciclo celular. 1 – para reproduzir a cromatina; 2 – para reproduzir o envoltório nuclear; 3 – para reproduzir os centríolos; 4 – para reproduzir o cromossomo metafásico e 5 – para reproduzir o cromossomo em início de condensação.....	70
Figura 7.3 - Tipos de bicos utilizados na confecção das peças do modelo didático sobre o ciclo celular.....	71
Figura 7.4 – Etapas da prática de <i>A. cepa</i>	73
Figura 7.5 – Etapas da prática de <i>A. cepa</i>	74

Figura 7.6 – Imagens utilizadas para a avaliação sobre a análise das células meristemáticas de *A. cepa*.75

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Percentual de acertos (pré e pós-teste) e o ganho normalizado de aprendizagem (<i>g</i>) das escolas Federal (IFPI), Estadual (Unidade Escolar Bucar Neto) e Particular (Colégio Impacto) em Floriano – PI.....	52
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- MA** – Metodologias Ativas;
- SEI** – Sequências de Ensino Investigativas;
- LDB** – Lei de Diretrizes e Bases da Educação;
- MEC** – Ministério da Educação;
- PCN's** – Parâmetros Curriculares Nacionais;
- BNCC** – Base Nacional Comum Curricular
- DNA** – Ácido desoxirribonucleico;
- EJA** – Educação de Jovens e Adultos;
- ED** – Engenharia Didática;
- CEP** – Comitê de Ética e Pesquisa;
- UESPI** – Universidade Estadual do Piauí;
- IFPI** – Instituto Federal do Piauí;
- ENEM** – Exame Nacional do Ensino Médio.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.2 O ensino de Biologia Celular	23
2.3 Metodologias Ativas (MA) de ensino	25
2.3.1 Sequência de Ensino Investigativa (SEI)	28
2.3.1.1 Modelos didáticos para o ensino de Biologia.....	30
2.3.1.2 Aulas práticas para o ensino de Biologia.....	32
3. METODOLOGIA	35
3.2.1 <i>Aplicação e avaliação do pré-questionário (pré-teste)</i>	35
3.2.2 <i>Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o ciclo celular</i>	37
3.2.2.1 Problematização Geral	37
3.2.2.2 Modelo didático sobre o ciclo celular	37
3.2.2.3 Aula prática de <i>A. cepa</i>	39
3.2.3 Aplicação e avaliação do pós-questionário (pós-teste)	40
3.2.4 Aplicação e avaliação do questionário “feedback” para as metodologias propostas.....	40
3.2.5 Análise estatística	40
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
7. PRODUTO	68
7.1 Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o ciclo celular	68
APÊNDICE A*	76
QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE.....	76
APÊNDICE B*	80
ROTEIRO DE PRÁTICA	80
APÊNDICE C*	83

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE	83
APÊNDICE D*	87
QUESTIONÁRIO FEEDBACK.....	87
ANEXO A*	89

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Biologia deve permitir a compreensão das relações existentes entre os seres vivos e não vivos, estimulando discussões e debates no contexto escolar e social a partir da aquisição conhecimento científico. No entanto, os estudantes geralmente apresentam dificuldades na aprendizagem dessa disciplina, por possuir uma variedade de terminologias e temas em nível molecular, o que dificulta a consolidação do conhecimento, além de estarem desvinculados de suas realidades [1,2]. A prática docente na disciplina de Biologia tem sido pautada, principalmente, na racionalidade técnica, onde é priorizada a mera transmissão dos conteúdos, sem propiciar a interação do professor com os estudantes, e entre os estudantes na construção dos conhecimentos [3]. Assim, torna-se relevante que haja modificações nos processos metodológicos utilizados pelo professor, tendo em vista a estimular a participação dos estudantes na construção dos conhecimentos.

Uma das áreas da Biologia que, geralmente, apresenta maior dificuldade de compreensão é a Biologia Celular devido à presença de termos e processos que estão relacionados às dimensões microscópicas. O tópico ciclo celular exige não somente a compreensão das estruturas presentes nas células, mas também a participação de cada estrutura durante todas as fases do ciclo. Este conteúdo, devido à sua abstração e difícil aplicabilidade no cotidiano, geralmente é descrito como de difícil compreensão, pois os estudantes não conseguem relacionar as estruturas às suas respectivas funções em cada fase do ciclo celular e nem a importância deste evento para a manutenção da vida [4,5].

Neste contexto, na tentativa de superar a fragmentação do ensino e de promover interações entre os sujeitos, estudos recentes têm buscado incorporar estratégias metodológicas que estimulem a participação e a integração dos estudantes na construção dos conhecimentos como as Metodologias Ativas (MA) de ensino [6-9]. Dentre as MA, pode-se destacar a aprendizagem baseada em problemas, que visa à construção do conhecimento mediante a busca pela solução, que podem ser resolvidos pelo ensino por investigação. Segundo Scarpa e Campos [10], o ensino por investigação deve ter como princípio norteador, o uso de estratégias didáticas que tenham o intuito primordial de envolver ativamente os estudantes na construção de

sua aprendizagem por meio da resolução de questões e problemas, em que a reflexão, a análise e a discussão sejam condições para solucioná-las. Desta forma, o professor pode selecionar modelos lúdicos e/ou práticas que possam integrar sequências de ensino que promovam o ensino investigativo com o intuito de alcançar uma aprendizagem significativa, como modelos didáticos e aulas práticas.

Modelos didáticos são metodologias de ensino eficazes no ensino de biologia celular, auxiliando na aprendizagem de conceitos e processos abstratos [11–13]. Muitos autores utilizam esta estratégia didática para minimizar as dificuldades encontradas pelos estudantes na compreensão do ciclo celular [4,14–16]. Entretanto, a aplicação desta metodologia dentro de uma perspectiva investigativa ainda é pouco relatada na literatura.

Aulas práticas são metodologias de ensino que despertam a curiosidade dos estudantes e são estratégias que favorecem a observação e a investigação dos fenômenos biológicos estudados. Para o estudo do ciclo celular, autores como Wons [17], Cobalchini [18] e Fernandes *et al.* [19] propõe a utilização da prática de *Allium cepa* L. (cebola) como metodologia de ensino sobre mitose em manuais de aulas práticas. No entanto, estudos científicos com estudantes foi relatada apenas por Carneiro e Silva [20], Barbosa [21] e Kieling *et al.* [5]. Estes estudos permitiram ressaltar a importância dessa prática, pois contribuiu de forma positiva para a compreensão dos estudantes sobre o ciclo celular. Contudo, os estudos voltados para o ensino do ciclo celular utilizando a prática *A. cepa* ainda são incipientes na educação básica a partir de uma perspectiva investigativa.

Sendo assim, considerando a importância de utilizar metodologias de ensino que estimulem os estudantes a analisar e refletir sobre problemas propostos para a construção do conhecimento, o objetivo deste estudo foi desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o ciclo celular utilizando um modelo didático e células meristemáticas de *A. cepa* como metodologias de ensino, bem como avaliar a sua utilização com estudantes de duas escolas públicas (Federal e Estadual) e uma particular em Floriano-PI, bem como analisar a progressão do conhecimento e o feedback dos estudantes quanto as metodologias utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve histórico sobre o ensino de Ciências e Biologia no Brasil

A primeira fase do ensino no Brasil teve foco no estudo de línguas e matemática ainda com os jesuítas. Os conteúdos científicos foram inseridos apenas no século XIX, respondendo às exigências dos avanços científicos para a época [22]. Desde que foi implantado no Brasil, na década de 1930, o ensino de ciências buscou firmar-se tendo como base uma proposta inovadora e dinâmica [23]. No entanto, ao longo da história educacional do país, esta proposta sofreu grandes variações em seu exercício profissional, principalmente, entre as décadas de 1960 e 1990 [24].

A década de 1960 foi caracterizada pelo crescimento industrial e pelo desenvolvimento científico e tecnológico, promovendo mudanças no ensino de ciências e na formação científica dos estudantes. Em 21 de dezembro de 1961 foi criada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) nº 4.024, que trouxe uma abordagem mais científica e tecnicista a partir da inserção do ensino de ciências no currículo escolar [23]. Neste período, a Biologia ganhou destaque mundial, alcançando considerável espaço dentro do currículo escolar internacional como uma disciplina relevante. O conhecimento biológico passou a ser mais amplo do que apenas zoologia e botânica, passando a abordar temas relacionados a todos os seres vivos [25].

Com a LDB nº 5.692 de 11 de agosto de 1971, observaram-se propostas educacionais voltadas para a formação de indivíduos para o mundo do trabalho e à preparação de cientistas. Para Krasilshick [24], o período que compreendeu a ditadura militar é contraditório no que se refere ao projeto nacional de educação vigente. Embora o texto da LDB valorizasse disciplinas científicas, na prática elas foram prejudicadas pelo incentivo à mercantilização do ensino, com enfoque tecnicista. De acordo com Silva *et al.* [22], neste período o ensino ficou voltado apenas para a formação de mão de obra qualificada em resposta à demanda da industrialização, levando a um distanciamento dos estudantes com o método científico. Assim, a formação básica foi prejudicada sem que houvesse o devido benefício para a profissionalização.

Entre 1970 e 1980 surgiram as primeiras teorias cognitivistas no Brasil, que presumem que o ensino deve ser voltado para o construtivismo na perspectiva de uma

abordagem interacionista [23]. Inspirados em Jean Piaget (1896-1980), houve uma valorização da aprendizagem pela descoberta, em que os estudantes deveriam realizar experiências e o professor atuar como orientador do ensino e da aprendizagem [26]. Na década de 1980, o laboratório foi considerado como recurso essencial para o ensino-aprendizagem de ciências. No entanto, muitas dificuldades foram encontradas pelos professores para oferecer aulas práticas, devido à falta de laboratórios equipados, grandes quantidade de estudantes por turmas e lacunas na formação docente [23,27].

No início da década de 1990, o ensino de ciências passou a adquirir novos rumos a partir da concepção de metodologias que fossem voltadas para a formação de cidadãos atuantes no âmbito social. A ciência passou a ter estreita relação com a tecnologia e com a sociedade [22]. Em 1996, a LDB nº 9.394/96 estabeleceu que a educação promovida nas instituições de ensino deve estar vinculada à prática social ao formar pessoas para o pleno exercício da cidadania [28]. Segundo Miranda [23], embora a LDB tentasse mostrar a importância do ensino e a sistematização do processo educacional no Brasil, não contemplava o ensino de qualidade a todas as demandas populares. A partir dos pressupostos presentes na LDB e diante da necessidade de formação de cidadãos críticos e participativos na sociedade, em 1998 o Ministério da Educação (MEC) apresentou os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's), que tinham como finalidade direcionar a proposta curricular que estava fundamentada na LDB [28].

Para o ensino de Ciências da Natureza, os documentos oficiais como PCN's e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio [29] afirmam que é necessário promover a interdisciplinaridade no processo ensino-aprendizagem a partir da articulação das diferentes disciplinas e dos mais diversos conteúdos. Estas propostas têm como intuito apresentar um ensino embasado em competências que tenham ênfase nas habilidades adquiridas pelos estudantes, interligado à promessa de superar um ensino basicamente informativo, fragmentado e descontextualizado do cotidiano [23]. Segundo Cantão [30], as orientações propostas sugerem recursos de ensino que tenham como direcionamento básico a vivência dos estudantes, trazendo uma preocupação direta para as metodologias de ensino utilizadas.

No contexto da história educacional do país, a prática docente esteve voltada principalmente para a racionalidade técnica, devido ao descompasso existente no que se propõe nos documentos oficiais e a realidade do ensino. Este modelo, conhecido

como modelo tradicional de ensino não viabilizava a troca de experiências e nem a interação entre professores e estudantes e entre os estudantes, dificultando, assim a construção do conhecimento [3]. Mesmo com os esforços por parte dos documentos oficiais e com os avanços científicos, o ensino de biologia sofreu pouco impacto e por muito tempo permaneceu tendo como característica principal o excesso de conteúdos programáticos com o objetivo de preparar o estudante para o exame de vestibular [23,30]. Contudo, na história educacional do Brasil foi possível observar transformações, como as propostas nos PCN's, no ensino e na aprendizagem de ciências, buscando criar alternativas que superassem o ensino tradicional descritivo, mecânico e de memorização [2,24].

Atualmente, segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio [31], o ensino na área de Ciências da Natureza deve permitir a compreensão dos fenômenos naturais e processos tecnológicos permitindo que os estudantes possam se apropriar de linguagens específicas acerca da cultura científica, de forma que seja possível compreender do modo como o conhecimento científico é produzido. Para Bynum [32], o conhecimento sobre ciências é a melhor forma para compreender os fenômenos da natureza. A formação biológica do indivíduo deve proporcionar a capacidade de compreender, aplicar e aprofundar conceitos e processos, mostrar a importância da ciência e da tecnologia na modernidade e despertar o interesse pelo mundo e pelos seres vivos [24].

O conhecimento sobre as ciências é algo dinâmico, tendo como alicerce as descobertas que uma geração passa para a seguinte, contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico [32]. As ciências biológicas reúnem respostas formuladas pelo homem, ao longo da história da humanidade, que buscam compreender questões relacionadas à sua origem, desenvolvimento, reprodução e evolução. Dentro desta perspectiva, o ensino de biologia na educação básica busca permitir a compreensão do mundo vivo assim como também, as relações estabelecidas entre seres vivos e o meio ambiente [33]. O conteúdo repassado no âmbito escolar deve estar estruturado de forma que permita a aquisição de domínio do conhecimento científico, reafirmando a sua relação com o cotidiano e a possibilidade de sua utilização em diversas situações da vida [29].

A Biologia no Ensino Médio tem sido organizada, atualmente, em: Citologia, Genética, Evolução, Ecologia, Zoologia, Botânica e Fisiologia. Sua subdivisão em áreas distintas prioriza apenas a compreensão de cada área dentro de sua própria

lógica, deixando a desejar o estabelecimento de relações a partir da compreensão dos fenômenos biológicos integrando as diversas subáreas^[34,35]. Entretanto, como um todo, o ensino de biologia tem por finalidade o estudo da vida nos mais diversos aspectos^[36].

Com o crescente avanço tecnológico, algumas áreas da biologia têm incorporando mudanças não somente conceituais, mas também, metodológicas de forma que seja possível contemplar as inovações das ciências e seus mais diversos espaços didáticos, técnicos e de pesquisa^[37]. Dentre elas, pode-se destacar a Biologia Celular e a Genética.

2.2 O ensino de Biologia Celular

As descobertas científicas no século XX no âmbito da biologia permitiram ao homem compreender que as células são as estruturas básicas que compõem os seres vivos, e que possuem a habilidade de criar cópias de si mesmas e dividir-se em duas. Desde então, é através do estudo das células que se têm buscado respostas sobre o que é a vida e como ela funciona. A biologia celular é o ramo da biologia que permite conhecer a estrutura, a função e o comportamento das células^[38].

A compreensão da biologia celular é necessária para a apropriação de conceitos básicos, que são fundamentais para a aprendizagem sobre a composição, o funcionamento e a integração dos seres vivos^[39]. Neste contexto, destaca-se o conteúdo sobre o ciclo celular que é de fundamental importância, uma vez que permite a compreensão de uma série de processos que ocorrem nos seres vivos, garantindo a manutenção da vida. Segundo Alberts *et al.*^[38], todos os organismos vivos, unicelulares ou multicelulares são resultantes de repetidos ciclos de crescimento oriundos da divisão celular, que remontam aos primórdios da vida. Pierce^[40] afirma que o ciclo celular é considerado crítico para a genética, porque é por meio dele que as instruções genéticas necessárias para expressar todas as características são repassadas da célula-mãe para as células-filhas.

Segundo Martins e Braga^[36] a Biologia Celular é uma das áreas da Biologia em que os estudantes apresentam maior dificuldade de compreensão. Uma das principais dificuldades encontradas pelos estudantes é a de não conseguir criar uma visualização mental dos eventos celulares que os permita assimilarem os conceitos

ensinados com as diversas estruturas e processos [41]. Eventos que demandam a participação simultânea de várias estruturas e moléculas são considerados difíceis e desinteressantes, dificultando a compreensão da relação existente em temas como: o ciclo celular, a composição e funcionamento do DNA (ácido desoxirribonucleico) e a hereditariedade [42]. Duré *et al.* [2] evidenciaram que os conteúdos relacionados à Genética e à Bioquímica geralmente encontram maiores índices de rejeição por parte dos estudantes. Segundo os mesmos autores, os estudantes apresentam dificuldades em visualizar como as estruturas e os mecanismos moleculares se comportam a um nível microscópico.

Na atual organização curricular do Ensino Médio, os conteúdos de ácidos nucleicos e divisão celular são abordados no primeiro ano, reprodução no segundo ano e a genética somente no terceiro ano, retratando uma descontinuidade e uma fragmentação do ensino [43]. Conseqüentemente, a maioria dos estudantes apresenta grandes dificuldades em estabelecer conexões e correlações diretas entre a divisão celular, perpetuação da vida e a transmissão das características hereditárias [44]. Em estudo realizado por Temp *et al.* [45] verificou-se que egressos do ensino médio não possuem o conhecimento básico sobre Biologia Celular e Genética. Os autores perceberam que os estudantes não conseguiam diferenciar e nem estabelecer as correlações existentes entre cromossomos, genes, DNA e suas implicações para a Genética.

Temas como mitose e meiose exigem dos estudantes uma grande capacidade de abstração e de imaginação para relacionar os eventos complexos com suas respectivas fases no processo de divisão celular [46]. Além disso, o ensino de divisão celular durante a educação básica ainda é pautado apenas na memorização dos eventos que compõem cada fase, deixando a desejar a real compreensão da dinâmica dos processos como um todo [47]. Pode-se afirmar que o assunto “divisão celular” quase sempre deixa de atingir o seu objetivo. Isto pode estar relacionado à metodologia empregada em sala de aula que, na maioria das vezes, ocorre somente pela exposição de cada uma das fases pelo professor, observando as figuras esquemáticas nos livros didáticos, sem promover a contextualização do conteúdo [48].

Representações muito simplificadas nos livros didáticos e em aulas exclusivamente expositivas podem ser de fácil transmissão para os estudantes, mas não englobam toda a dinâmica envolvida na divisão celular, que se refere a um processo contínuo e não estático, onde as estruturas celulares apresentam diferentes

configurações durante a passagem de uma fase para outra [47]. A compreensão da estrutura e do comportamento dos cromossomos durante o ciclo celular é essencial para o entendimento da transmissão das características hereditárias e do desenvolvimento dos seres vivos [15].

É consenso que há pouco envolvimento entre professores e estudantes durante o ensino-aprendizagem de biologia no Ensino Médio. Um dos fatores que podem contribuir para o aumento deste distanciamento entre os sujeitos envolvidos é a dificuldade de aplicabilidade do que se ensina a partir do uso de uma metodologia meramente expositiva [34,46]. Além disso, outro aspecto que dificulta o ensino é a quantidade de nomes e processos que são de difícil compreensão e assimilação, por serem abstratos aos estudantes devido a suas dimensões microscópicas [13]. Algumas das principais dificuldades atribuídas ao ensino desta disciplina estão associadas a sua complexidade, e ao fato de que muitas informações precisam estar correlacionadas com o cotidiano para melhor compreensão do tema [35].

Para que os estudantes possam compreender outros temas aplicados à biologia moderna, tais como: o câncer, projeto genoma humano, engenharia genética, terapia gênica, dentre outros, é necessário que tenham conhecimento básico de biologia celular, molecular e genética que lhes confira o suporte adequado para a compreensão e aplicação destes temas [12]. Para Leão e Randi [49], o sucesso na aprendizagem em conteúdos relacionados às ciências está na escolha correta das metodologias utilizadas pelo professor, verificando conteúdos que necessitam de abordagens diferenciadas coerentes com o grau de dificuldade em sua compreensão. Neste sentido, no espaço de convivência escolar, observa-se a necessidade de mudanças nos procedimentos metodológicos no sentido de estimular a participação do estudante na construção do conhecimento, instigando-o a ter atitudes mais dinâmicas durante o processo ensino-aprendizagem [17].

2.3 Metodologias Ativas (MA) de ensino

As escolas de educação básica devem propiciar a aquisição do conhecimento científico, uma vez que este é o meio aonde os estudantes irão aprender e testar hipóteses. Para criar este ambiente de aprendizagem, é necessário que o professor

esteja apto a oferecer condições que possibilitem o desenvolvimento da criatividade e da capacidade crítica em sala de aula ^[12]. O professor de biologia tem sido exposto a vários desafios, dentre eles: acompanhar os avanços científicos para aplicação em sala de aula e viabilizar a construção coletiva do conhecimento de forma simples, acessível, prazerosa e sistematizada. Tais desafios demandam muito tempo de estudo, planejamento, preparação e dedicação ^[42].

Segundo Moul e Silva ^[4], a formação pedagógica predominantemente conteúdistas e fragmentada influencia a forma como o professor atua na educação básica. Por vezes, os próprios professores possuem dificuldades em compreender, acompanhar e mediar a aprendizagem de conteúdos que estejam relacionados às novas descobertas científicas e tecnológicas no campo da Biologia ^[42]. Os professores devem desenvolver a capacidade de conduzir discussões para permitir que o estudante participe intelectualmente das atividades propostas de forma que seja possível estabelecer as devidas conexões entre os mais diversos conteúdos ^[24,30].

Ao produzir propostas de aulas mais interativas ou, até mesmo, adaptar algumas metodologias já existentes, é possível associar teoria e prática transformando o ensino mais atrativo aos estudantes ^[24]. A aplicação destas metodologias além de causar inquietações e reflexões, instiga os estudantes a ampliarem os seus conhecimentos, buscando explicações para fatos e situações que podem fazer parte do seu cotidiano. A teoria deverá ensinar o “fazer” e a prática, com a participação ativa dos estudantes, será o que irá transformar a realidade ^[50].

Metodologias ativas (MA) são consideradas como abordagens crítico-reflexivas utilizadas no processo de aprendizagem com intuito principal de estimular a participação do estudante na construção do conhecimento ^[9]. Os pressupostos construtivistas presentes em MA são embasados na Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel (1918-2008), que afirma que é necessária a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes de forma a despertar o seu interesse para o conteúdo. A aprendizagem acontecerá quando os conceitos se mostrarem relevantes e aplicáveis à cognição do estudante de forma que o permita estabelecer conexões entre os conteúdos aprendidos ^[51,52].

Segundo Garofalo ^[8], a utilização de MA na sala de aula faz com que os estudantes modifiquem a sua maneira de pensar e consigam solucionar problemas a partir do desenvolvimento de habilidades específicas (**Figura 2.1**).

Figura 2.1 - Habilidades desenvolvidas pelos estudantes mediante a utilização de Metodologias Ativas de ensino.



Fonte: Revista Nova Escola (2018).

Várias são as possibilidades de aplicação de MA em sala de aula, dentre elas podem-se destacar: aprendizagem entre times (grupos operativos), aprendizagem baseada em projetos, sala de aula invertida e aprendizagem baseada em problemas [6,8].

Na aprendizagem entre times, também conhecida como aprendizagem colaborativa, os estudantes são responsáveis pela aquisição do conhecimento a partir da tomada de decisões e do trabalho colaborativo, na qual existe uma equipe fixa para executar a atividade proposta [7]. Na aprendizagem baseada em projetos é observada uma democratização do ensino, onde o professor possui o papel de colaborador (orientador) nos procedimentos executados pelos grupos, e a escolha do projeto é feita em conjunto com o professor para melhor atender aos objetivos da aprendizagem [53]. A sala de aula invertida é uma abordagem na qual o estudante estuda o conteúdo previamente e, em sala de aula os conceitos estudados são mobilizados a partir de várias estratégias direcionadas pelo professor como, por exemplo: resolução de problemas e projetos, discussões, aulas práticas, dentre outros [54].

A partir da aprendizagem baseada em problemas, é possível promover uma aprendizagem que tenha como foco principal a promoção de uma educação reflexiva, crítica e dialogada em que os problemas propostos partem de uma realidade [9]. Esta metodologia está estruturada de forma que os estudantes possam desenvolver habilidades sistematizadas que podem ser executadas em grupo de forma

cooperativa, complementando a aprendizagem individual ^[55]. Desta forma, segundo Clement *et al.* ^[56] é possível promover o ensino por investigação, onde o estudante participa ativamente das atividades de forma a adquirir maior controle sobre seu próprio aprendizado ao propor soluções para as situações e/ou problematizações inseridas na atividade. Neste contexto, com o intuito de promover a utilização de MA de ensino de Biologia no Ensino Médio o presente estudo se utiliza da aprendizagem baseada em problemas para propor uma sequência de ensino de cunho investigativo.

2.3.1 Sequência de Ensino Investigativa (SEI)

O ensino por investigação é uma abordagem didática que permite a observação, a argumentação, o planejamento, a coleta de dados e as discussões com base nas evidências ^[57]. Esta abordagem tem como ponto de início uma problematização que deve ser formulada levando em consideração a vivência do estudante e sua aplicação no cotidiano. As concepções prévias dos estudantes devem servir de embasamento para a construção de novos conhecimentos. Este processo seria o resultado de interações que ocorrem entre o sujeito e seus pares, o objeto e os fenômenos ^[10,26,58].

As atividades investigativas devem proporcionar aos estudantes a manipulação de materiais (através das atividades práticas propostas), a observação dos dados e o uso da linguagem para socializar as hipóteses e/ou sínteses ^[59]. Esta proposta está inspirada na construção dos conhecimentos a partir das orientações fornecidas pelo professor e nas atividades empregadas, que devem proporcionar o uso de argumentos e explicações que sejam embasados em um trabalho investigativo ^[60]. Para o ensino de biologia, argumentar auxilia na compreensão de como a ciência é construída, além de permitir que os estudantes utilizem e pratiquem a linguagem científica, transformando a ciência em algo mais acessível ^[61].

A construção de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) deve seguir algumas etapas. A primeira é a proposição de um problema. Na segunda, têm-se a resolução do problema (esta etapa pode ser alcançada através das mais diversas metodologias de ensino). A terceira é a contextualização dos conhecimentos, que pode ser realizada por meio de leitura e/ou discussão das hipóteses propostas pelos estudantes. A quarta é onde ocorre a formação e sistematização individual do conhecimento ^[26]. Cada uma destas etapas possui como intuito principal realizar uma

aproximação do estudante com a cultura científica, tanto pela familiaridade com o modo de fazer ciência, através das atividades práticas, como pelas formas de construir o pensamento científico [60].

Segundo Carvalho [26] para organizar uma aula investigativa é necessário propor atividades que permitam interações didáticas. Neste tipo de abordagem é possível observar interações entre professores e estudantes e entre os próprios estudantes de forma ativa e dinâmica. Este modelo se opõe ao modelo tradicional de ensino em que o professor apenas expõe os conteúdos e os estudantes apenas ouvem [10]. Para Trivelato e Tonidandel [60], o ensino por investigação deve viabilizar e incentivar discussões entre os sujeitos envolvidos de forma que seja possível garantir a apropriação da linguagem e do discurso científico.

O ensino por investigação deve ser empregado mediante uso de estratégias didáticas que tenham o intuito primordial de envolver ativamente os estudantes na construção de sua aprendizagem por meio da resolução de questões e problemas, em que a reflexão, a análise e a discussão sejam condições para solucioná-las [10]. Em termos práticos, promover um ensino que fomente o desenvolvimento de habilidades intelectuais para a investigação somente é possível quando são oferecidas oportunidades para que os estudantes sejam estimulados por situações ou problemas, cujas soluções sejam possíveis de serem alcançadas [62]. Assim, o objetivo do ensino por investigação não é fazer com que os estudantes apenas acreditem na ciência, e sim que eles a compreendam [10].

Ao utilizar atividades investigativas, o professor gera a possibilidade de que o estudante consiga vivenciar as etapas que compõem o método científico, promovendo a discussão sobre as possibilidades de resultados gerados pela análise das hipóteses propostas [58]. Uma característica que se destaca nas atividades investigativas é a preocupação com a aprendizagem dos estudantes, onde o foco está centrado na aquisição de conceitos científicos de modo a permitir a sua inserção na cultura científica [18]. Quando bem planejada e executada, a atividade investigativa permite que o estudante fixe o conteúdo a partir da participação e da interação, despertando o interesse, a criatividade e a vontade de aprender, a partir do uso de estratégias de ensino que contemplem a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado [57].

As estratégias de ensino utilizadas deverão servir com o propósito de promover a interação dos sujeitos a partir de um processo investigativo mediado pelo professor [59]. Neste contexto, diferentes metodologias de ensino podem ser propostas pelos

professores para trabalhar dentro da perspectiva do ensino por investigação, de forma que possibilitem o estudante a criar uma visão mais apropriada da ciência [57], como por exemplo o uso de modelos didáticos e de aulas práticas.

2.3.1.1 Modelos didáticos para o ensino de Biologia

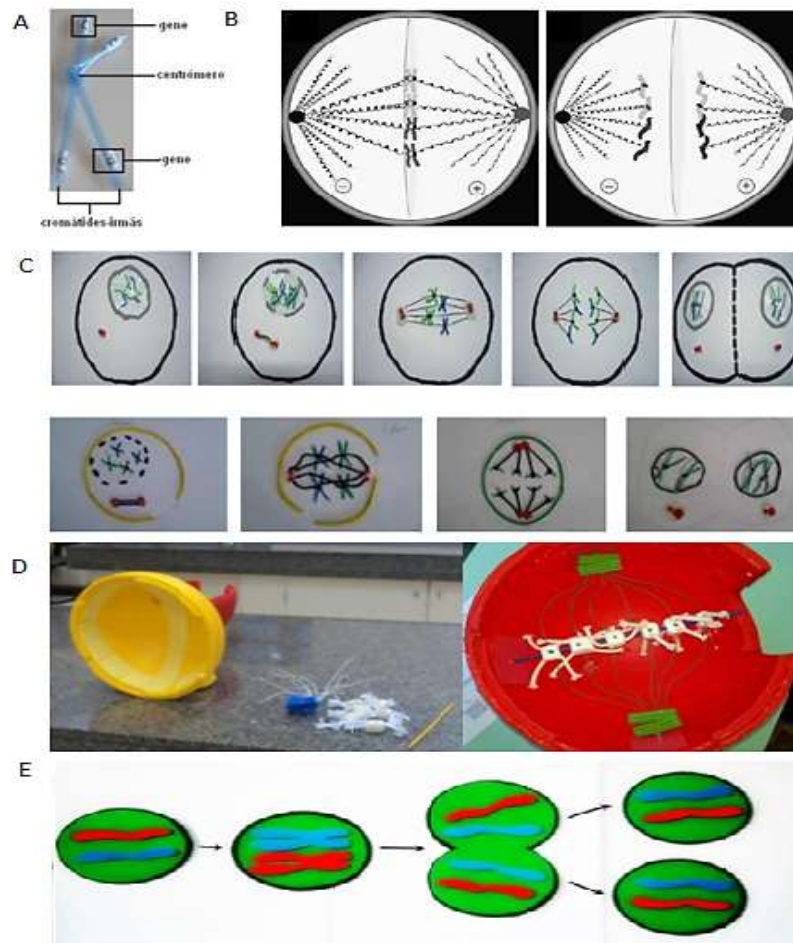
A busca por novos métodos que viabilizem uma aprendizagem significativa tem sido motivo de preocupação para muitos autores, sendo tema central de muitas pesquisas [4,16,63,64]. Várias estratégias e recursos didáticos acessíveis são elaborados com o intuito de aprimorar e facilitar o processo ensino-aprendizagem como, por exemplo, o uso de modelos didáticos [64].

Segundo Porto *et al.* [12], modelos que representam estruturas e/ou processos biológicos vêm sendo utilizados para facilitar o aprendizado de biologia. Além do aspecto visual, a manipulação e construção do material feito pelos estudantes melhora de forma significativa o entendimento do conteúdo trabalhado. Aulas que utilizam recursos lúdicos ou modelos didáticos podem contribuir não somente para que os estudantes adquiram novas experiências, mas que eles possam organizar estas experiências a partir da efetiva construção de conhecimentos [11].

O uso desta estratégia, em sala de aula permite aos estudantes a fácil visualização de estruturas e processos que seriam difíceis de compreender e correlacionar, as partes com o todo, apenas utilizando a aula expositiva e o livro didático [4,65]. Em estudo realizado com estudantes do ensino médio, Vinholi-Júnior e Gobara [64] observaram que modelos didáticos atuam como recurso auxiliar na prática pedagógica dos professores, podendo se mostrar muito eficazes no ensino e na aprendizagem por promoverem maior participação e despertarem o interesse dos estudantes.

Quando associados à Biologia Celular, o uso de modelos didáticos possibilita a compreensão de conceitos e de eventos que parecem complexos e abstratos devido às suas estruturas e dimensões microscópicas [13]. Com o intuito de melhorar a compreensão da estrutura e da movimentação dos cromossomos durante o ciclo celular, muitos modelos vêm sendo criados a partir da utilização de materiais simples como: canudos [14], molas duplas em recurso computacional [15], bola de isopor, corda, palito e arame [66]; massa de modelar [4] e folhas de E.V.A [67] (**Figura 2.2**).

Figura 2.2 - Exemplos de modelos didáticos sobre o ciclo celular utilizando materiais de baixo custo.



Fonte: A – canudos [14]; B – molas duplas em recurso computacional [15]; C – massa de modelar, lã e cartolinas [3]; D -bola de isopor, corda, palitos e arames [66]; E – folhas de E.V.A.[16]

Os modelos didáticos são, comumente, utilizados como metodologia auxiliar ao ensino de biologia celular em muitos estudos, como por exemplo: composição da membrana plasmática e tipos de transporte [3,12], organelas celulares [12], a meiose [68] e anatomia celular [67]. Nestes estudos, foi observado que a análise e/ou construção dos modelos permitiram a maior aproximação dos estudantes com os conteúdos ensinados. A escolha por esta metodologia está, na maioria das vezes, pautada na melhor visualização de estruturas, eventos e processos que são considerados abstratos, por estarem relacionados à estruturas microscópicas, como por exemplo: os diferentes tipos de célula, estrutura e composição do DNA e dos cromossomos e a divisão celular [4,15,41,53]. Segundo Zierer [41] modelos didáticos permitem que os estudantes consigam agregar mais conhecimentos aos conteúdos ensinados a partir da visualização e manipulação de estruturas tridimensionais, que representam

eventos e processos de difícil compreensão. Apesar de vários trabalhos utilizarem o modelo didático como ferramenta no ensino, a perspectiva investigativa com esse modelo ainda é incipiente.

Bonet e Bohm ^[69] propuseram uma sequência de ensino baseada na metodologia investigativa para estudantes do 7º ano do Ensino Fundamental, que investigaram a morfologia de células a partir de uma problematização feita pela análise de gravuras e vídeos, pesquisas realizadas na internet, montagem e observação de lâminas ao microscópio e construção de cartazes e modelos didáticos. Segundo os autores, a etapa de construção de cartazes e dos modelos didáticos foi crucial, pois permitiu que os estudantes mobilizassem todos os conhecimentos adquiridos através das discussões e das pesquisas para pôr em prática as informações coletadas.

Para Souza e Güllich ^[68], a construção de modelos permite que os estudantes possam desenvolver uma forma de pensar semelhante à que é utilizada por cientistas na construção do conhecimento. Silva *et al.* ^[16] relataram que os modelos didáticos estimulam o desenvolvimento da autonomia dos estudantes que participam ativamente argumentando e socializando suas percepções. Para os autores, esta metodologia viabiliza a troca de informações e a cooperação mediante o trabalho em grupo.

2.3.1.2 Aulas práticas para o ensino de Biologia

Aulas práticas e experimentos aplicados ao ensino de ciências e biologia também permitem ao estudante a aquisição de uma aprendizagem significativa ^[70]. A experimentação mexe com o interesse do sujeito, despertando a atenção e a curiosidade ^[20]. A partir da realização de experimentos, a construção do conhecimento biológico torna-se mais produtiva e atrativa aos estudantes ^[71].

Segundo Santolin e Brandenburg ^[72] em uma aula prática os estudantes desenvolvem habilidades que estão ligadas ao processo científico. Estas habilidades podem ser processuais, tais como: observação, inferência, comunicação e análise; ou integradas: controle das variáveis, definição operacional, formulação de hipóteses, interpretação dos dados e conclusões. O estudante deve entender a experimentação em ciência como algo que seja acessível a ele e não restrito a grupos privilegiados ^[24]. Em estudo realizado por Lima e Garcia ^[73] observou-se que os estudantes consideram aulas práticas como facilitadoras da aprendizagem, pois colocam o estudante na

posição de “investigador”, de forma que o possibilita construir seus conhecimentos e tirar conclusões. Os autores afirmam ainda, que este tipo de experiência se torna marcante para os estudantes contribuindo para a aprendizagem.

A aula prática não deve servir apenas para demonstrar uma teoria, o experimento deve levar o estudante a uma reflexão. A utilização de situações-problema mostra-se bastante relevante durante a aplicação de aulas práticas, pois assim, será possível que o estudante construa seu conhecimento a partir da elaboração de uma rede de significados [74]. Cabe à escola e ao professor estimular no estudante a capacidade de ampliar os conhecimentos através da observação, reflexão, elaboração de hipóteses e análise de soluções através da experimentação [71]. Segundo Porto *et al.* [12], professores do ensino básico, geralmente, justificam o não desenvolvimento de aulas práticas pela escassez de materiais e infraestrutura. De acordo com Krasilchick [24], as aulas práticas no ensino de biologia deixam de ocorrer não necessariamente pela falta de laboratórios equipados, mas pela falta de professores qualificados e comprometidos com a busca de um ensino de qualidade.

Cobalchini [18] propôs várias sequências de ensino investigativas em que é possível verificar como o professor deve proceder para viabilizar o ensino por investigação a partir de atividades experimentais como a presença de açúcares e proteínas nos alimentos, a presença de metais em cereais, aula de microscopia, a observação de células e a divisão celular nas raízes de cebola e extração do DNA de morangos. Barbosa [21] propôs o uso de atividades investigativas para a compreensão da divisão celular, mitose e meiose, para estudantes da EJA (Educação de Jovens e Adultos). As atividades vão desde a análise de imagens, construção de glossário, discussão de imagens e vídeos à atividade prática com a observação da mitose nas raízes da cebola. Kieling *et al.* [5] utilizaram uma sequência didática em que o teste *A. cepa* foi uma das metodologias de ensino proposta sobre o ciclo celular a partir do método da Engenharia Didática (ED) onde as atividades de ensino foram planejadas mediante diagnóstico feito previamente com os estudantes.

O uso da prática *A. cepa* é indicado no estudo do ciclo celular devido à sua facilidade de obtenção, manipulação e de preparo de lâminas permitindo a visualização das diferentes fases da mitose (**Figura 2.3**) [75]. Essa prática possui baixo custo, cromossomos relativamente grandes e em pequeno número (n=8), pouco tempo de execução e, principalmente, fornece resultados rápidos, claros e satisfatórios do ponto de vista didático [76]. Apesar de várias vantagens citadas com

essa prática, relatos do uso dessa metodologia foram feitos apenas por Carneiro e Silva [20] com estudantes da graduação, por Barbosa [21] com estudantes da EJA e Kielling *et al* [5] com estudantes do Ensino Médio.

Figura 2.3 - Micrografias de células meristemáticas de *A. cepa* em divisão. (A) Intérfase, (B) Prófase, (C) Metáfase, (D) Anáfase e (E) Telófase.



Fonte: Leme e Marin-Morales [75].

Além da identificação das fases da mitose, a prática também permite que os estudantes possam observar a formação de alterações cromossômicas que indiquem eventos clastogênicos (que promovem quebras cromossômicas) e/ou aneugênicos (alterações cromossômicas resultantes de interferências nas fibras do fuso mitótico) [34,77]. O estudo das alterações cromossômicas é um conteúdo presente nos livros didáticos de ensino médio de forma simples e fragmentada, relacionados aos distúrbios meióticos e que somente ganham maior destaque apenas em livros de Genética voltados para o ensino superior [78].

Portanto, considerando a importância do processo investigativo no ensino de biologia com o intuito de promover a aprendizagem significativa, observa-se a necessidade de utilizar metodologias de ensino que estimulem a participação e o engajamento dos estudantes na construção do conhecimento [26]. Assim, o presente estudo propôs a utilização de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) utilizando um modelo didático e a prática de *A. cepa* como recursos didáticos que estimulam o raciocínio, o pensamento crítico e a interação dos estudantes do Ensino Médio para a solução dos problemas propostos, configurando assim, a promoção do ensino investigativo.

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Amostra

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), sob o protocolo 2.609.879 (Anexo A).

A pesquisa foi realizada com 21 estudantes (por escola) que estavam cursando o componente curricular de Biologia do terceiro ano do Ensino Médio em três escolas do município de Floriano (PI), sendo duas públicas: uma Federal, uma Estadual e uma Particular. A aplicação de cada uma das etapas que compõem esta pesquisa ocorreu durante os dias 13 e 14 de junho na escola Federal, 22 e 23 de agosto na Particular e 19 e 20 de novembro na Estadual em 2018, sendo 3 h/aula no primeiro dia e 5 h/aula no segundo em cada escola.

Na escola Federal, a amostra foi constituída por estudantes com idade média de $16,5 \pm 0,7$ anos, sendo 12 do sexo feminino e 9 do sexo masculino. Na Estadual, a idade média foi de $18 \pm 1,4$ anos, sendo 13 do sexo feminino e 8 do sexo masculino. Na Particular, a idade média foi de $16,5 \pm 0,7$ anos, sendo 9 do sexo feminino e 12 do sexo masculino.

3.2 Procedimentos

O presente estudo foi organizado em cinco etapas, sendo elas: Aplicação e avaliação do pré-questionário (pré-teste); Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o ciclo celular; Aplicação e avaliação do pós-questionário (pós-teste); Aplicação do questionário feedback para as metodologias propostas e Análise estatística.

3.2.1 Aplicação e avaliação do pré-questionário (pré-teste)

O pré-questionário (Apêndice A) aplicado nas três escolas antes da realização da aula teórico-prática é composto por 14 questões (7 subjetivas e 7 objetivas) com o

intuito de avaliar o conhecimento dos estudantes sobre os conteúdos referentes ao ciclo celular.

As questões subjetivas foram compostas por: um esquema para o estudante identificar as estruturas celulares que participam do ciclo celular (**questão 1**); definição de ciclo celular (**questão 2**); principais características da mitose (**questão 3**); principais características da intérfase e sua importância para o ciclo celular (**questão 4**); identificação das fases do ciclo celular a partir da análise de figuras (**questão 5**); exemplos de células que realizam mitose no corpo humano (**questão 6**) e exemplos de algumas doenças relacionadas à mitose (**questão 7**).

A avaliação das respostas das questões subjetivas foi realizada segundo Griffin *et al.* [79], Silva e Neto [80] e Carneiro e Silva [20], com adaptações. As respostas foram avaliadas de forma quantitativa e agrupadas nas seguintes classes:

Classe 0 = Sem resposta – Resposta do tipo não sabe, erradas ou em branco;

Classe 1 = Resposta pobre/Sem informação – Respostas que não indicam compreensão do estudante sobre o tema;

Classe 2 = Resposta fraca/Racionalidade e estabelecimento de conexões dos conceitos não satisfatórias – Respostas que manifestam certa compreensão dos conceitos, mas sem fundamentação teórica;

Classe 3 = Resposta Satisfatória/Racionalidade e estabelecimento de conexões dos conceitos – Respostas que demonstram compreensão dos elementos científicos mais importantes;

Classe 4 = Resposta Excelente/Racionalidade e estabelecimento de conexões dos conceitos e aplicações – Percebe-se a compreensão total sobre a resposta, podendo apresentar refinamento nas respostas (discussões além do que foi questionado).

As questões objetivas foram compostas por perguntas sobre características e/ou estruturas das diferentes fases do ciclo celular como: rompimento do envoltório nuclear (**questão 1**); duplicação dos cromossomos (**questão 2**); condensação dos cromossomos (**questão 3**); migração das cromátides irmãs (**questão 4**); sequência das fases do ciclo celular (**questão 5**); formação da placa equatorial (**questão 6**) e estrutura responsável por promover a ligação dos cromossomos ao fuso mitótico (**questão 7**). Cada questão objetiva possui apenas uma alternativa correta (nota 1) ou nota 0 (zero) para alternativas incorretas ou em branco.

3.2.2 Aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o ciclo celular

A SEI proposta neste estudo (**item 7.1**) é composta pelas seguintes etapas: Problematização geral; Modelo didático sobre o ciclo celular e Aula prática de *A. cepa*.

3.2.2.1 Problematização Geral

Inicialmente, os estudantes foram estimulados a refletir sobre o conteúdo do ciclo celular de um modo geral a partir de questões para a problematização geral, como: Qual a importância da divisão celular para os seres vivos? Quais estruturas das células participam do processo de divisão celular? De que forma o material genético se divide?

Em seguida participaram de uma aula dialogada (1 h) sobre o conteúdo. Neste momento os estudantes expressaram suas percepções acerca das perguntas motivadoras e participaram ativamente das discussões sobre o conteúdo com a professora.

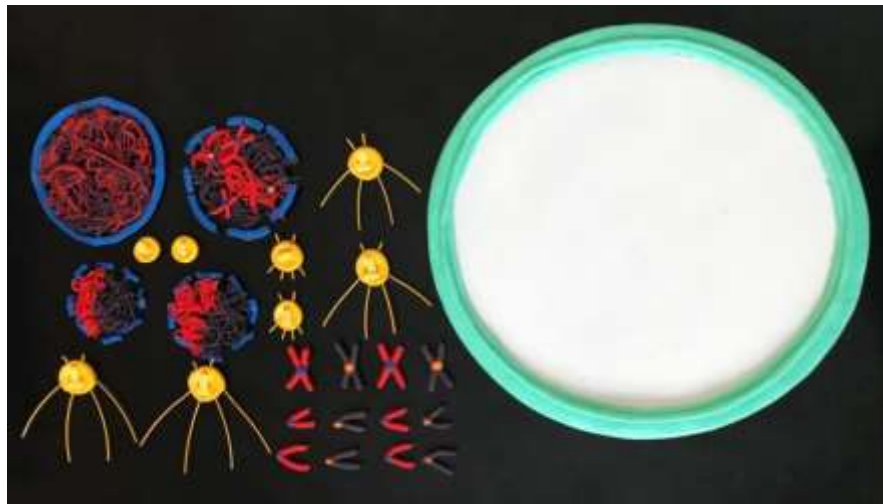
3.2.2.2 Modelo didático sobre o ciclo celular

Após a exposição dialogada, outras perguntas motivadoras (Qual a importância da eficácia divisão celular para os seres vivos? De que forma as fibras do fuso garantem a eficácia da divisão celular? e Como o material genético se organiza para dividir?) foram realizadas para serem analisadas no contexto do modelo didático, o que estimulou a participação e o diálogo entre os grupos e a professora.

Em seguida, os estudantes realizaram a montagem do modelo didático (**item 7.1**) durante 1 h. O modelo (**Figura 3.1**) é composto por dois tipos de peças: (1) Uma peça base, feita em bola de isopor, biscuit e folha de zinco (em verde e branco), representando a célula, que serve de “fundo” para alocar as fases da mitose e (2) Peças feitas em biscuit com ímãs afixados na face inferior que representam todas as estruturas individuais: cromossomos (vermelho e roxo), centríolos e fuso mitótico (amarelo), centrômero (laranja e azul) e envoltório nuclear (azul).

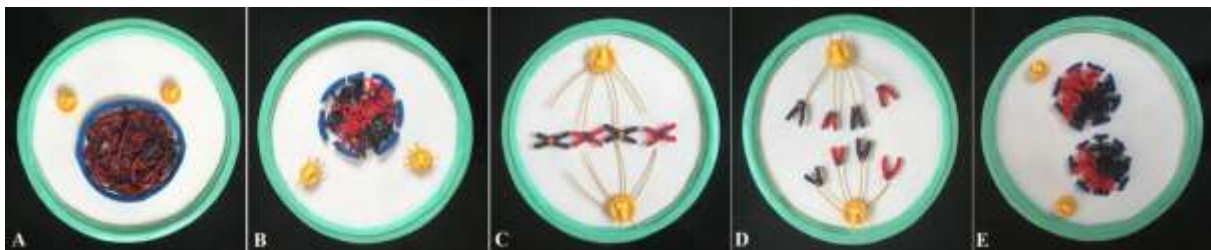
Para a utilização do modelo didático, os estudantes foram divididos em cinco grupos e receberam o kit composto pela peça base e pelas peças de biscuit contendo as estruturas que participam das fases do ciclo celular. Foi solicitado que os grupos dispusessem as peças de biscuit em cima da mesa para que observassem cada estrutura individual, questionando-se sobre o seu papel nas fases correspondentes. Em seguida, montaram cada uma das fases que caracteriza o ciclo celular, inicialmente de forma sequencial (**Figura 3.2**) respeitando a ordem de ocorrência de cada uma e, em seguida de forma aleatória, relacionando as estruturas e as funções das peças com suas respectivas fases, para que fosse possível avaliar a correta correlação das peças às suas respectivas funções em cada fase.

Figura 3.1 - Peças que compõem o modelo didático. Peça base (verde e branco), envoltório nuclear (azul); cromatina e cromossomos (vermelho e roxo); centrômeros (laranja e azul); centríolos e fuso mitótico (amarelo).



Fonte: Produzido pela autora.

Figura 3.2 - Fases do ciclo celular no modelo didático. (A) Intérfase, (B) Prófase, (C) Metáfase, (D) Anáfase, (E) Telófase.



Fonte: Produzido pela autora.

3.2.2.3 Aula prática de *A. cepa*

Assim como proposto no modelo didático, foram realizados questionamentos no contexto da prática *A. cepa*, como: Por que utilizar o *A. cepa* como modelo de estudo? O que está acontecendo na região meristemática da raiz? Por que usar esta região na prática? O que aconteceria se por algum motivo houvesse um erro no controle da divisão celular? Cada uma das fases do ciclo celular se apresenta da mesma forma em todas as células de *A. cepa*?

Os estudantes foram subdivididos em dois grupos (um com 11 e outro com 10 estudantes) e cada turma realizou uma aula prática de 2 h no Laboratório de Biologia do IFPI - Floriano. Cada estudante recebeu um roteiro de aula prática (Apêndice B) e os procedimentos prévios da prática foram explicados aos estudantes durante a realização. Sementes de *A. cepa* (cv. Vale Ouro IPA-11) foram germinadas em placas de Petri durante cinco dias em água da torneira. Posteriormente, o material foi fixado em Carnoy (3 etanol: 1 ácido acético; v:v) por 6-8 h, à temperatura ambiente, e estocadas à -20°C, até o momento da confecção das lâminas^[81].

Os estudantes realizaram a confecção das lâminas seguindo a metodologia de Bianchi *et al.*^[81] com modificações. As raízes foram lavadas três vezes em água destilada, de 5 min cada, e hidrolisadas a 60°C, por 10 min, em HCl 1N. Após a hidrólise, as raízes foram novamente lavadas em água destilada e transferidas para frascos de vidro âmbar, contendo o Reativo de Schiff, onde permaneceram em local escuro, por 30 min. Após esse período, as raízes foram lavadas, até a total retirada do reativo, transferidas para as lâminas, onde foram esmagadas em uma gota de carmim acético 2% e montadas com lamínulas.

No decorrer da execução da prática, os estudantes puderam discutir sobre os questionamentos levantados previamente. Durante toda a atividade prática, os comentários, questionamentos e discussões dos estudantes foram anotados em um *diário de bordo* com o intuito de registrar suas principais reações mediante a realização da aula prática que pudessem vir a contribuir com as posteriores discussões acerca da utilização de experimentação para o ensino aprendizagem de biologia.

3.2.3 Aplicação e avaliação do pós-questionário (pós-teste)

O pós-questionário (Apêndice C) foi composto pelas mesmas questões do pré-teste e aplicado com a mesma turma após as metodologias propostas (modelo didático e aula prática de *A. cepa*). A análise das questões subjetivas e objetivas seguiu a mesma metodologia do pré-teste (3.2.1). Em seguida foi realizada a comparação da média das respostas obtidas entre os questionários.

3.2.4 Aplicação e avaliação do questionário “feedback” para as metodologias propostas

O questionário feedback (Apêndice D) possui dez perguntas objetivas, cinco para o modelo didático e cinco para *A. cepa*. Os estudantes avaliaram as metodologias em respostas com notas de zero a cinco. As perguntas abordadas foram: nota para a metodologia utilizada; o nível de dificuldade em compreender e executar a atividade proposta; escala de contribuição da metodologia para a aprendizagem do ciclo celular; nível de interesse durante a aplicação da metodologia e nível de satisfação com a metodologia empregada.

3.2.5 Análise estatística

Os resultados das questões (individual e total) dos questionários (pré e pós) de cada turma foram expressos em média e desvio-padrão e os dados foram comparados e analisados pelo teste t ($p < 0,05$) para dados pareados. As médias dos questionários (pré, pós e feedback) foram comparados entre as escolas pelo teste de Kruskal-Wallis com teste de Student-Newman-Keuls *a posteriori* ($p < 0,05$). Ambos os testes foram realizados no programa BioEstat 5.3 [82].

A avaliação do ganho normalizado de aprendizagem foi realizada a partir da equação proposta por Hake [83]. Esta equação permite avaliar o quanto as turmas envolvidas em atividades de aprendizagem progrediram na compreensão de determinado tópico. O ganho médio normalizado (g) é definido pela equação:

$$g = \frac{\% \text{ pós} - \% \text{ pré}}{100 - \% \text{ pré}}$$

%pós = percentual de acertos do estudante no pós-teste.

%pré = percentual de acertos do estudante no pré-teste.

A partir do valor de g é possível verificar a progressão do conhecimento dos estudantes através da categorização dos valores em classes, sendo elas: baixo ($g < 0,30$), médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e alto ($g \geq 0,70$).

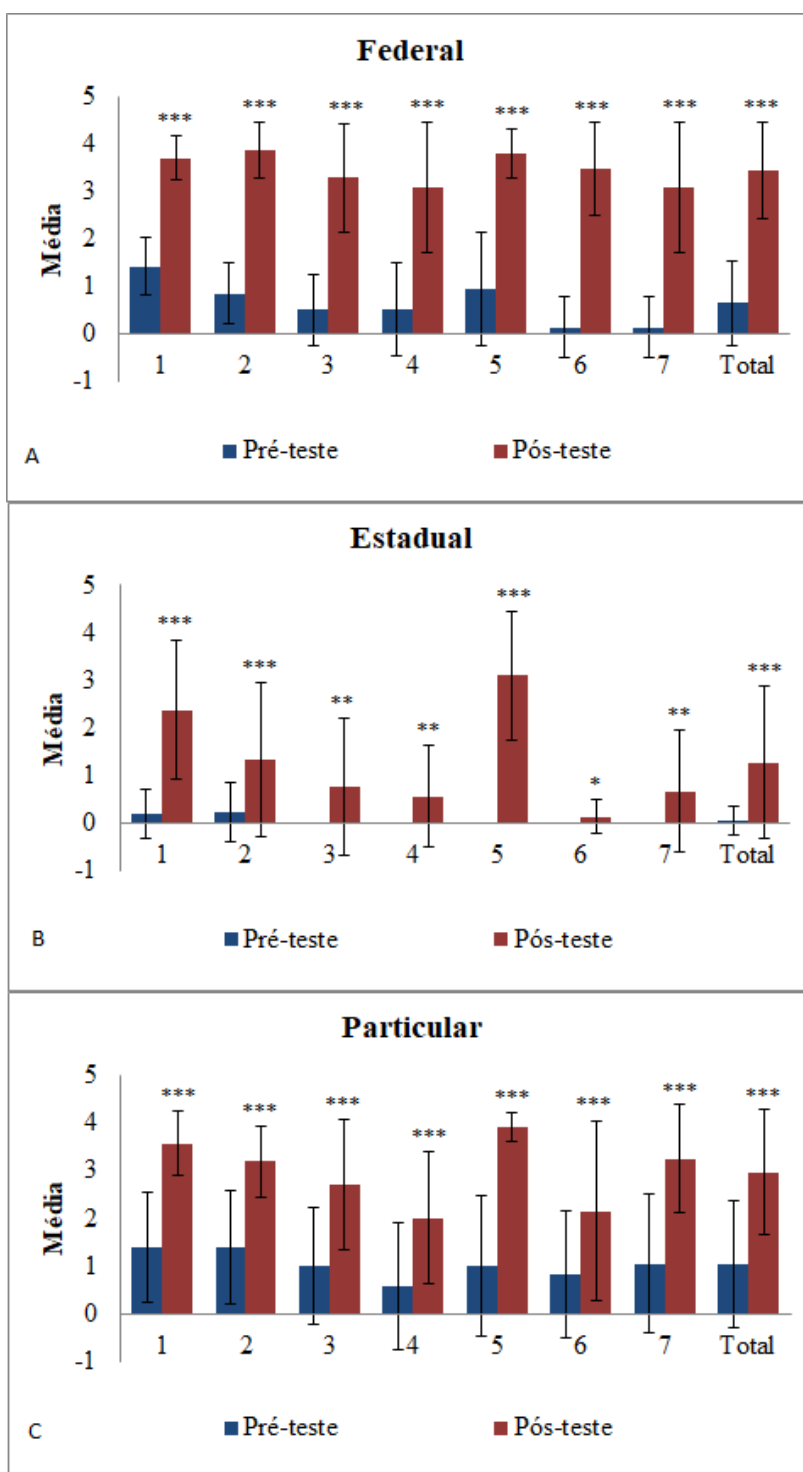
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Metodologias de ensino que estimulam a participação ativa dos estudantes tem ganhado destaque na literatura nacional e internacional e são consideradas como opções viáveis para aplicação no ensino médio, uma vez que permitem maior interação entre professores e estudantes e entre os estudantes ^[63]. Sendo assim, foi utilizado nesta pesquisa uma SEI sobre o ciclo celular composta por um modelo didático e a prática *A. cepa* com estudantes de duas escolas públicas e uma particular no município de Floriano-PI.

A partir das concepções prévias referentes à problematização geral da SEI, os estudantes mostraram dificuldades em compreender como o material genético se divide, a dinâmica dos eventos e as estruturas celulares participantes do ciclo celular, corroborando com os resultados encontrados durante o pré-teste das questões subjetivas (**Figura 4.1**) e objetivas (**Figura 4.2**). A partir da análise comparativa dos questionários (pré e pós) dos estudantes de cada escola (Federal, Estadual e Particular) observou-se um aumento significativo na média (individual e total) do pós-teste de todas as questões subjetivas (**Figura 4.1 ABC**) e objetivas (**Figura 4.2 ABC**) para as três escolas. As metodologias ativas como as propostas na SEI são recursos importantes para desenvolver com os estudantes as habilidades de analisar e de buscar a resolução de problemas, viabilizando a apropriação de conceitos, além de tornar a aula mais dinâmica, interativa e participativa ^[48].

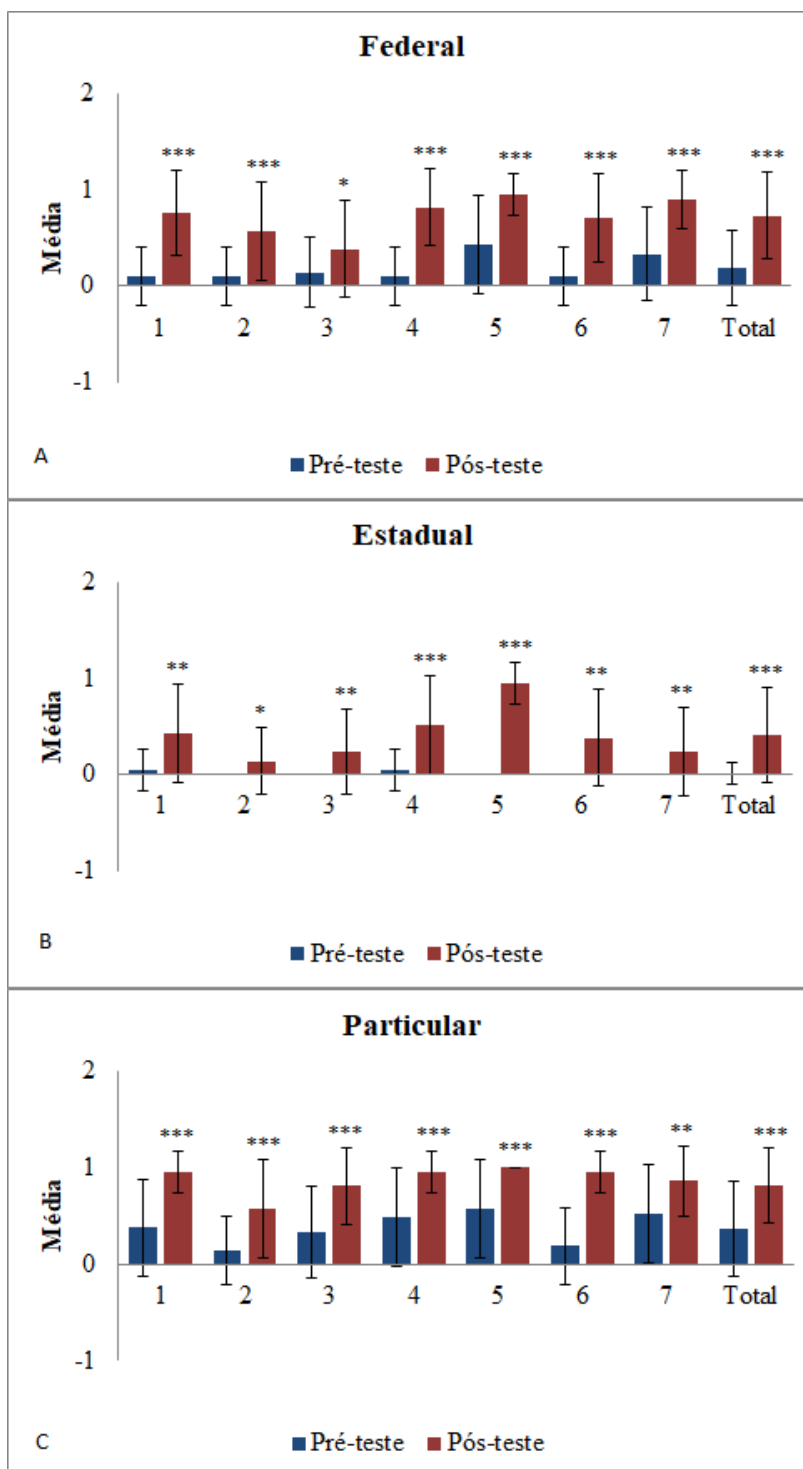
A análise do pré-teste das questões subjetivas entre as escolas (**Figura 4.3 A**) evidenciou média significativa maior das questões 1, 2, 5 e na média total da escola Federal em relação a Estadual. Entre a Federal e a Particular, apenas a questão 7 foi significativa. A Particular obteve média significativa na maioria das questões (1, 2, 3, 5, 7) e no total em relação a Estadual. A média total significativa entre as escolas citadas reforça que as outras questões individuais com médias maiores (mesmo não sendo significativas) contribuíram para esse resultado, contudo isso não aconteceu entre a Federal e a Particular, mostrando não haver diferenças significativas nos resultados das duas escolas.

Figura 4.1 - Média das respostas dos questionários pré e pós-teste das questões subjetivas realizadas por 21 alunos das escolas Federal (A), Estadual (B) e Particular (C) na cidade de Floriano-PI.



* Significativo no teste t, para dados pareados. *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$). As médias do pós-teste foram comparadas com o pré-teste. **Questões Subjetivas:** 1 - esquema das estruturas celulares participantes do ciclo celular; 2 - definição de ciclo celular; 3 - características da mitose; 4 - características da intérfase e sua importância para o ciclo celular; 5 - fases do ciclo celular a partir da análise de figuras; 6 - células que realizam mitose no corpo humano e 7 - doenças relacionadas à mitose.

Figura 4.2 - Média das respostas dos questionários pré e pós-teste das questões objetivas realizadas por 21 alunos das escolas Federal (A), Estadual (B) e Particular (C) na cidade de Floriano-PI.



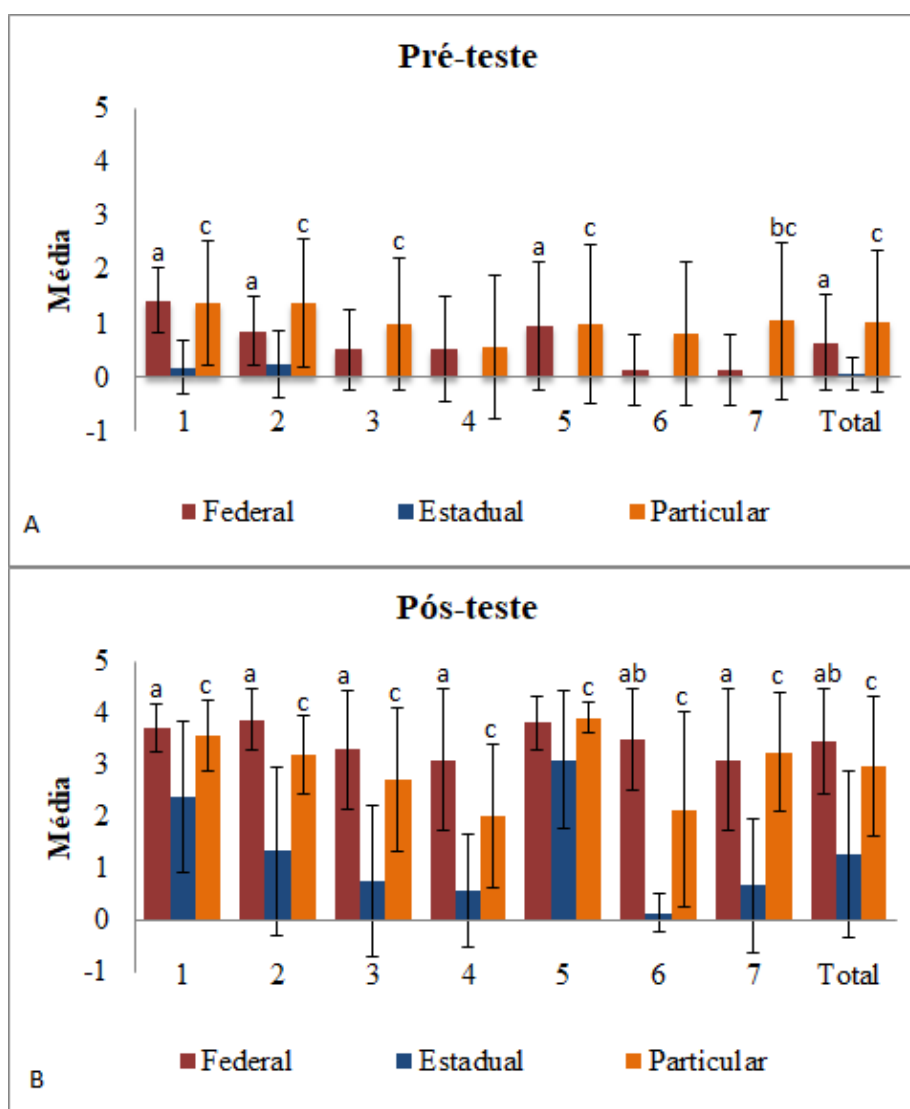
* Significativo no teste t, para dados pareados. *** ($p < 0,001$), ** ($p < 0,01$), * ($p < 0,05$). As médias do pós-teste foram comparadas com o pré-teste. **Questões objetivas** 1- fase do rompimento do envoltório nuclear; 2 - fase da duplicação dos cromossomos; 3 - fase da condensação dos cromossomos; 4 - estrutura envolvida na migração das cromátides irmãs; 5 - sequência das fases do ciclo celular; 6 - fase da formação da placa equatorial e 7 - estrutura responsável por promover a ligação do fuso mitótico aos cromossomos.

A análise do pré-teste das questões subjetivas (**Figura 4.3 A**) e objetivas (**Figura 4.4 A**) evidenciou que os estudantes da Particular apresentaram maior desempenho que os da Federal e Estadual, mostrando melhor desenvoltura na resposta das questões subjetivas e um maior número de acertos nas questões objetivas. Este resultado pode estar relacionado à presença de três disciplinas de Biologia (I, II e III) que são lecionadas de forma concomitante para os estudantes da Particular durante o terceiro ano. Enquanto, a Federal e a Estadual possuem somente uma disciplina de Biologia com os conteúdos de Genética, Evolução e Ecologia. Esse fato pode ter influenciado mais nas diferenças encontradas entre as respostas dos estudantes da Particular em relação aos da Estadual, uma vez que os da Estadual tiveram o menor desempenho entre as escolas para os dois tipos de questões.

A comparação das respostas subjetivas entre as escolas quanto ao pós-teste (**Figura 4.3 B**) mostrou que a Federal apresentou média significativa maior na maioria das questões (1, 2, 3, 4, 6, 7) e no total quando comparada às da Estadual. A Particular apresentou médias significativas menores para a questão 6 e para média total em relação a escola Federal. A Particular obteve médias significativas em todas as questões (individual e total) quando comparada à Estadual. Estes resultados mostram que as metodologias propostas foram mais eficientes para os estudantes da Federal, quanto às questões subjetivas.

Os estudantes da Federal, mesmo apresentando apenas uma disciplina, tiveram melhor desempenho que os da Estadual, reforçando que este resultado pode estar associado ao fato dos alunos da Federal já terem passado por uma seleção para ingressar na instituição, e também devido à melhor infraestrutura, maior estímulo e qualificação dos docentes tanto nos Institutos Federais como nas Particulares em relação às escolas Estaduais, e, como relatado por Ramos ^[84]. Ainda segundo a autora, o desempenho dos estudantes da Federal tende a ser igual ou superior ao da Particular. Enquanto as redes municipais e estaduais apresentam resultados abaixo da média nacional. Monteiro e Silva ^[85] afirmam que é necessário investir em políticas públicas que forneçam subsídios de instalações e materiais de qualidade, além de valorizar o papel do professor, de forma a incentivá-lo a buscar por qualificação para garantir um ensino de qualidade.

Figura 4.3 – Média das respostas do pré-teste (A) e do pós-teste (B) das questões subjetivas realizadas por 21 estudantes da escola Federal, Estadual e Particular na cidade de Floriano-PI.



^{a,b,c} Significativo no teste de Kruskal-Wallis com teste de Student-Newman-Keuls *a posteriori* ($p < 0,05$). ^a média da Federal comparada com a Estadual, ^b média da Federal comparada com a Particular e ^c média da Particular comparada com a Estadual. **Questões Subjetivas:** 1 - esquema das estruturas celulares participantes do ciclo celular; 2 - definição de ciclo celular; 3 - características da mitose; 4 - características da interfase e sua importância para o ciclo celular; 5 - fases do ciclo celular a partir da análise de figuras; 6 - células que realizam mitose no corpo humano e 7 - doenças relacionadas à mitose.

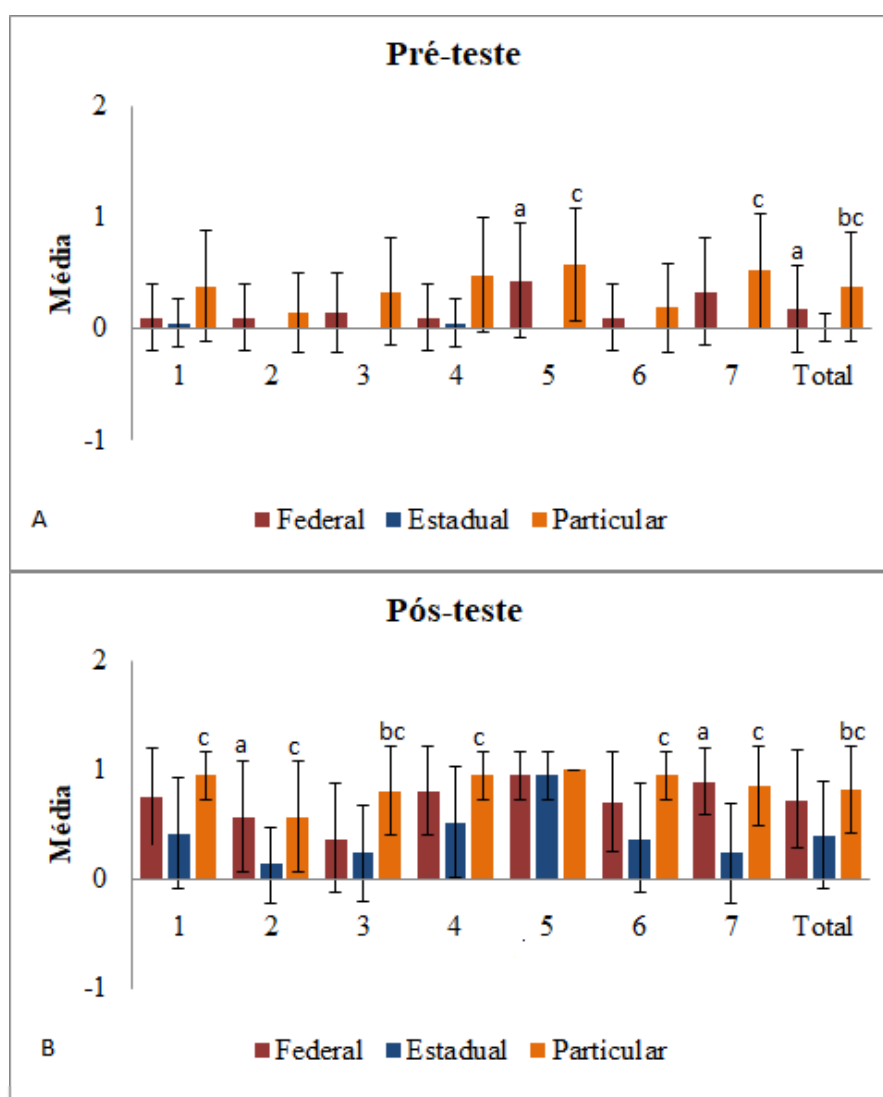
Após a aplicação da SEI, o pós-teste comparado com o pré-teste de cada escola evidenciou o aumento significativo para todas as questões subjetivas e objetivas. Na comparação do pós-teste entre as escolas observou-se o melhor desempenho da Federal nas questões subjetivas, que pode estar relacionado às metodologias ativas de ensino, frequentemente, utilizadas na instituição. Por cursarem o ensino médio integrado ao técnico, é comum a participação em aulas práticas, tanto

nas disciplinas profissionalizantes, quanto nas da base comum. Segundo Krasilchik [24], as questões subjetivas permitem que os estudantes apresentem respostas estruturadas, de forma que seja possível avaliar sua capacidade de sintetizar, compreender conceitos e analisar problemas como foi observado para os estudantes da Federal no presente estudo. Para Trivelato e Tonidandel [60], seqüências de ensino investigativas devem contemplar a expressão através da linguagem e/ou da escrita, pois permitem que o estudantes possam comunicar e registrar o conhecimento adquirido.

As turmas que fizeram parte da pesquisa estavam cursando o componente curricular do terceiro ano do ensino médio, sendo assim já estudaram o ciclo celular e deveriam apresentar melhores resultados no pré-teste, principalmente os estudantes da Estadual. Este resultado pode refletir na maior ou menor dificuldade dos estudantes na compreensão dos conteúdos de genética, uma vez que a divisão celular é pré-requisito importante para a genética, assim como observado por Martins e Braga [46]. Por ser considerado um conteúdo complexo, o ensino da divisão celular se torna um desafio para o professor. Segundo Pereira e Miranda [1], este cenário sugere que o fazer pedagógico deve partir da adoção de metodologias de ensino que priorizem a superação das dificuldades encontradas pelos estudantes. A própria organização curricular do ensino médio contribui para que os estudantes não consigam estabelecer as devidas correlações entre os conteúdos, pois se encontram alocados em anos diferentes na grade curricular, ou seja, a divisão celular é vista no primeiro ano do ensino médio e a genética apenas no terceiro ano [43].

Na **Figura 4.4 A**, a média das respostas objetivas do pré-teste da Federal foi maior para todas as questões, destacando-se a questão 5 e o total que foram significativas em relação à Estadual. Entre a Federal e a Particular, a média total foi significativa para os estudantes da Particular, uma vez que esses estudantes apresentaram médias maiores para todas as questões. A Particular obteve médias significativas maiores nas questões 5, 7 e total quando comparada à Estadual e também apresentou médias maiores para as outras questões. Observa-se que no pré-teste a Particular obteve melhores médias para as questões objetivas do que a Federal e a Estadual. De forma geral, a Estadual apresentou mais dificuldades no pré-teste que a Federal e a Particular, por possuir maior quantidade de respostas presentes na classe/nota 0 (item 3.2.1) nas questões subjetivas (**Figura 4.3 A**) e objetivas (**Figura 4.4 A**).

Figura 4.4 - Média das respostas do pré-teste (A) e do pós-teste (B) das questões objetivas realizadas por 21 estudantes da escola Federal, Estadual e Particular na cidade de Floriano-PI.



^{a,b,c} Significativo no teste de Kruskal-Wallis com teste de Student-Newman-Keuls *a posteriori* ($p < 0,05$). ^a média da Federal comparada com a Estadual, ^b média da Federal comparada com a Particular e ^c média da Particular comparada com a Estadual. **Questões Objetivas:** 1- fase do rompimento do envoltório nuclear; 2 - fase da duplicação dos cromossomos; 3 - fase da condensação dos cromossomos; 4 – estrutura envolvida na migração das cromátides irmãs; 5 - sequência das fases do ciclo celular; 6 - fase da formação da placa equatorial e 7 - estrutura responsável por promover a ligação do fuso mitótico aos cromossomos.

A presença de apenas uma disciplina de biologia na escola Federal teve menor interferência no desempenho dos seus estudantes nas questões subjetivas, uma vez que os estudantes da Particular apresentaram apenas uma questão subjetiva significativa (número 7) (**Figura 4.3 A**) e maior nas questões objetivas, aonde a Particular obteve média total significativa em relação a Federal (**Figura 4.4 A**). Segundo Krasilchik ^[24], estudantes com melhor situação econômica frequentam

escolas particulares, que adaptam seus currículos para atender as exigências de vestibulares para satisfazer a demanda de aprovações. Segundo a mesma autora, o aumento das vagas no ensino público sem o devido investimento está gerando um declínio em sua qualidade, diminuindo a possibilidade de acesso dos estudantes às universidades, que representa uma realidade da escola Estadual avaliada no presente estudo.

Mesmo nas escolas com melhor desempenho (Particular e Federal) no pré-teste, verificou-se que os estudantes apresentavam conhecimentos fragmentados sobre o conteúdo do ciclo celular. Conceitos desconexos e/ou respostas em branco predominaram sobre respostas com algum contexto/rigor científico empregado da forma correta, principalmente com os estudantes da Estadual tanto nas questões subjetivas (**Figura 4.3 A**) quanto nas objetivas (**Figura 4.4 A**). As dificuldades observadas podem ser resultantes do modelo meramente descritivo das disciplinas ministradas no ensino médio com uma grande quantidade de terminologias, que não estão vinculadas com a aplicação e/ou análise do funcionamento das estruturas a partir do uso de metodologias de ensino tradicionais ^[24].

As dificuldades apresentadas no pré-teste pelos estudantes do presente estudo também reforçam a maior resistência na compreensão de conteúdos ligados as estruturas microscópicas, como relatado por Zierer ^[41]. Muitos estudantes apresentam dificuldades em compreender conceitos abstratos por não conseguirem criar imagens dos processos biológicos, o que leva os mesmos a memorização de figuras nos livros didáticos. Além disso, outro desafio para o ensino é a presença de termos e processos que, *a priori*, se apresentam de forma desconexa com a observação cotidiana dos estudantes ^[2]. Dentro desse contexto, a biologia celular e a genética são disciplinas que possuem muita resistência dos estudantes durante o ensino médio, que pode estar associada a uma deficiência no aporte teórico dos estudantes dificultando o estabelecimento de conexões ^[86] como observado durante o pré-teste das questões subjetivas (**Figura 4.3 A**) e objetivas (**Figura 4.4 A**) nas três escolas.

Durante a aplicação da SEI, foi observada a modificação da percepção dos estudantes à medida que as metodologias propostas foram executadas. Mediante a retomada das perguntas motivadoras e a partir das discussões geradas entre os grupos e a professora, foi possível construir o conhecimento de forma mais efetiva. Estes dados foram confirmados pelas respostas obtidas no pós-teste das questões subjetivas (**Figura 4.3 B**) e objetivas (**Figura 4.4 B**).

Durante a aplicação da SEI, os estudantes se mostraram muito interessados em responder às questões motivadoras. A atividade proporcionou a inserção dos estudantes em um ciclo investigativo, onde as hipóteses sugeridas por eles estimularam a discussão e, a partir das metodologias da SEI, os estudantes puderam refletir e analisá-las promovendo um diálogo com a professora e com os outros grupos. Esta percepção corrobora com o que foi observado por Brito *et al.* [57] onde, segundo os autores, a abordagem investigativa coloca o estudante como protagonista no processo ensino aprendizagem tendo a construção dos conhecimentos mediadas pelo professor que atua como orientador, fomentando discussões, explicações e viabilizando a sistematização do conhecimento.

Na **Figura 4.4 B**, o pós-teste das objetivas evidenciou que a Federal obteve média significativa na questão 2 e no total em relação à Estadual. A Federal obteve médias melhores que a Estadual nas outras questões, exceto para a questão 5. Na comparação entre as escolas Particular e Federal foi observado que a Particular apresentou média significativa maior na questão 3 e no total e uma média significativa menor na questão 7. Os estudantes da Particular apresentaram melhor desempenho no pós-teste das objetivas em relação a Federal. A Particular também apresentou médias significativas no pós-teste para a maioria das questões objetivas (1, 2, 3, 4, 6, 7) e no total quando comparadas à Estadual.

No pós-teste (**Figura 4.4 B**), destaca-se a questão objetiva 5, pois foi a única que não houve diferença significativa nas médias entre as três escolas. Nesta questão, as metodologias empregadas contribuíram de forma efetiva para a aprendizagem sobre o reconhecimento da sequência de acontecimentos das fases do ciclo celular, sobretudo para a Estadual, onde se observou predominância de notas 0 no pré-teste (**Figura 4.4 A**) para esta questão. A questão objetiva 3 também deve ser mencionada, pois os estudantes da Federal e da Estadual mostraram ter dificuldades em respondê-la, mesmo após a aplicação das metodologias propostas. Os estudantes confundiram os eventos de duplicação e condensação dos cromossomos, o que os levou a marcar a alternativa incorreta. No entanto, a aprendizagem ainda foi significativa para a questão quando comparadas ao pré-teste para cada escola (**Figura 4.2 ABC**).

O maior rendimento da Particular nas questões objetivas no pós-teste pode estar associado ao fato desses estudantes estarem mais acostumados às metodologias de ensino tradicionais, em que há predominância de aulas expositivas

com resolução de questões de múltipla escolha nos moldes do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e de outros vestibulares de forma mais frequente. Este fato corrobora com os resultados encontrados no pré-teste (**Figura 4.4 A**) das questões objetivas, onde a Particular obteve melhores médias em relação a Federal e a Estadual. Ressalta-se que a SEI serviu para aprimorar o conhecimento dos estudantes da Particular sobre o ciclo celular, de uma forma mais dinâmica e interativa do que eles estão habituados.

Para compreender o quanto a SEI contribuiu para o aprendizado dos estudantes sobre o ciclo celular foi realizado o cálculo do ganho normalizado de aprendizagem (g) proposto por Hake ^[83], a partir da porcentagem de acertos das respostas obtidas nos questionários (pré e pós) das questões subjetivas ou objetivas. O cálculo permite avaliar o quanto a turma progrediu na compreensão do conteúdo. Segundo esta avaliação, os estudantes da Federal apresentaram maior g total para questões subjetivas e os da Particular para objetivas (**Tabela 4.1**).

Nas questões subjetivas, o g total da Federal, Estadual e Particular foi alto ($g \geq 0,70$), médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e médio, respectivamente. Na análise individual, todas as questões subjetivas da Federal apresentaram g altos. Na Estadual, apenas as questões 1 e 5 apresentaram valores médio e alto. Enquanto, as outras questões apresentaram g baixos ($g < 0,30$). Na Particular, as questões com g altos foram: 1, 5 e 7, as demais foram classificadas em médios. A questão 5 teve o maior g na Federal (0,94), Estadual (0,77) e na Particular (0,97) quando comparada com as outras questões.

Este resultado mostrou que os estudantes da Federal, apesar de terem um desempenho menor que os da Particular no pré-teste, obtiveram um melhor rendimento no pós-teste e consequentemente maior g na maioria das questões subjetivas. Portanto, verificou-se que na Federal a SEI se mostrou mais efetiva para questões que estavam relacionadas ao reconhecimento de estruturas e fases do ciclo celular e para os estudantes da Particular foi mais efetiva na associação de estruturas celulares com as fases do ciclo celular. Em relação ao g individual das questões subjetivas e objetivas, ressalta-se a questão 5 com o maior g para cada tipo de questão para as três escolas (**Tabela 4.1**).

Tabela 4.1 - Percentual de acertos (pré e pós-teste) e o ganho normalizado de aprendizagem (g) das escolas Federal (IFPI), Estadual (Unidade Escolar Bucar Neto) e Particular (Colégio Impacto) em Florianópolis – PI.

Questão	Número	IFPI			U.E. Bucar Neto			Colégio Impacto		
		Pré-teste	Pós-teste	g	Pré-teste	Pós-teste	g	Pré-teste	Pós-teste	g
Subjetiva	1	35,71	92,85	0,89	4,76	59,52	0,58	34,52	89,29	0,84
	2	21,42	91,66	0,89	5,95	33,33	0,29	34,52	79,76	0,69
	3	13,09	82,14	0,79	0,00	19,05	0,19	25,00	67,86	0,57
	4	13,09	77,38	0,74	0,00	14,29	0,14	14,29	50,00	0,42
	5	23,81	95,23	0,94	0,00	77,38	0,77	25,00	97,62	0,97
	6	3,57	86,90	0,86	0,00	3,57	0,04	20,24	53,57	0,42
	7	3,57	77,38	0,77	0,00	16,67	0,17	26,19	80,95	0,74
Total		16,33	86,22	0,84	1,53	31,97	0,31	25,68	74,15	0,65
Objetiva	1	9,52	76,19	0,74	4,76	42,86	0,40	38,10	95,24	0,92
	2	9,52	57,14	0,53	0,00	14,29	0,14	14,29	57,14	0,50
	3	14,28	38,09	0,28	0,00	23,81	0,24	33,33	80,95	0,71
	4	9,52	80,95	0,79	4,76	52,38	0,50	47,62	95,24	0,91
	5	42,85	95,23	0,92	0,00	95,24	0,95	57,14	100,00	1,00
	6	9,52	71,42	0,68	0,00	38,10	0,38	19,05	95,24	0,94
	7	33,33	90,47	0,86	0,00	28,17	0,29	52,38	85,71	0,70
Total		18,37	72,79	0,67	1,36	41,50	0,41	37,41	81,63	0,71

g - Valores para ganho normalizado de aprendizagem, segundo Hake^[83]: baixo ($g < 0,30$), médio ($0,30 \leq g < 0,70$) e alto ($g \geq 0,70$). **Questões Subjetivas:** 1 - esquema das estruturas celulares participantes do ciclo celular; 2 - definição de ciclo celular; 3 - características da mitose; 4 - características da intérfase e sua importância para o ciclo celular; 5 - fases do ciclo celular a partir da análise de figuras; 6 - células que realizam mitose no corpo humano e 7 - doenças relacionadas à mitose. **Questões Objetivas:** 1 - fase do rompimento do envoltório nuclear; 2 - fase da duplicação dos cromossomos; 3 - fase da condensação dos cromossomos; 4 - estrutura envolvida na migração das cromátides irmãs; 5 - sequência das fases do ciclo celular; 6 - fase da formação da placa equatorial e 7 - estrutura responsável por promover a ligação do fuso mitótico aos cromossomos.

Nas questões subjetivas, a SEI permitiu que os estudantes conseguissem associar corretamente as fases do ciclo celular a partir da análise de micrografias, e na objetiva apresentaram a sequência de ocorrência das fases do ciclo celular. Geralmente, os livros didáticos apresentam apenas figuras representativas para cada uma das fases, sem associá-las, diretamente aos organismos vivos. Conteúdos microscópicos exigem do estudante uma grande capacidade de imaginação para a compreensão dos processos. É importante ressaltar que quanto mais abstrato o conteúdo menores são as possibilidades de que os estudantes sejam capazes de imaginar o que está sendo ensinado, por ser algo distante de sua realidade^[41].

Nas questões objetivas (**Tabela 4.1**), o g total das escolas Federal, Estadual e Particular foi considerado médio, médio e alto, respectivamente. A partir da análise das questões de forma individual, os valores de g para a Federal foram altos (questões 1, 4, 5 e 7); médios (questões 2 e 6) e baixo (apenas para a questão 3). Para a Estadual, o g foi alto (apenas para questão 5); médio (questões 1, 4 e 6) e baixo (questões 2, 3 e 7). Para a Particular, os valores de g foram altos para todas as questões, exceto para questão 2 (valor médio).

Tanto a Federal quanto a Estadual mostraram dificuldades em responder à questão 3 ($g < 0,30$), mesmo após a aplicação das metodologias. A questão 5 apresentou os maiores valores de g nas três escolas, corroborando com os dados da **Figura 4.4 B** onde não houve diferença significativa entre as médias das respostas das três escolas. Os resultados de g total confirmam que a escola Particular obteve um melhor desempenho nas questões objetivas.

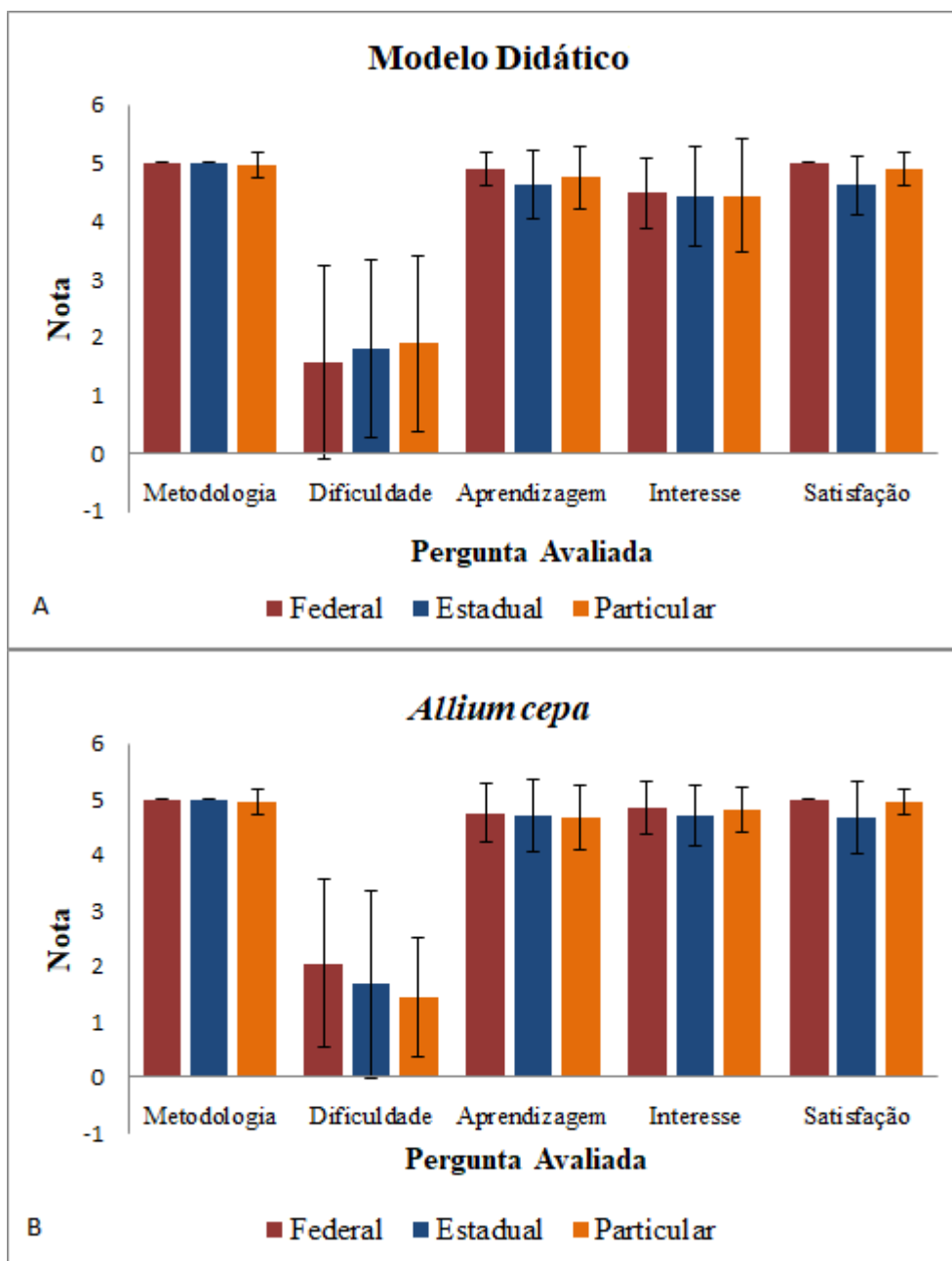
De forma geral, os estudantes da Estadual apresentaram g total e/ou individual baixo e menor quando comparado com a Particular e a Federal para as questões subjetivas e objetivas (**Tabela 4.1**), o que reforça a maior dificuldade desses estudantes no pré e no pós-teste. Contudo ressalta-se que mesmo diante desse resultado, não podemos desconsiderar o bom rendimento dos estudantes da Estadual no pós-teste em relação ao pré-teste, mostrando que a SEI aplicada foi eficiente. Segundo Moul e Silva^[4], um dos conteúdos que mais causam confusões nos estudantes é o conteúdo de divisão celular (mitose e meiose), devido à nomenclatura e similaridade dos processos que ocorrem em cada fase, como observados principalmente nos estudantes da Estadual.

Após a aplicação da SEI, os estudantes responderam a um questionário feedback (**Figura 4.5 AB**) para conhecer suas percepções quanto às metodologias empregadas. De forma geral, foi observado que não houve diferença significativa para cada tópico avaliado (metodologia, dificuldade, aprendizagem, interesse e satisfação) entre as três escolas tanto para o modelo didático quanto para a prática de *A. cepa*. Apenas no modelo didático, o item “satisfação” mostrou uma nota significativa da Federal em relação à Estadual. Além disso, foi verificado que não houve diferença significativa das notas de todos os itens citados entre os dois modelos utilizados, o que reforça que ambas as metodologias foram efetivas para a construção dos conhecimentos sobre o ciclo celular para os estudantes das três escolas.

A SEI contribuiu para que os estudantes das três escolas conseguissem visualizar de forma mais concreta o que ocorre durante o ciclo celular, diminuindo as dificuldades existentes na abstração do conteúdo. O uso de modelos didáticos propostos por Silva *et al.* [16] também permitiu a maior compreensão dos estudantes quanto ao ciclo celular. Neste estudo, os alunos puderam construir as etapas da divisão celular a partir da utilização da modelagem, representando a movimentação dos cromossomos com massa de modelar.

Mascarenhas *et al.* [36] ao utilizar metodologias alternativas para o ensino de genética observaram que o uso do lúdico se mostrou bastante eficaz, uma vez que foi possível maximizar o conhecimento dos estudantes a respeito dos conceitos de genética através de sua participação ativa durante as aulas. Enquanto Kieling *et al.* [5] a partir do método da Engenharia Didática (ED) utilizaram um modelo didático sobre a molécula de DNA, o jogo didático “Trilha do Ciclo Celular” e a prática *A. cepa* para compor uma sequência didática para o ensino sobre o ciclo celular. Segundo os autores, aliar modelos e jogos didáticos às aulas possibilitou aos estudantes uma melhor compreensão da definição e do papel desempenhado pelas estruturas celulares, e que a partir da prática de *A. cepa* houve um melhor entendimento das fases da mitose e maior assimilação e aplicação dos conceitos.

Figura 4.5 - Média das respostas do questionário feedback para o modelo didático (A) e para a prática de *A. cepa* (B) realizadas por 21 estudantes da escola Federal, Estadual e Particular na cidade de Floriano-PI.



Os resultados referem-se à análise das notas (0 a 5) para 5 questões respondidas pelos estudantes das três escolas.

Após a aplicação da SEI no presente estudo, observou-se que as metodologias empregadas permitiram aos estudantes observar, refletir, analisar e discutir sobre as respostas para as questões propostas, refletindo de forma positiva no questionário feedback que os estudantes realizaram. Portanto, verifica-se a necessidade de adoção de metodologias de ensino que viabilizem uma maior integração dos

estudantes, entre si e com os professores, de forma que seja possível tornar conteúdos de difícil compreensão, como a divisão celular, mais acessível, prazeroso e significativo ao estudante [1,23].

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do presente estudo evidenciaram que os alunos das três escolas apresentaram dificuldades na compreensão do ciclo celular a partir da análise dos conhecimentos prévios e do pré-teste, destacando os alunos da escola Estadual que tiveram menor desempenho do que os alunos da Federal e da Particular. Durante a aplicação da SEI, foi possível observar o empenho e envolvimento dos alunos em buscar as respostas para as perguntas motivadoras a partir do uso das metodologias empregadas. O uso da SEI modificou a postura dos alunos tornando-os protagonistas na construção dos conhecimentos a partir da análise, reflexão e discussão das suas percepções sobre o conteúdo. Assim, constatou-se o aprendizado significativo sobre o ciclo celular nas três escolas no pós-teste. No entanto, mesmo após aplicação da SEI, os alunos da Estadual ainda mostraram mais dificuldades no aprendizado em relação a Federal e a Particular. A partir dos valores de g foi evidenciado a eficiência da SEI nas três escolas, mesmo para a Estadual que apresentou menor ganho de aprendizagem. Além disso, no questionário feedback, foi verificado que a SEI teve excelente aceitação pelos alunos como metodologia para o aprendizado do ciclo celular nas três escolas.

Assim, destaca-se a importante necessidade do uso de metodologias ativas incorporadas a sequência de ensino investigativa, similares às que foram propostas neste estudo nas escolas de ensino básico, principalmente naquelas em que há pouca infraestrutura, como as escolas Estaduais, para que os alunos possam atribuir maior significado aos conteúdos que estão sendo ensinados, superando o ensino meramente informativo, descontextualizado e fragmentado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PEREIRA, M. B.; MIRANDA, A. F. DE. O ensino de mitose para a geração Z: uma análise entre dois métodos. **Revista Prática Docente**, v. 2, n. 2, p. 255–269, 2017.

[2] DURÉ, R. C.; ANDRADE, M. J. D. DE; ABÍLIO, F. J. P. Ensino de Biologia e contextualização do conteúdo: quais temas o aluno de ensino médio relaciona com o seu cotidiano? **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 259–272, 2018.

[3] VINHOLI-JÚNIOR, A. J.; PRINCIVAL, G. C. Modelos didáticos e mapas conceituais: biologia celular e as interfaces com a informática em cursos técnicos do IFMS. **Holos**, v. 02, p. 110–122, 2014.

[4] MOUL, R. A. T. D. M.; SILVA, F. C. DA. A modelização em genética e biologia molecular: ensino de mitose com massa de modelar. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 2, 2017.

[5] KIELING, K. M. C.; GOULART, A. DA S.; ROEHRS, R. Ciclo celular : construção e validação de uma sequência didática pela metodologia da engenharia didática. **Journal of Biochemistry Education**, v. 16, n. 2, 2018.

[6] BORGES, T. S.; ALENCAR, G. Metodologias ativas na formação crítica do estudante: o uso das metodologias ativas como recurso na formação crítica do estudante do ensino superior. **Cairu em Revista**, v. 3, n. 4, p. 119–143, 2014.

[7] KRUG, R. D. R. *et al.* O “bê-á-bá” da aprendizagem baseada em equipe. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 40, n. 4, p. 602–610, 2016.

[8] GAROFALO, D. **Como as metodologias de ensino favorecem o aprendizado**. Disponível em: <<https://novaescola.org.br/conteudo/11897/como-as-metodologias-ativas-favorecem-o-aprendizado>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

[9] MACEDO, K. D. D. S. *et al.* Metodologias ativas de aprendizagem: caminhos

possíveis para inovação no ensino em saúde. **Escola Anna Nery**, v. 22, n. 3, p. 1–9, 2018.

[10] SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencializades do ensino de Biologia por investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25–42, 2018.

[11] GONÇALVES, R. R. *et al.* Bingo da célula: uma ferramenta metodológica para o ensino de biologia celular. **Ensino & Pesquisa**, v. 12, n. 1, 2014.

[12] PORTO, M.; RIZOWY, G. M.; CEZAR, S. Metodolgoias alternativas para o ensino de biologia celular e molecular para o ensino básico. **Revista Ampliar**, v. 2, n. 2, p. 1–12, 2015.

[13] MARQUES, V. L. M. *et al.* Uso de jogos didáticos na aprendizagem de biologia celular: estudo antes e depois da explicação do conteúdo teórico. **Revista da SBEnBio**, n. 9, 2016.

[14] BRAGA, C. M. D. D. S.; GASTAL, M. L. D. A.; FERREIRA, L. B. D. M. **O Uso de Modelos em Uma Sequência Didática Para o Ensino dos Processos da Divisão Celular**. 2010. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. 2010.

[15] LUO, P. Creating a Double-Spring Model to Teach Chromosome Movement during Mitosis & Meiosis Development of Materials Evaluation &. **The American Biology Teacher**, v. 74, n. 4, p. 266–269, 2012.

[16] SILVA, T. R. DA; SILVA, B. R. DA; SILVA, B. M. P. DA. Modelização didática como possibilidade de aprendizagem sobre divisão celular no ensino fundamental. **Revista Thema**, v. 15, n. 4, p. 1376–1386, 2018.

[17] WONS, J. R. A atividade prática como feramenta para abordagem do ciclo celular nas células somáticas. **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense**, v. 2, 2012.

- [18] COBALCHINI, M. G. Elaboração de aulas práticas investigativas de Citologia para alunos do primeiro ano do Ensino Médio. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, 2016.
- [19] FERNANDES, M. G. *et al.* **Práticas de biologia celular**. Dourados, MS: UFGD Editora, 2017.
- [20] CARNEIRO, S. P.; SILVA, J. DA. O Teste Allium cepa no ensino de Biologia Celular: um estudo de caso com alunos da graduação. **Acta Scientiae**, v. 9, n. June 2015, 2007.
- [21] BARBOSA, V. A. **O ensino de Biologia na Educação de Jovens e Adultos: A concepção dos alunos sobre atividades investigativas e a percepção destes alunos a respeito das contribuições das atividades investigativas na aprendizagem da mitose e da meiose**. 2015. UNIVERSIDADE FEDERAL DE OUTRO PRETO. 2015.
- [22] SILVA, A. F. DA; FERREIRA, J. H.; VIERA, C. A. O ensino de ciências no ensino fundamental e médio: reflexões e perspectivas sobre a educação transformadora. **Revista Exitus**, v. 7, n. 2, p. 283–304, 2017.
- [23] MIRANDA, E. S. D. A. **A experimentação no ensino de Biologia: contribuições da teoria do ensino desenvolvimental para a formação do pensamento teórico**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. 2017.
- [24] KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino em Biologia**. 4ª ed. SÃO PAULO: EDITORA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2016.
- [25] FERREIRA, M. D. C. **A prática pedagógica no ensino em biologia**. 2014. 0–84 f. Universidade Estadual da Paraíba. 2014.
- [26] CARVALHO, A. M. P. DE. **O ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. 3ª REIMPRESSÃO ed. [s.l.] CENGAGE

LEARNING, 2018.

[27] KONDER, O. O ensino de ciências no Brasil: um breve resgate histórico. *In: Ciência, Ética e Cultura na Educação*. SÃO LEOPOLDO: UNISINOS, 1998.

[28] BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação. Lei nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996**. BRASÍLIA: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 1996.

[29] BRASIL. **Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. BRASÍLIA: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2006.

[30] CANTÃO, P. C. **Desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de genética e seus aspectos químicos no ensino médio**. 2017. Universidade Federal do Pampa. 2017.

[31] BRASIL. Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio: competências específicas e habilidades. *In: Base Nacional Comum Curricular - Ensino Médio*. Brasília: 2018.

[32] BYNUM, W. **Uma breve história da ciência**. PORTO ALEGRE: RS:L&PM, 2015.

[33] BRASIL. Ciências da Natureza , Matemática e suas Tecnologias. *In: Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio*. Brasília: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2002. p. 1–58.

[34] MELO, J. R. DE; CARMO, E. M. Investigações sobre o ensino de genética e biologia molecular no ensino médio brasileiro: reflexões sobre as publicações científicas. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 593–611, 2009.

[35] TEODORO, N. C. **Professores de biologia e dificuldades com os conteúdos de ensino**. 2017. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. 2017.

[36] MASCARENHAS, M. D. J. O. et al. Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. **Pesquisa em Foco**, v. 21, n. 2, p. 5–24, 2016.

[37] PEIXE, P. D. et al. Os temas DNA e Biotecnologia em livros didáticos de biologia : abordagem em ciência , tecnologia e sociedade no processo educativo. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 1, p. 177–191, 2017.

[38] ALBERTS, B. et al. **Biologia Molecular da Célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

[39] SANTOS, D. P. DOS; FALCO, J. R. P. Biologia Celular no Ensino Fundamental. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, v. 1, 2013.

[40] PIERCE, B. **Genética: um enfoque conceitual**. 5. ed. RIO DE JANEIRO: GUANABARA KOOGAN, 2016.

[41] ZIERER, M. DE S. The construction and application of didactic models in Biochemistry teaching. **Journal os Biochemistry Education**, v. 15, 2017.

[42] MOURA, J. et al. Biologia / Genética : O ensino de biologia , com enfoque a genética , das escolas públicas no Brasil – breve relato e reflexão. **SEMINA: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 34, n. 2, p. 167–174, 2013.

[43] BELMIRO, M. S.; BARROS, M. D. M. DE. Ensino de genética no ensino médio: uma análise estatística das concepções prévias de estudantes pré-universitários. **Revista Práxis**, v. 9, n. 17, 2017.

[44] RODRIGUES, R. F. O uso de modelagens representativas como estratégia didática no ensino da genética: um estudo de caso. **Experiencias em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 53–66, 2012.

[45] TEMP, D. S.; BARTHOLOMEI-SANTOS, M. L. Genética e suas aplicações : identificando o conhecimento presente entre concluintes do ensino médio. **Ciência e**

Natura, v. 36, n. 2, p. 358–372, 2014.

[46] MARTINS, I. C. P.; BRAGA, P. E. T. Jogo didático como estratégia para o ensino de divisão celular. **Essentia**, v. 16, n. 2, 2015.

[47] TATSCH, H. M.; SEPEL, L. M. N. Baralho mitótico. **Genética na Escola**, v. 12, n. 2, 2017.

[48] MANZKE, V. H. B.; MANZKE RODRIGUES, G.; MAGALHÃES RODRIGUES, M. J. **Estratégias didáticas para o ensino de citologia no ensino básico**. Actas IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. **Anais...**2016.

[49] LEÃO, G. M. C.; RANDI, M. A. F. **Existe vida além da aula expositiva? um caso para a biologia celular**. EDUCERE:XII Ccongresso Nacional de Educação. **Anais...**2017.

[50] ARAGÃO, P. D. T. T. D.; ALVES-FILHO, J. G. Importância das aulas práticas no ensino de Biologia, segundo avaliação de alunos de uma escola da cidade de Sobral/CE. **Essentia: Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 53–60, 2017.

[51] AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Coimbra: Plátano, 2003.

[52] TANAJURA, V. S. **Dificuldades no ensino de Biologia Celular na escola de educação média: considerações e apontamentos a partir de depoimentos de professores(as)**. 2017. Universidade Estadual Paulista. 2017.

[53] SILVA, D. D. O.; CASTRO, J. B. DE; SALES, G. L. Aprendizagem baseada em projetos: contribuições das tecnologias digitais. **#TEAR: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 1, p. 1–19, 2018.

- [54] PAVANELO, E.; LIMA, R. Sala de Aula Invertida : a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. **Bolema**, v. 31, n. 58, p. 739–759, 2014.
- [55] SOUZA, S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo. **Holos**, v. 5, p. 182–200, 2015.
- [56] CLEMENT, L.; CUSTÓDIO, J. F.; ALVES-FILHO, J. D. P. Potencialidades do Ensino por Investigação para Promoção da Motivação Autônoma na Educação Científica. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 1, p. 101–129, 2015.
- [57] BRITO, B. W. D. C. S.; BRITO, L. T. S.; SALES, E. D. S. Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de ciências e biologia. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 1, p. 54–60, 2018.
- [58] SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de ciências / física : articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 4, p. 911–930, 2015.
- [59] SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, n. Especial, p. 49–67, 2015.
- [60] TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio**, v. 17, p. 97–114, 2015.
- [61] OROFINO, R. D. P.; TRIVELATO, S. L. F. The use of scientific concepts to arguments in Biology classes. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 116–130, 2015.
- [62] SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. E. O Ensino por Investigação

e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Revista Tópicos Educacionais**, v. 23, n. 1, 2017.

[63] ARAÚJO, A. V. R. DE *et al.* Uma associação do método peer instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, 2017.

[64] VINHOLI-JÚNIOR, A. J.; GOBARA, S. T. Ensino em modelos como instrumento facilitador da aprendizagem em Biologia Celular. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 3, p. 450–475, 2016.

[65] PEDRESOLI, E. A. Recursos de Ensino: uma proposta lúdica para o ensino de Biologia Celular. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, v. 2, 2014.

[66] TATSCH, H. M. **Atividades didáticas como ferramentas facilitadoras na compreensão de imagens da divisão celular**. 2016. UNIVERSIDADE FERDERAL DE SANTA MARIA. 2016.

[67] SILVA, A. A. DA; SILVA-FILHA, R. T. DA; FREITAS, S. R. S. Utilização de modelo didático como metodologia complementar ao ensino da anatomia celular. **Biota Amazônia Open Journal System**, v. 6, n. 3, p. 17–21, 2016.

[68] SOUZA, A. P. S. DE; GÜLLICH, R. I. D. C. A construção de modelos didáticos: ensinando meiose na disciplina de biologia no ensino médio. **Ciência em Tela**, v. 10, n. 2, 2017.

[69] BONETI, P. A metodologia investigativa como ferramenta para propor experimentos científicos. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, 2014.

[70] WYZIKOWSKI, T.; GÜLLICH, R. I. DA C.; HERMEL, E. DO E. S. Compreendendo as concepções de experimentação e docência em ciências:

narrativas da formação inicial. In: **Ensino de Biologia: construindo caminhos formativos**. Curitiba-PR: PRISMAS, 2013.

[71] SOARES, R. M.; BAIOTTO, C. R. Aulas práticas em Biologia: suas aplicações e o contraponto desta prática. **Dialogus**, v. 4, n. 2, p. 53–68, 2015.

[72] SANTOLIN, A. S.; BRANDENBURG, L. T. M. O ENSINO DA BIOLOGIA: Atividades Experimentais Como Possibilidade De Uma Melhor Aprendizagem. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, v. 1, 2013.

[73] LIMA, D. B. DE; GARCIA, R. N. Uma investigação sobre a importância das aulas práticas de Biologia no Ensino Médio. **Cadernos do Aplicação**, v. 24, n. 1, 2011.

[74] BERLEZE, J. E. O uso de aulas práticas no ensino de Biologia. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE**, 2013.

[75] LEME, D. M.; MARIM-MORALES, M. A. Allium cepa test in environmental monitorin: a review on its application. **Mutation Research**, 2009.

[76] PALÁCIO, S. M. *et al.* Toxicidade de Metais em Soluções Aquosas: Um Bioensaio para Sala de Aula. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 79–83, 2013.

[77] ANACLETO, L. R.; ROBERTO, M. M.; MARIN-MORARES, M. A. Toxicological effects of the waste of the sugarcane industry, used as agricultural fertilizer, on the test system Allium cepa. **Chemosphere**, n. January, 2017.

[78] LASSMAR, B. *et al.* Morfologia cromossômica e alterações estruturais: um modelo didático. **Genética na Escola**, v. 9, p. 20–29, 2014.

[79] GRIFFIN, V. *et al.* Identifying novel-helix-loop-helix in Caenorhabditis elegans through a classroom demonstration of functional genomics. **Cell Biology Education**, v. 2, n. 1, 2003.

- [80] SILVA, J. DA; ANDRADE NETO, A. S. DE. **DNA & ambiente: uso do ensaio cometa como ferramenta para discussão interdisciplinar de lesão e reparo do DNA na pós-graduação em ensino de ciências**. IV Encontro Nacional e Pesquisa em Educação em ciências. **Anais...**2004.
- [81] BIANCHI, J.; MANTOVANI, M. S.; MARIN-MORALES, M. A. ScienceDirect analysis of the genotoxic potential of low concentrations of Malathion on the Allium cepa cells and rat hepatoma tissue culture. **JES - Journal of Environmental Sciences**, v. 36, p. 102–111, 2015.
- [82] AYRES, M.; AYRES, J. M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. S. **Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas**. Disponível em: <<https://www.mamiraua.org.br/ptbr/publicacoes/publicacoes/2007/livros/bioestat-50/>>.
- [83] HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, v. 66, n. 1, p. 64–74, 1998.
- [84] RAMOS, M. N. Ensino Médio na Rede Federal e nas Redes Estaduais : por que os estudantes alcançam resultados diferentes nas avaliações de larga escala ? **Holos**, v. 02, 2017.
- [85] MONTEIRO, J. D. S.; SILVA, D. P. DA. A influência da estrutura escolar no processo de ensino-aprendizagem : uma análise baseada nas experiências do estágio supervisionado em Geografia. **Ensino e Geografia**, v. 19, n. 3, p. 19–28, 2015.
- [86] SILVA, C. C. DA; KALHIL, J. B. A aprendizagem de genética à luz da Teoria Fundamentada : um ensaio preliminar. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 1, p. 125–140, 2017.

7. PRODUTO

7.1 Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre o ciclo celular



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
CURSO: Mestrado Profissional em Biologia - ProfBio



Sequência de Ensino Investigativa sobre o Ciclo Celular

DURAÇÃO: 6 aulas de 50 minutos

PÚBLICO-ALVO Alunos do Ensino Médio

Problematização Geral

Sabemos que, de acordo com as premissas da Teoria Celular, todo ser vivo é formado por pelo menos uma célula, e que toda célula somente se origina a partir de outra pré-existente. Dentro deste contexto: Qual a importância da divisão celular para os seres vivos? Quais estruturas das células participam do processo de divisão celular? De que forma o material genético se divide?

Objetivo Geral

Compreender a importância da divisão celular a partir da análise dos mecanismos utilizados pela célula.

Objetivos Específicos

- ✓ Relacionar a molécula de DNA com a composição da cromatina e dos cromossomos;
- ✓ Conhecer as estruturas celulares que participam do processo de divisão celular;
- ✓ Identificar as fases do ciclo celular;
- ✓ Relacionar as fases do ciclo celular com o comportamento dos cromossomos;
- ✓ Analisar a dinâmica do ciclo celular para garantir a propagação das células

Procedimentos

No primeiro momento, a partir das questões propostas na problematização geral buscou-se estimular a participação dos alunos de forma a instigá-los a pensar sobre o conteúdo a partir da exposição de seus conhecimentos prévios. Em seguida, foi realizada uma breve revisão de forma dialogada sobre o ciclo celular, onde foi discutido com os alunos a estrutura e composição da cromatina e do cromossomo, de forma que fosse possível relacioná-los, momento em que eles podem expor e dialogar com a professora sobre suas respostas às perguntas motivadoras. As estruturas celulares que participam do ciclo celular foram discutidas, e através do reconhecimento de suas funções foi possível conhecer e identificar cada uma das fases que compõem o ciclo celular. No segundo momento, os alunos participaram da montagem do modelo didático e da análise das células meristemáticas de *A. cepa*.

Modelo Didático

Roteiro para a confecção do Modelo didático sobre o Ciclo Celular

O modelo (Figura 7.1) é composto por dois tipos de peças: (1) Uma peça base, feita em bola de isopor, biscuit e folha de zinco (em verde e branco), representando a célula, que serve de “fundo” para alocar as fases da mitose e (2) Peças feitas em biscuit com ímãs afixados na face inferior que representam todas as estruturas individuais: cromossomos (vermelho e roxo), centríolos e fuso mitótico (amarelo), centrômero (laranja e azul) e envoltório nuclear (azul).

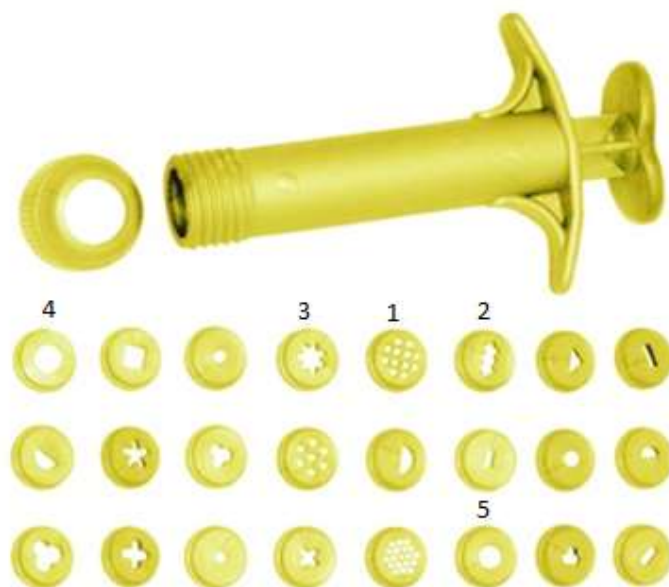
Figura 7.1 - Modelo didático sobre o Ciclo Celular



1. MATERIAIS

- Massa de biscuit (verde, azul, amarelo, vermelho, roxo e laranja)
- Extrusora para biscuit e bicos variados (Figura 7.2)
- Bola de isopor 250 mm
- Chapa de zinco recortada no tamanho do diâmetro da bola de isopor
- Lixa
- Tinta spray branca (para representar o “fundo” da célula)
- Tinta spray amarela (para pintar o arame que representará as fibras do fuso)
- Arame
- Alicate
- Imãs
- Cola de silicone

Figura 7. 2 - Extrusora - equipamento utilizado para trabalhar com massa de biscuit.
1, 2, 3, 4 e 5 Bicos utilizados para confecção do modelo didático sobre o ciclo celular. 1 – para reproduzir a cromatina; 2 – para reproduzir o envoltório nuclear; 3 – para reproduzir os centríolos; 4 – para reproduzir o cromossomo metafásico e 5 – para reproduzir o cromossomo em início de condensação.



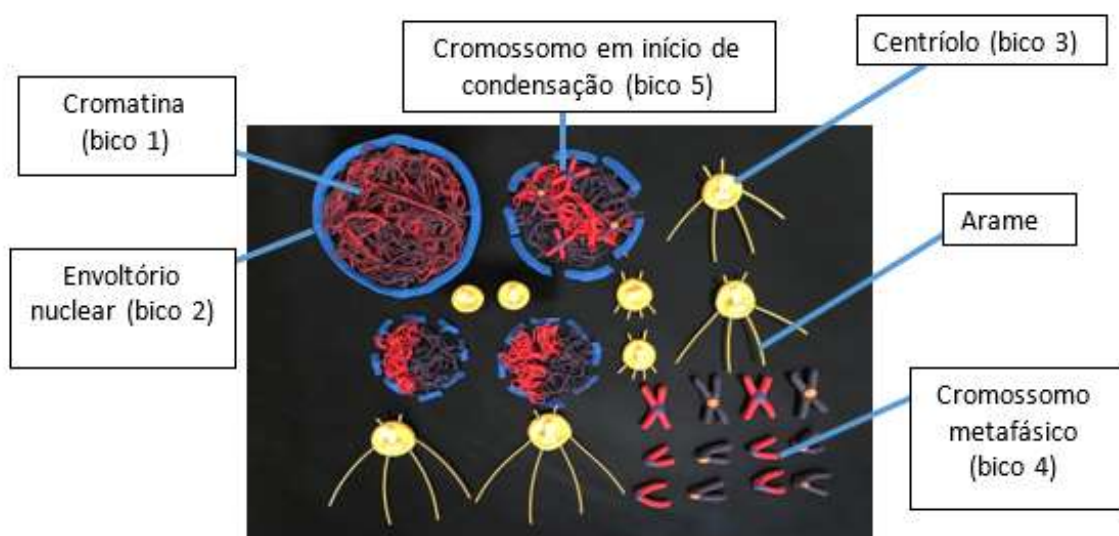
Fonte: Ateliermapadart

2. PROCEDIMENTOS

- ✓ Lixar a chapa de zinco e pintá-la com a tinta spray;

- ✓ Revestir metade da bola de isopor com a massa de biscuit de modo que ao encaixar a chapa de zinco, a massa de biscuit finalize a fixação da chapa na peça base;
- ✓ Utilizando duas cores diferentes, modelar (com as mãos ou com a extrusora de biscuit) os cromossomos nos formatos em que estarão nas fases de metáfase e anáfase (bico 4);
- ✓ Utilizar uma terceira cor para representar o centrômero;
- ✓ Com a extrusora de biscuit, escolher o bico para reproduzir os “fios” que representarão a cromatina presente nas fases de intérfase, prófase e telófase (bico 1);
- ✓ Utilizando o bico 3 da extrusora, reproduzir os centríolos;
- ✓ Com as mãos, modelar a base onde serão colados os pares de centríolos e onde serão afixados os fios de arame, representando as fibras do fuso mitótico;
- ✓ Com o arame, reproduzir as fibras do fuso em tamanhos diferentes, presentes nas fases de prófase, metáfase e anáfase;
- ✓ Após a secagem das peças (período que dura em média, uma semana) colar os ímãs na parte inferior.

Figura 7.3 - Tipos de bicos utilizados na confecção das peças do modelo didático sobre o ciclo celular.



Como aplicar o Modelo didático no Ciclo Celular

A turma foi dividida em cinco grupos. Inicialmente foram feitas perguntas motivadoras que estimularam a participação nas discussões em sala de aula.

1. Qual a importância da eficácia divisão celular para os seres vivos?
2. De que forma as fibras do fuso garantem a divisão celular?
3. Como o material genético se organiza para dividir?

Após a discussão sobre as perguntas motivadoras, os alunos iniciaram a montagem do modelo para que fosse observado o que foi questionado. As peças do modelo foram dispostas de forma aleatória na mesa. A partir das discussões em grupos, os alunos devem analisar, identificar e relacionar as peças com as respectivas fases do ciclo celular. Em seguida, foi solicitado aos alunos a montagem de cada uma das fases, discutindo com os outros grupos e com a professora, a função que cada estrutura exerce em sua respectiva fase.

Na avaliação desta etapa, os alunos montaram inicialmente cada fase de forma sequencial e em seguida, a professora solicitou a montagem das fases de forma aleatória, de forma a avaliar se os alunos realmente conseguiram relacionar cada estrutura com a respectiva fase do ciclo celular.

Prática de *A. cepa*

Roteiro para execução da prática de *A. cepa*.

Para executar a prática de *A. cepa* os alunos foram direcionados a um laboratório de Biologia para conhecer todos os materiais e equipamentos utilizados na aula prática, bem como compreender a finalidade de cada procedimento acompanhando as etapas seguindo um roteiro de prática (Apêndice B).

1. Materiais

Banho maria
Placas de Petri
Pinças de ponta fina
Eppendorfs
Suporte para eppendorfs
Papel alumínio
Luvas de procedimento

Pipetas de Pasteur

Lâminas

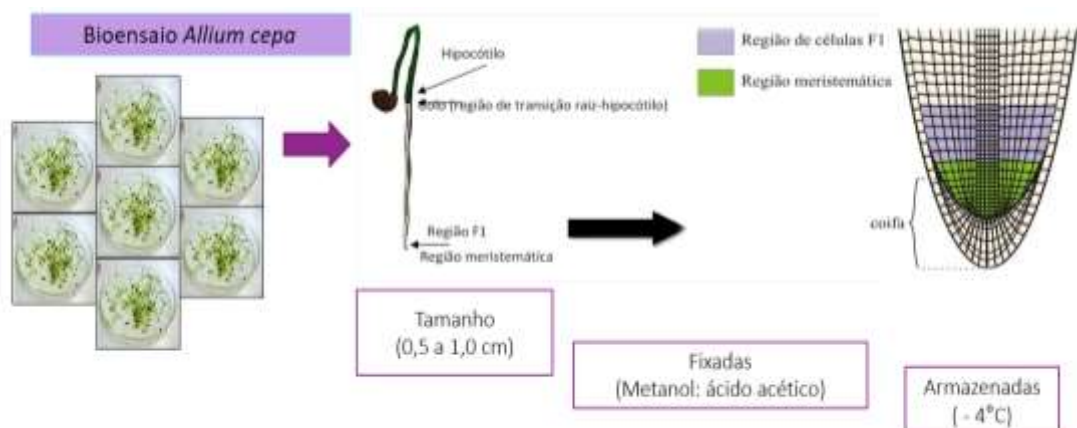
Lamínulas

Microscópio óptico.

2. Procedimentos

- ✓ Sementes de *A. cepa* (cv. Vale Ouro IPA-11) previamente germinadas;
- ✓ Material fixado em Carnoy (3 etanol: 1 ácido acético, v:v à temperatura ambiente, e estocadas à -20°C, até o momento da confecção das lâminas (BIANCHI *et al.*, 2016);
- ✓ As raízes lavadas três vezes em água destilada, de 5 min cada, e hidrolisadas a 60°C, por 10 min, em HCl 1N;
- ✓ Após a hidrólise, as raízes foram novamente lavadas em água destilada e transferidas para frascos de vidro âmbar, contendo o Reativo de Schiff, onde permanecerão em local escuro por 2h;
- ✓ Após esse período, as raízes foram lavadas, até a total retirada do reativo, transferidas para as lâminas, onde foram esmagadas em uma gota de carmim acético 2% e montadas com lamínulas (BIANCHI *et al.*, 2016).

Figura 7. 4 – Etapas da prática de *A. cepa*.



Fonte: Bianch *et al.* (2016).

Figura 7.5 – Etapas da prática de *A. cepa*.



Fonte: Bianch *et al.* (2016).

Como aplicar a prática de *Allium cepa*?

A turma foi dividida em dois grupos para realizar a prática no laboratório de Biologia do IFPI com um grupo por vez. De forma similar ao modelo didático, antes de iniciar a prática de *A. cepa* foram feitas perguntas motivadoras que estimulassem as discussões.

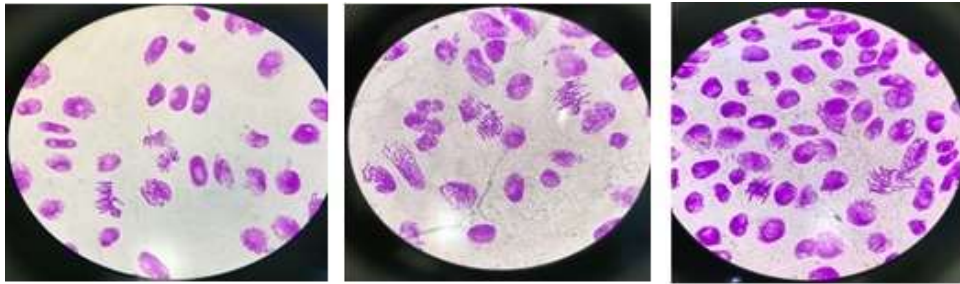
1. Por que utilizar o *A. cepa* como modelo de estudo?
2. O que está acontecendo na região meristemática da raiz? Por que usá-la na prática?
3. O que aconteceria se por algum motivo houvesse um erro no controle da divisão celular?
4. Cada uma as fases do ciclo celular se apresentam da mesma forma em todas as células de *A. cepa*?

Os procedimentos foram explicados aos alunos durante a realização da prática e o acompanhamento das etapas foi feito seguindo o roteiro de prática entregue a cada aluno. Durante a realização da prática, as discussões acerca das perguntas motivadoras foram ampliadas à medida que os alunos conseguiram observar o que foi questionado.

Após análise ao microscópio óptico, os grupos foram reunidos novamente em sala de aula e analisam com a professora as fotografias (Figura 7.6) obtidas das

células meristemática de *A. cepa* no microscópio. A avaliação desta etapa foi realizada mediante análise e discussão das fotos que foram projetadas.

Figura 7.6 – Imagens utilizadas para a avaliação sobre a análise das células meristemáticas de *A. cepa*.



Fonte: Lâminas feitas pelos alunos.

Referências

- BIANCHI, J. *et al.* Induction of mitotic and chromosomal abnormalities on *Allium cepa* cells by pesticides imidacloprid and sulfentrazone and the mixture of them. **Chemosphere**, v. 144, p. 475-483, 2016.

APÊNDICE A*

QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
CURSO: PROFBIO



PRÉ - QUESTIONÁRIO

Título do estudo: ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE BIOLOGIA: modelos didáticos e o teste *Allium cepa* L. utilizados no aprendizado da divisão celular.

Pesquisador responsável | MICHELLE MARA DE OLIVEIRA LIMA

Explicar que foi selecionado para esta pesquisa e que a sua colaboração sincera é importante e sigilosa;

As questões devem ser lidas no sentido exato;

Marcar apenas uma alternativa;

Fazer um X nos lugares correspondentes;

NS para Não Sabe.

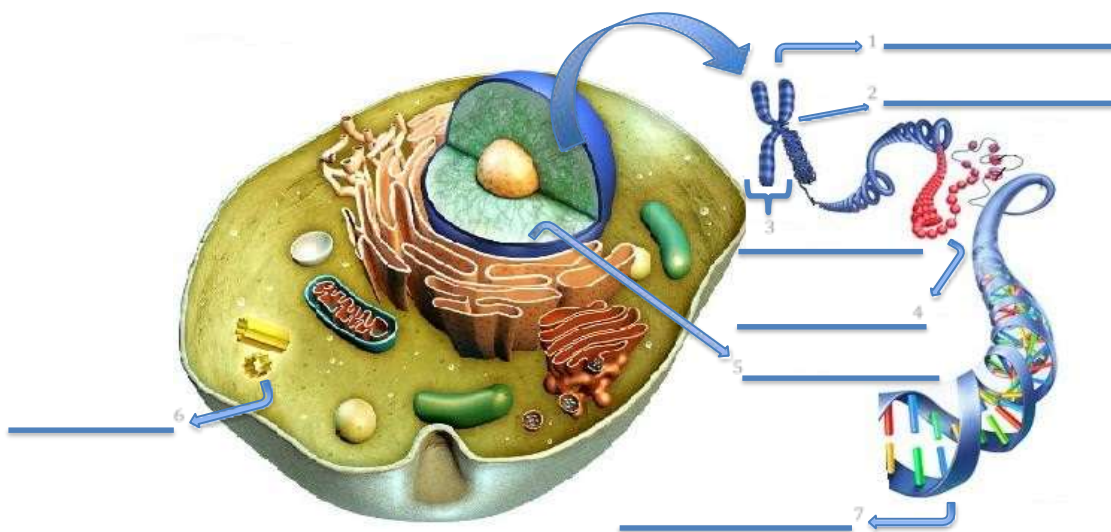
IDENTIFICAÇÃO:

NOME: _____ IDADE: _____

ESCOLA: _____

SÉRIE: _____ SEXO: F () M ()

1. Identifique corretamente as estruturas enumeradas no esquema abaixo:



2. O que você entende por ciclo celular?

3. Cite as principais características da Mitose.

4. O ciclo celular é composto por, basicamente, duas fases. Uma que antecede a divisão celular, chamada de intérfase, e a divisão propriamente dita. Relacione as principais características da intérfase e sua importância para o ciclo celular.

5. O rompimento do envoltório nuclear permite a exposição dos cromossomos ao fuso mitótico. Assinale corretamente, a fase em que ocorre este rompimento.

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder

6. A duplicação dos cromossomos garante que cada célula filha resultante da divisão celular receba a mesma cópia do material genético, permitindo que as células sejam geneticamente iguais. Esta duplicação ocorre na fase do ciclo celular chamada de:

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder

7. A condensação dos cromossomos ocorre na_____. Esta fase garante que os cromossomos sejam divididos em partes iguais repassando a mesma quantidade de material genético para cada célula filha formada.

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder






8. Durante uma das fases da divisão celular o cromossomo é separado em duas cromátides irmãs que migrarão para pólos opostos da célula. Identifique corretamente a fase correspondente e a estrutura responsável por permitir a movimentação das cromátides irmãs.

- a. Prófase I – Centrossoma
- b. Metáfase – Fuso acromático (mitótico)
- c. Telófase – Placa equatorial
- d. Anáfase - Fuso acromático (mitótico)
- e. Não sei responder

9. Marque a alternativa que representa a sequência correta dos eventos do ciclo celular:

- a. Metáfase-Anáfase-Telófase-Intérfase-Prófase
- b. Intérfase-Prófase-Metáfase-Anáfase-Telófase
- c. Telófase-Anáfase-Metáfase-Prófase-Intérfase
- d. Prófase-Metáfase-Anáfase-Telófase-Intérfase

10. Marque a alternativa que representa cada uma das fases do ciclo celular mostradas abaixo:

	<ul style="list-style-type: none"> a. Anáfase b. Metáfase c. Prófase d. Intérfase e. Telófase f. Não sei responder 		<ul style="list-style-type: none"> a. Anáfase b. Metáfase c. Prófase d. Intérfase e. Telófase f. Não sei responder 	
	<ul style="list-style-type: none"> a. Anáfase b. Metáfase c. Prófase d. Intérfase e. Telófase f. Não sei responder 		<ul style="list-style-type: none"> a. Anáfase b. Metáfase c. Prófase d. Intérfase e. Telófase f. Não sei responder 	

11. A placa equatorial é formada quando os cromossomos se organizam na parte central (equatorial) da célula. A formação da placa equatorial ocorre na:

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder

12. O fuso acromático (mitótico) liga-se ao cromossomo através da sua adesão ao:

- a. Telômero
- b. Centrômero
- c. Acrossomo
- d. Centríolo
- e. Não sei responder

13. Na sua opinião, as células que compõem nosso corpo realizam a divisão celular mitose? Se sim, cite pelo menos 3 exemplos.

14. Você conhece alguma doença que esteja relacionada à mitose? Se sim, qual? E de que forma você acredita que isto ocorra?

APÊNDICE B*

ROTEIRO DE PRÁTICA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
CURSO: PROFBIO



ROTEIRO DE PRÁTICA

PESQUISADOR RESPONSÁVEL: MICHELLE MARA DE OLIVEIRA LIMA

Prática de *Allium cepa*

1. Apresentação

Você foi convidado a participar, voluntariamente, da execução de um projeto de pesquisa de mestrado onde será possível aprender um pouco mais sobre o ciclo celular. Na primeira etapa realizamos uma atividade lúdica com a montagem do modelo didático. Nesta etapa iremos verificar as fases do ciclo celular a partir da observação de células da raiz de *Allium cepa* (cebola) em uma prática realizada no laboratório! Esperamos que todos aproveitem a prática e que seja possível agregar ainda mais conhecimentos a partir dela!

2. Introdução

O teste *A. cepa* é um dos bioensaios mais utilizados no estudo do ciclo celular por possuir baixo custo, facilidade de aquisição de materiais, pouco tempo de execução e fornecer resultados rápidos, claros e satisfatórios do ponto de vista didático (PALÁCIO *et al.*, 2013).

Os cromossomos do *A. cepa* são relativamente grandes e em pequeno número ($n=8$). O modelo tem um ciclo celular curto e de fácil manuseio. Após a realização do teste e preparo de lâminas é possível identificar cada uma das fases da mitose (MEDEIROS *et al.*, 2009; ANACLETO, ROBERTO, MARIN-MORALES, 2017).

3. Materiais e Procedimentos

3.1 Materiais

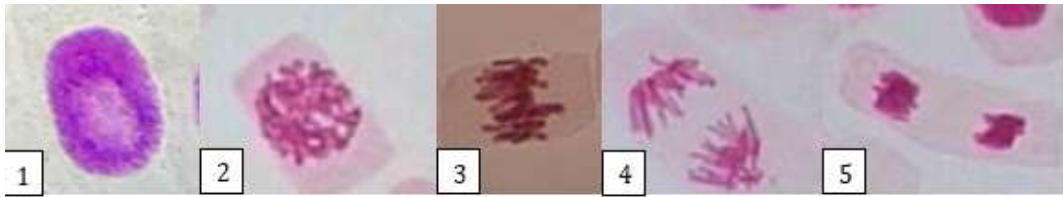
Banho maria	Luvas de procedimento
Placas de Petri	Pipetas de Pasteur
Pinças de ponta fina	Lâminas
Eppendorfs	Lamínulas
Suporte para eppendorfs	Microscópio óptico
Papel alumínio	

3.2 Procedimentos

- ✓ Sementes de A. cepa (cv. Vale Ouro IPA-11) serão previamente germinadas;
- ✓ O material será fixado em Carnoy (3 etanol: 1 ácido acético, v:v[⊙]) à temperatura ambiente, e estocadas à -20°C, até o momento da confecção das lâminas (BIANCHI *et al.*, 2016);
- ✓ As raízes serão lavadas três vezes em água destilada, de 5 min cada, e hidrolisadas a 60°C, por 10 min, em HCl 1N;
- ✓ Após a hidrólise as raízes serão novamente lavadas em água destilada e transferidas para frascos de vidro âmbar, contendo o Reativo de Schiff, onde permanecerão em local escuro por 2h;
- ✓ Após esse período, as raízes serão lavadas, até a total retirada do reativo, transferidas para as lâminas, onde serão esmagadas em uma gota de carmim acético 2% e montadas com lamínulas (BIANCHI *et al.*, 2016).

4. Observação

Agora estamos na etapa de observação ao microscópio óptico, nela você poderá visualizar cada uma das fases da mitose! Peço que tente identificar em sua lâmina as seguintes imagens.



1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

5. Referências Bibliográficas

- ANACLETO, L. R., ROBERTO, M. M., MARIN-MORALES, M. A. Toxicological effects of the waste of the sugarcane industry, used as agricultural fertilizer, on the test system *Allium cepa*. **Chemosphere**, v. 173, p. 31-42, 2017.
- BIANCHI, J. et al. Induction of mitotic and chromosomal abnormalities on *Allium cepa* cells by pesticides imidacloprid and sulfentrazone and the mixture of them. **Chemosphere**, v. 144, p. 475-483, 2016.
- MEDEIROS, S. R. B. de; BARBOSA, J. da S.; IRAZUSTA, S. P.; CUNHA, K. S.; LEE, C.; MONTEIRO, R.; MORALES, M. A. M.; JORDÃO, B. Q. Teste de micronúcleo em *Allium cepa*. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Mutagênese, Carcinogênese e Teratogênese Ambiental – SBMCTA, Ouro Preto – MG, 2009.
- PALÁCIO, S. M.; CUNHA, M. B. da; ESPINHOZA-QUINÕES; F. R.; NOGUEIRA, D. A. Toxicidade de metais em soluções aquosas: um bioensaio para a sala de aula. **Química Nova na Escola**, v.35, n.2, p 79-83, maio 2013.

APÊNDICE C*

QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
CURSO: PROFBIO



PÓS - QUESTIONÁRIO

Título do estudo: ATIVIDADES PRÁTICAS NO ENSINO DE BIOLOGIA:
modelos didáticos e o teste *Allium cepa* L. utilizados no aprendizado da divisão celular.

Pesquisador responsável | MICHELLE MARA DE OLIVEIRA LIMA

Explicar que foi selecionado para esta pesquisa e que a sua colaboração sincera é importante e sigilosa;

As questões devem ser lidas no sentido exato;

Marcar apenas uma alternativa;

Fazer um X nos lugares correspondentes;

NS para Não Sabe.

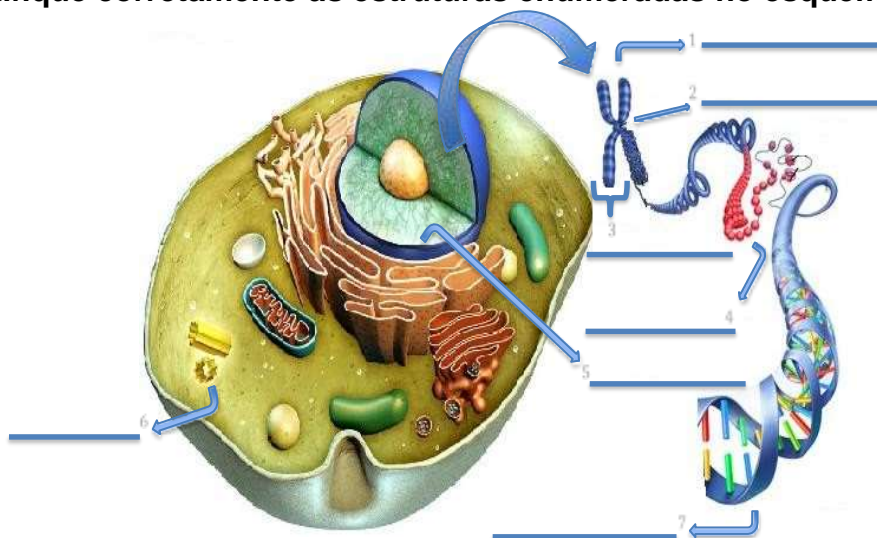
IDENTIFICAÇÃO:

NOME: _____ IDADE: _____

ESCOLA: _____

SÉRIE: _____ SEXO: F () M ()

1. Identifique corretamente as estruturas enumeradas no esquema abaixo:



2. O que você entende por ciclo celular?

3. Cite as principais características da Mitose.

4. O ciclo celular é composto por, basicamente, duas fases. Uma que antecede a divisão celular, chamada de intérfase, e a divisão propriamente dita. Relacione as principais características da intérfase e sua importância para o ciclo celular.

5. O rompimento do envoltório nuclear permite a exposição dos cromossomos ao fuso mitótico. Assinale corretamente, a fase em que ocorre este rompimento.

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder

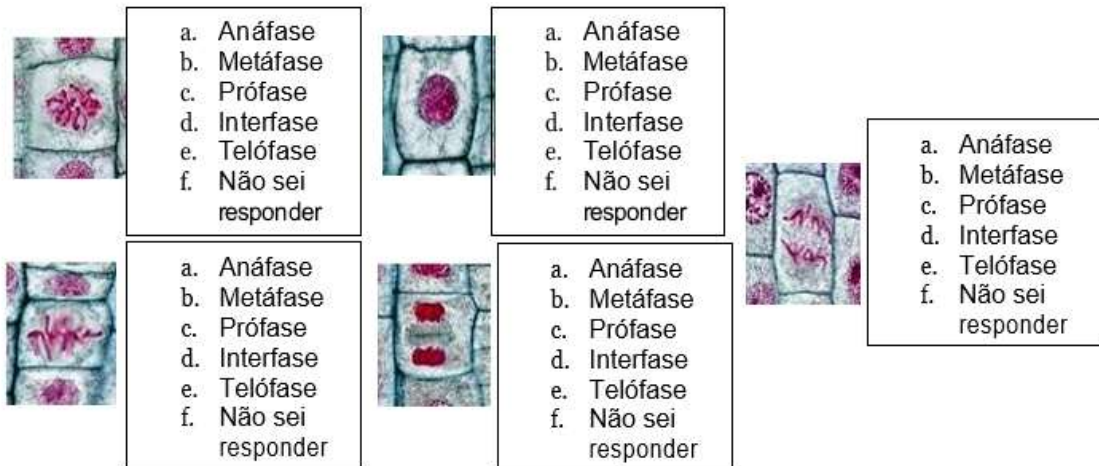
6. A duplicação dos cromossomos garante que cada célula filha resultante da divisão celular receba a mesma cópia do material genético, permitindo que as células sejam geneticamente iguais. Esta duplicação ocorre na fase do ciclo celular chamada de:

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder

7. A condensação dos cromossomos ocorre na_____ . Esta fase garante que os cromossomos sejam divididos em partes iguais repassando a mesma quantidade de material genético para cada célula filha formada.

- a. Telófase
- b. Anáfase
- c. Metáfase
- d. Prófase
- e. Intérfase
- f. Não sei responder

8. Durante uma das fases da divisão celular o cromossomo é separado em duas cromátides irmãs que migrarão para pólos opostos da célula. Identifique corretamente a fase correspondente e a estrutura responsável por permitir a movimentação das cromátides irmãs.
- Prófase I – Centrossoma
 - Metáfase – Fuso acromático (mitótico)
 - Telófase – Placa equatorial
 - Anáfase - Fuso acromático (mitótico)
 - Não sei responder
9. Marque a alternativa que representa a sequência correta dos eventos do ciclo celular:
- Metáfase-Anáfase-Telófase-Intérfase-Prófase
 - Intérfase-Prófase-Metáfase-Anáfase-Telófase
 - Telófase-Anáfase-Metáfase-Prófase-Intérfase
 - Prófase-Metáfase-Anáfase-Telófase-Intérfase
10. Marque a alternativa que representa cada uma das fases do ciclo celular mostradas abaixo:



11. A placa equatorial é formada quando os cromossomos se organizam na parte central (equatorial) da célula. A formação da placa equatorial ocorre na:
- Telófase
 - Anáfase
 - Metáfase
 - Prófase
 - Intérfase
 - Não sei responder
12. O fuso acromático (mitótico) liga-se ao cromossomo através da sua adesão ao:
- Telômero
 - Centrômero
 - Acrossomo
 - Centríolo
 - Não sei responder

13. Na sua opinião, as células que compõem nosso corpo realizam a divisão celular mitose? Se sim, cite pelo menos 3 exemplos.

14. Você conhece alguma doença que esteja relacionada à mitose? Se sim, qual? E de que forma você acredita que isto ocorra?

APÊNDICE D*

QUESTIONÁRIO FEEDBACK



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ – UESPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
CURSO: PROFBIO



IDENTIFICAÇÃO:

NOME: _____ IDADE: _____

ESCOLA: _____

SÉRIE: _____ SEXO: F () M ()

FEEDBACK SOBRE AS METODOLOGIAS APLICADAS

Agora precisamos saber suas percepções sobre as metodologias que foram aplicadas, para isto, pedimos que respondam atentamente as questões a seguir:

Sobre o modelo didático:

1. Que nota você daria para o modelo didático como metodologia no ensino de divisão celular?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
2. Que nota você atribuiria sobre o seu nível de dificuldade em compreender e executar a atividade proposta com o modelo didático?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
3. Numa escala de aprendizagem, o modelo contribuiu para o seu conhecimento sobre ciclo celular em:
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
4. Qual o seu nível de interesse durante a aplicação do modelo didático?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5
5. Qual o seu nível de satisfação com relação ao modelo proposto?
() 0 () 1 () 2 () 3 () 4 () 5

Sobre a prática de *Allium cepa*:

1. Que nota você daria para a prática como metodologia no ensino de divisão celular?
 0 1 2 3 4 5
2. Que nota você atribuiria sobre o seu nível de dificuldade em compreender e executar a prática?
 0 1 2 3 4 5
3. Numa escala de aprendizagem, a prática contribuiu para o seu conhecimento sobre ciclo celular em:
 0 1 2 3 4 5
4. Qual o seu nível de interesse durante a execução da prática?
 0 1 2 3 4 5
5. Qual o seu nível de satisfação com relação à execução da prática?
 0 1 2 3 4 5

ANEXO A*

TÍTULO DO ANEXO





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
PIAUI - UESPI**

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Utilização de Modelos Didáticos e do teste Alim cepa no Ensino.

Pesquisador: Pedro Marcos de Almeida

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84259818.3.0000.5209

Instituição Proponente: Universidade Estadual do Piauí - UESPI

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.809.879


Apresentação do Projeto:

A pesquisa será realizada com 30 (trinta) alunos por escola que estejam cursando o componente curricular de biologia referente ao terceiro ano do Ensino Médio em três escolas de Floriano (PI), sendo duas públicas (Federal e Estadual) e uma privada. O presente estudo será organizado em quatro etapas: (1) Aplicação e Avaliação do Pré-Questionário aplicado antes da realização de aula teórico-prática com questões semiestruturadas que terá o intuito de avaliar o conhecimento dos alunos de cada escola (Federal, Municipal e Privada) sobre os conteúdos referentes ao ciclo celular.



(2) Desenvolvimento da aula teórica com a utilização de modelos didáticos, na qual os alunos de cada escola irão participar de uma aula teórica sobre o conteúdo referente à divisão celular (mitose) e discussão das consequências de alterações cromossômicas em seu ciclo mitótico para a constituição das células. (3) Aplicação da aula prática de A. cepa, onde os alunos de cada escola serão subdivididos em duas turmas de 15 alunos e cada turma irá realizar uma aula prática de 2 h com o bioensayo A. cepa no Laboratório de Microscopia do Instituto Federal do Piauí - Campus Floriano. Durante toda a atividade prática com A. cepa os comentários, questionamentos, e discussões dos alunos serão registrados em um diário de bordo com o intuito de registrar suas principais reações mediante a realização da aula prática que podem vir a contribuir com as posteriores discussões acerca da utilização da experimentação para o ensino-aprendizagem de biologia. (4) Aplicação e Avaliação do Pós-Questionário que será aplicado após a realização da aula teórico-

Endereço: Rua Manoel Dias, 2335
Bairro: Centro-Sul
UF: PI
Município: TERESINA
Telefone: (86)3221-0558
Fax: (86)3221-4749
E-mail: comit0000000004@uespi.com.br

Página 01 de 04



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUI - UESPI

Contribuição do Pesquisador: 2.608.078

maestrando referentes ao conteúdo da disciplina do professor. Para minimizar os riscos de não germinação das sementes de *A. cepa* (cabola), amostras das mesmas serão germinadas previamente para teste e depois utilizadas no laboratório com os alunos. Além disso, o laboratório dispõe de outros lotes de sementes que também serão avaliadas quanto à germinação.

Benefícios:
Maior compreensão e entendimento dos processos envolvendo o ciclo celular e despertar o conhecimento dos alunos durante a realização da aula prática.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:
Pesquisa viável e de grande alcance social.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:
Todos os documentos obrigatória foram apresentados, inclusive a pendência gerada anteriormente relacionada a termos, riscos e materiais do projeto de pesquisa.

Recomendações:
APROPRIAR-SE da Resolução CNS/M5 Nº466/12 (que revogou a Res. Nº196/96) e seus complementares que regulamenta as Diretrizes Éticas para Pesquisas que Envolvem Seres Humanos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:
De acordo com a análise, conforme a Resolução CNS/M5 Nº466/12 e seus complementares, o presente projeto de pesquisa apresenta o parecer APROVADO por apresentar todas as solicitações indicadas na versão anterior.

Considerações Finais e critério do CEP:
De acordo com a análise, conforme a Resolução Nº466/12 (CNS/M5) e seus complementares, o presente projeto de pesquisa apresenta o parecer APROVADO por se apresentar dentro das normas de ética vigentes.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1078851.pdf	11/03/2018 17:02:38		Aceito
Dúvidas	QUESTIONARIO_PM.pdf	04/03/2018 16:31:56	Pedro Marcos de Almeida	Aceito

Endereço: Rua Odebrecht, 2338
 Bairro: Centro/Sul CEP: 64.001-290
 UF: PI Município: TERESINA
 Telefone: (86)3221-0053 Fax: (86)3221-4744 E-mail: comitecet@uespi@hotmail.com

Página 31 de 34



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO
PIAUI - UESPI**




Continuação do Parecer: 2.039.079

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_ML_PM.pdf	22/02/2018 17:34:17	Pedro Marcos de Almeida	Acerto
Cronograma	Cronograma_ML_PM.docx	18/02/2018 16:37:46	Pedro Marcos de Almeida	Acerto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE_PM.docx	18/02/2018 16:33:53	Pedro Marcos de Almeida	Acerto
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_PM.docx	18/02/2018 16:33:42	Pedro Marcos de Almeida	Acerto
Declaração de Pesquisadores	Declara_Pesquisador_PM.pdf	18/02/2018 16:33:12	Pedro Marcos de Almeida	Acerto
Declaração de Instituição e Instituidor	Declara_instit_PM.pdf	18/02/2018 16:32:16	Pedro Marcos de Almeida	Acerto
Folha de Rosto	Folha_Rosto_Pdf.pdf	18/02/2018 11:12:09	Pedro Marcos de Almeida	Acerto

Situação do Parecer:
Aprovado.

Necessita Apreciação da CONEP:
Não.

TERESINA, 18 de Abril de 2018



Assinado por:
LUCIANA SARAIVA E SILVA
Prof. Dr.ª ~~Luciana Saraiva e Silva~~
Coordenadora do CEP / UESPI
Matrícula: 1715544

Endereço: Rua Cláudio Sáez, 2335
 Bairro: Centro/Sul CEP: 64.001-280
 UF: PI Município: TERESINA
 Telefone: (86)3221-6058 Fax: (86)3221-4749 E-mail: comiteetica@uespi@hotmail.com

Página 04 de 04