

# PRÁTICA LÚDICA 'DNA RECOMBINANTE' E SUA INFLUÊNCIA NA PERCEPÇÃO E NO CONHECIMENTO DE ESTUDANTES SOBRE BIOTECNOLOGIA E ENZIMAS DE RESTRIÇÃO

*Playful Practice 'Recombinant DNA' and its Influence on the Perception and Knowledge of Students on Biotechnology and Restriction Enzymes*

**Rakel Gomes do Nascimento** [rakelgomes.n@gmail.com]

**Neyla Cristiane Rodrigues de Oliveira** [neylacristiane\_bio@yahoo.com]

**Francisca Carla Silva de Oliveira** [carlaoliveira@ufpi.edu.br]

**Ângela Celis de Almeida Lopes** [acalopes@ufpi.edu.br]

*Universidade Federal do Piauí (UFPI) – Campus Ministro Petrônio Portella  
Bairro Ininga, CEP-64049-550, Teresina, PI.*

**Elmary da Costa Fraga** [elmaryfraga@yahoo.com.br]

*Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) – Centro de Ensino Superior de Caxias, Bairro  
Centro, CEP 65.604-380, Caxias, MA.*

*Recebido em: 02/10/2019*

*Aceito em: 12/05/2020*

## Resumo

A Biotecnologia é uma área de grande relevância para a Ciência, principalmente pela descoberta e desenvolvimento de novos fármacos. No ensino, a dificuldade da abordagem desse tema aliada à falta de recursos didáticos e metodologias apropriadas, têm proporcionado problemas na compreensão e assimilação dos conteúdos relacionados. Nesse sentido, objetivou-se analisar a influência da prática lúdica 'DNA recombinante', na percepção e no conhecimento de estudantes do curso de Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Piauí sobre Biotecnologia e as Enzimas de Restrição (ER). A pesquisa é quali-quantitativa e foi realizada com 34 discentes, sendo 18 da turma A (TA) e 16 da turma B (TB). Para obtenção de dados utilizaram-se questionários semiestruturados (pré-teste e pós-teste). Constatou-se que após a realização da prática 44% dos estudantes da TA e 63% da TB, compreenderam como agem as ER, conceitos e importância. Além disso, 67% dos participantes da TA e 81% da TB demonstraram interesse pela Biotecnologia para as Ciências Farmacêuticas, especialmente na produção de medicamentos. Assim, torna-se importante promover o ensino em cursos de formação por meio de atividades lúdicas, que possibilitam o aprendizado de conteúdos complexos de forma interativa e divertida, tornando as aulas mais prazerosas, podendo ser inseridas em todos os níveis de ensino.

**Palavras-chave:** DNA recombinante. Ensino-aprendizagem. Ensino superior. Ferramenta didática.

## Abstract

Biotechnology is an area of great relevance to science, especially for the discovery and development of new drugs. In teaching, the difficulty of approaching this theme coupled with the lack of didactic resources and appropriate methodologies, have provided problems in understanding and assimilating the related content. In this sense, the objective was to analyze the influence of playful practice "recombinant DNA", on the perception and knowledge of students of the Pharmaceutical Sciences course at the Federal University of Piauí about Biotechnology and Restriction Enzymes (RE). The research is qualitative and quantitative and was carried out with 34 students, being 18 of the class A (TA) and 16 of the class B (TB). To obtain data we used semi-structured questionnaires (pre-test and post-test). It was found that after performing the practice 44% of the students of TA and 63% of TB, understood how RE, concepts and importance act. In addition, 67% of participants in TA and 81% of TB showed interest in Biotechnology for Pharmaceutical Sciences, especially in the production of

medicines. Thus, it is important to promote teaching in training courses through playful activities, which enable the learning of complex content in an interactive and fun way, making the lessons more enjoyable and can be inserted at all levels of education.

**Key words:** Recombinant DNA; Teaching-learning; Higher education; Teaching tool.

## Introdução

A história da Biotecnologia é anterior às técnicas utilizadas na atualidade, por exemplo, na fabricação caseira de vinhos e pães (Borém, 2004). A evolução dos conhecimentos biológicos permitiu descobertas que mudaram a vida da humanidade e, no final do século XX, a Biologia tornou-se uma ciência de grande notoriedade e importância. O modelo da estrutura do DNA proposta por Watson e Crick, tendo por base técnicas desenvolvidas para manipulação genética, com aplicações nas áreas da Medicina e Agricultura, baseou-se nas informações do código genético dos organismos vivos (Victorino, 2000; Penteadó, 2004).

O uso da Biotecnologia no Brasil foi regulamentado com a Lei nº 8.974 de 5 de janeiro de 1995, posteriormente revogada pela Lei nº 11.105 de 24 de março de 2005, que estabelece no Art. 1º:

[...] normas de segurança e mecanismos de fiscalização sobre a construção, o cultivo, a produção, a manipulação, o transporte, a transferência, a importação, a exportação, o armazenamento, a pesquisa, a comercialização, o consumo, a liberação no meio ambiente e o descarte de organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, tendo como diretrizes o estímulo ao avanço científico na área de biossegurança e biotecnologia, a proteção à vida e à saúde humana, animal e vegetal, e a observância do princípio da precaução para a proteção do meio ambiente (BRASIL, 2005, p. 1).

Dessa forma, a Lei nº 11.105 regulariza as atividades relacionadas à Biotecnologia e estabelece medidas para proteger o ambiente, a vida e a saúde do homem, dos animais e do planeta Terra. Por isso, pesquisas em Biotecnologia têm alcançado avanços com desenvolvimento de equipamentos especializados, que contribuem para criação de bens e serviços em diversas áreas, principalmente nos ramos agropecuários, da indústria farmacêutica, econômico e tratamentos de doenças (Moura, 2009; Klein, 2011). Além disso, no campo educacional Kidman (2008), afirma que os estudantes têm interesse no tema, reconhecem a importância, mas lhes falta o conhecimento específico necessário para argumentar a respeito, muitas vezes por estar desconexo da sua realidade.

Nesse contexto, é importante inserir discussões sobre Biotecnologia nos cursos de formação, em especial no de Ciências Farmacêuticas, com o propósito de compreender temáticas como a clonagem de embriões, animais transgênicos, organismos geneticamente modificados, terapia gênica, células-tronco, dentre outros, que fazem parte do mundo contemporâneo e, são indispensáveis para abordar questões éticas, além de conhecimentos técnico-científicos para produção alimentícia e de medicamentos (Borém, 2005; Bonis & Costa, 2009; Klein, 2011; Oliveira, 2013).

Pinheiro, Pantoja & Salmito -Vanderley (2017) constaram que mesmo docentes em Biologia, durante a formação acadêmica não tiveram “contato” com a Biotecnologia ou esse “contato” foi insuficiente para garantir um posicionamento correto no processo de ensino-aprendizagem. Verificou-se que a Biotecnologia não vem sendo ministrada com tanto aprofundamento em sala de aula, uma vez que a maioria dos professores evidenciou a falta de atualização profissional, principalmente em relação aos temas mais abordados na mídia, impossibilitando opinião mais segura sobre determinados assuntos divulgados.

Para Krasilchik (2004), o ensino de Biologia, conseqüentemente tópicos referentes à Biotecnologia, contribui para que cada indivíduo seja capaz de compreender e aprofundar as

explicações de processos e de conceitos biológicos, entendendo a importância da ciência e da tecnologia na vida moderna. Essa formação deve colaborar para que o cidadão seja capaz de usar o que aprendeu ao tomar decisões de interesse individual e coletivo.

Todavia, no ensino, a dificuldade da abordagem da Biotecnologia aliada à falta de recursos didáticos e metodologias apropriadas, têm proporcionado problemas na compreensão e assimilação dos conteúdos relacionados. Desse modo, o desenvolvimento e inserção do lúdico no ensino da Biotecnologia e do DNA recombinante pode ser uma maneira efetiva de favorecer o aprendizado desses assuntos (Mascarenhas et al., 2016, Torres et al., 2018). Além disso, atividades lúdicas são excelentes oportunidades de mediação entre o prazer e o conhecimento, pois ajudam a promover o entusiasmo a respeito do conteúdo a ser trabalhado a fim de considerar os interesses e as motivações dos educandos (De Campos Júnior et al., 2009).

Falkembach (2009) afirma que quando as práticas lúdicas são utilizadas em condições ideais, permitem aptidões importantes para o crescimento educacional, pois contribuem para o aprendizado, estimulam a construção do conhecimento de forma prazerosa, possibilita o desenvolvimento de habilidades operacionais, capacidade cognitiva, melhor compreensão e estabelecem conexões entre os alunos e entre aluno e professor. Por isso, quando uma prática lúdica é bem concebida e inserida de forma adequada, oferece muitas vantagens, entre elas:

[...] fixar os conteúdos, ou seja, facilita a aprendizagem; permite a tomada de decisões e avaliações; dá significado a conceitos de difícil compreensão; requer participação ativa; socializa e estimula o trabalho em equipe; motiva, desperta a criatividade, o senso crítico, a participação, a competição sadia e o prazer de aprender. Para isso, um jogo bem projetado deve apresentar as seguintes características: ser atrativo, agradável e fácil de usar. Além disso, o aluno deve conseguir, sem maiores dificuldades, entender o funcionamento do jogo, os comandos mais elementares e as opções de navegação podendo se orientar rapidamente. Todas as opções precisam levar para algum lugar (Falkembach, 2009, p. 5).

O lúdico é considerado por Tristão (2010), como prazeroso devido à capacidade de envolver o indivíduo de forma dinâmica, criando clima de entusiasmo. É este aspecto de envolvimento emocional que torna a atividade motivadora, capaz de gerar estado de vibração e euforia. Em virtude dessa atmosfera de prazer dentro da qual se desenrola, a ludicidade é portadora de interesse intrínseco, canalizando as energias no sentido de um esforço total para consecução do objetivo almejado.

Diante de tais argumentos, entende-se o valor do lúdico no contexto educativo e, é importante a inserção de atividades dessa natureza ao ensino de Biotecnologia com a finalidade de tornar o estudo desta área mais atrativo. Tendo em vista que Alves (2011), em meio às tecnologias existentes, demonstra que é preciso o professor recorrer às alternativas didáticas diferenciadas, criando condições para que os alunos se envolvam no processo de aprendizagem, uma vez que a prática é imprescindível para transformar as aulas, em dinâmicas e interessantes, além de desenvolver saberes importantes para a formação.

Nesse sentido, objetivou-se analisar a influência da prática lúdica ‘DNA recombinante’, na percepção e no conhecimento de estudantes do curso de Ciências Farmacêutica da Universidade Federal do Piauí (UFPI) sobre Biotecnologia e as Enzimas de Restrição (ER).

## Material e Métodos

O estudo foi realizado na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Teresina-PI, em 2014, com 34 alunos de duas turmas do curso Bacharelado em Ciências Farmacêuticas, sendo 18 da turma A (TA) e 16 da turma B (TB), durante a disciplina Elementos de Genética e Evolução para Farmácia, na qual aborda temas relacionados à Biotecnologia.

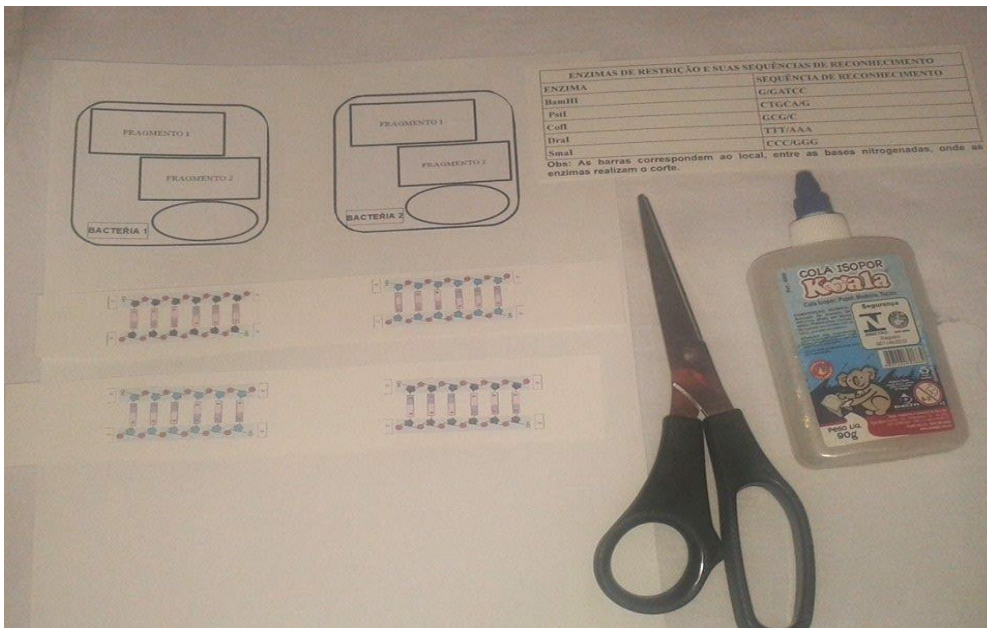
A pesquisa está inserida em uma abordagem quali-quantitativa, que permite recolher mais informações do que poderia conseguir isoladamente, visto que para Minayo (2006, p. 22-23) a pesquisa qualitativa é entendida como “capazes de incorporar a questão do significado e da intencionalidade como inerentes aos atos, às relações, às estruturas sociais, sendo essas últimas tomadas tanto no seu advento quanto na sua transformação, como construções humanas significativas”. E segundo Fonseca (2002, p. 20) “a pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc.”.

Primeiramente, realizou-se uma palestra para cada turma, duração de 2 horas, sobre a tecnologia do DNA recombinante, com orientações sobre a construção da molécula de DNA, destacando a função das ER, por meio de aula expositiva teórica dialogada. A seguir, os graduandos responderam ao pré-teste, questionário semiestruturado com questões abertas e fechadas (Apêndice A), para avaliar o conhecimento a respeito da temática abordada. Posteriormente, desenvolveu-se uma prática lúdica adaptada do jogo intitulado “DNA recombinante” de Pavan (2002), sobre as ER.

De acordo com Pavan (2002), o procedimento da atividade prática ‘DNA Recombinante’ segue as seguintes etapas:

- 1) Pegar o cartão das sequências de reconhecimento e identificar qual a ER que corta as sequências do DNA dos organismos que precisa isolar o gene;
- 2) Após localizar a ER (tesoura molecular), realizar os cortes nos locais específicos do material genético.
- 3) Em seguida, colar separadamente cada fragmento obtido no cartão das bactérias e identificar em qual delas foi retirada a enzima, com a nomenclatura da ER utilizada para cortar o DNA;
- 4) Por fim, efetuar novo corte do DNA dos organismos e montar com a ajuda da cola molecular (DNA ligase), uma molécula de DNA recombinante, unindo os dois fragmentos complementares dos dois organismos distintos obtidos com o corte das ER. Deixando assim, a molécula de DNA recombinante pronta para ser transportada pelo plasmídeo para o interior da bactéria onde será amplificado.

Para execução da atividade, os alunos foram organizados em seis grupos (três na TA e três na TB), os quais receberam os seguintes materiais: dois cartões que simulavam a fita de DNA, contendo as sequências de reconhecimento, com dois tipos de fitas (organismos diferentes) (Apêndice C e D); um cartão com algumas ER e sequências de reconhecimento para identificação da enzima a ser utilizada no corte do DNA (Apêndice E); um cartão simulando as bactérias (Apêndice F); uma tesoura para fazer os cortes e uma cola (DNA ligase) para unir os fragmentos (Figura 1). Além disso, foi entregue roteiro com o procedimento para realização da prática e orientações sobre a produção do relatório, ao final da atividade.



**Figura 1.** Materiais utilizados pelos graduandos para realização da atividade prática ‘DNA Recombinante’.  
Fonte: Autores, 2020.

Os graduandos construíram a molécula de DNA recombinante, inicialmente com a localização das sequências de DNA no cartão reconhecidas pelas ER. Em seguida, foram feitos cortes utilizando a tesoura, que representa a ER nas sequências de reconhecimento, gerando fragmentos adesivos para unir o DNA de organismos diferentes, a junção aconteceu com o auxílio da enzima DNA ligase, simulada pela cola.

Por exemplo, a ER DraI corta a fita de DNA em fragmentos com a sequência específica TTT/AAA, a seguir os fragmentos 1 e 2 serão colados (DNA ligase) no cartão, que representa a bactéria 1. Da mesma forma, a ER BamHI corta a fita de DNA na sequência G/GATCC, esses fragmentos serão unidos pela DNA ligase e inseridos na bactéria 2, assim serão formadas as moléculas de DNA recombinante.

Esta prática foi considerada lúdica, pois de acordo com Tristão (2010) as atividades lúdicas vão muito além do simples jogar, brincar e se movimentar de forma espontânea passando a ser reconhecido um traço essencial da psicofisiologia do comportamento humano, que passa a ser uma ferramenta importantíssima no processo de ensino-aprendizagem. Além do mais, a prática lúdica em questão possibilitou interação entre os alunos e com o professor, promoveu o desenvolvimento cognitivo e social, além de estimular o trabalho em equipe.

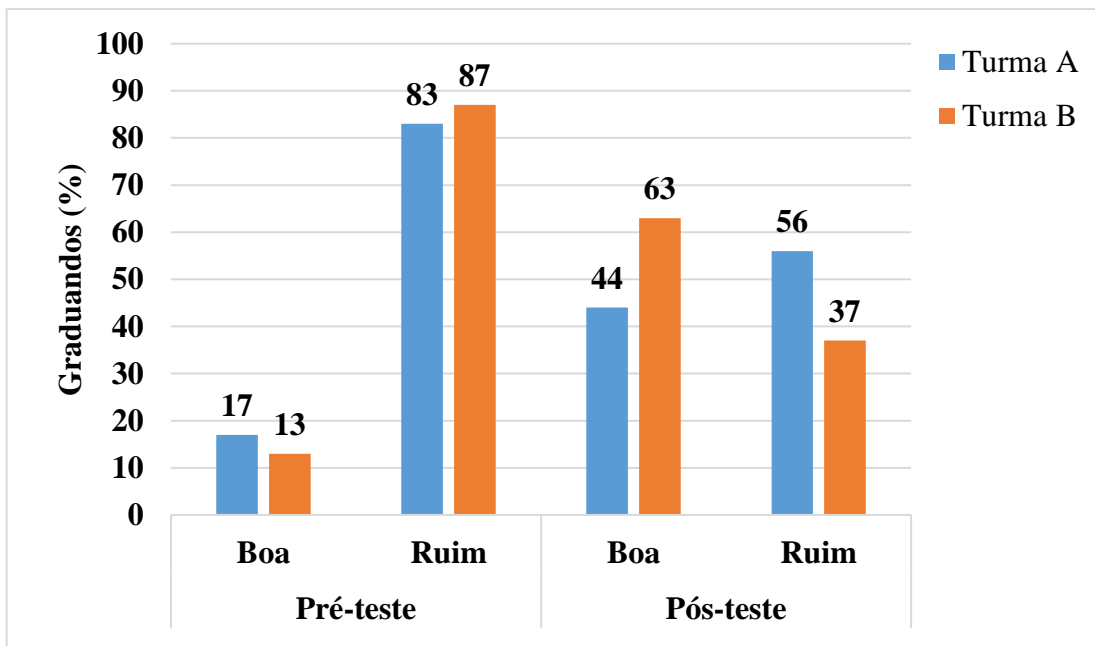
Depois da realização da prática, os participantes responderam ao pós-teste, questionário semiestruturado com questões abertas e fechadas (Apêndice B) e, os dados foram comparados ao diagnóstico inicial (pré-teste). Todos os requisitos relacionados à ética no que tange ao desenvolvimento de pesquisas envolvendo seres humanos foram atendidos, e cada sujeito concordou em participar deste estudo por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Após a coleta de dados, foi feita a análise utilizando o Programa *Office Microsoft Excel 2019* e a discussão com base nos autores que fundamentam a pesquisa.



## Resultados e Discussão

Quando questionados a respeito da concepção sobre Biotecnologia, houve aumento no percentual de graduandos que escolheram a opção boa (TA, de 17% para 44% e TB, de 13% para 63%), pois reconheceram que a teoria aliada à prática torna mais fácil a compreensão (Figura 2). Dessa forma, observou-se a importância da realização de atividades práticas, que abordam assuntos de maneira dinâmica e interativa, promovendo envolvimento dos estudantes, pois possibilitou a visualização de conteúdos abstratos e facilitou o processo de ensino-aprendizado. Tendo em vista que no início os participantes não tinham muita afinidade com área, devido à presença de vários métodos (Reação em cadeia de polimerase – PCR, terapia gênica, clonagem, eletroforese, entre outros) e termos complexos presentes nos textos e livros didáticos.



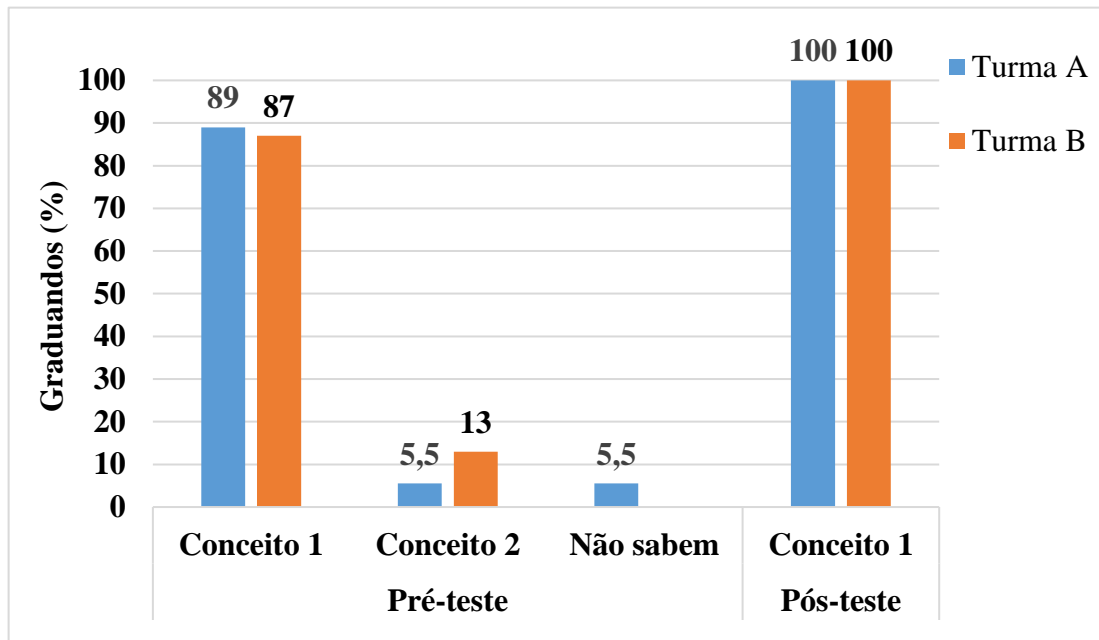
**Figura 2.** Concepção dos graduandos sobre a Biotecnologia.  
Fonte: Autores, 2020.

Em sua pesquisa sobre uma proposta lúdica com estudantes de pós-graduação na disciplina Epistemologia Genética de Jean Piaget, Oliveira et al. (2018), perceberam que os mesmos gostaram da atividade e o lúdico aliado à teoria contribuiu para o ensino-aprendizagem dos discentes. Corroboram com Krasilchik (2004), ao afirmar que o ensino unidirecional, característico de aulas expositivas, torna a educação menos atrativa, pois não relaciona o conteúdo trabalhado em sala de aula com o cotidiano, fazendo com que haja pouco interesse dos alunos e baixo aproveitamento escolar. Por outro lado, a inserção de aulas práticas ajuda a manter o interesse, compreensão de conceitos básicos, instiga a capacidade de resolver problemas, envolve os discentes em investigações científicas e desenvolve habilidades.

Todos os graduandos compreenderam ER como tesouras moleculares, que cortam o DNA em sequências específicas e serão unidas a outras partes de DNA cortadas pela mesma enzima. Assim, segundo os participantes, as ER reconhecem e atuam sobre fragmentos específicos de DNA, catalisando a destruição de uma ligação fosfodiéster entre dois nucleotídeos consecutivos ligados a determinadas bases. Os nucleotídeos entre os quais a enzima cortou, ou seja, entre os quais promoveu a hidrólise, encontraram-se no interior desses mesmos fragmentos específicos de reconhecimento. Essas informações estão de acordo com Watson (2005) e Hepp & Nonohay (2016), que consideram as endonucleases ou ER como proteínas especializadas para a manipulação do DNA, obtidas de bactérias e têm a função de fazer quebras na dupla fita do DNA em locais com a sequência específica

de nucleotídeo, que serão unidas pela DNA ligase aos fragmentos do material genético de organismos diferentes, com as terminações complementares.

Nesse sentido, percebeu-se que os estudantes entenderam o conceito de ER após a visualização do conteúdo, durante a prática, visto que anteriormente 13% dos alunos da TB e 5,5% da TA não souberam responder ao questionamento. Desse modo, após a atividade prática todos os discentes escolheram o conceito 2, que constitui a definição mais completa, demonstrando que conseguiram entender o processo (Figura 3).



**Conceito 1:** São enzimas que agem como tesouras moleculares cortando o DNA em sequências específicas.

**Conceito 2:** São enzimas que participam da síntese proteica.

**Figura 3.** O conceito de enzimas de restrição segundo os graduandos.

Fonte: Autores, 2020.

Após a aplicação das atividades previstas no “Projeto Socioeducativo”, que consistiram na produção de jogos lúdicos para trabalhar temáticas relacionadas à genética, Santos & Silva (2011) perceberam que os estudantes possuíam conhecimento prévio do assunto, mas com lacunas na compreensão, que com o uso de formas diferenciadas de aprendizagens facilitou o entendimento dos conteúdos, despertou o interesse dos discentes e fortaleceu a interação aluno-aluno e professor-aluno. Além disso, Alves (2011) reforça a contribuição da atividade lúdica no processo de aprendizagem, independente do grau de formação, pois aprender na prática transforma o discente em sujeito ativo e consolida o aprendizado, tornando mais simples a abordagem dos temas.

Quando questionados sobre a importância das ER, observou-se que 61% dos graduandos da TA e 69% da TB destacaram a função de cortar o DNA em sequências específicas, seguidos de 28% da TA que citaram apenas cortar o DNA e 19% da TB que aliaram sua relevância à manipulação do DNA e genes (Tabela 1). Notou-se que, antes da prática 50% dos participantes da TA e 7% da TB não responderam ao questionamento e, os demais citaram vários temas referentes à Biotecnologia como: isolar genes, cortar DNA em sequências específica, terapia gênica, replicação de DNA, combate às doenças, de forma aleatória, apenas pelo fato de estarem relacionados à área, mas não souberam argumentar sobre a resposta. Todavia, após a atividade prática, os estudantes sentiram-se confiantes para fazer sua escolha e discutir sobre a importância das ER.

**Tabela 1.** A importância das enzimas de restrição segundo os graduandos.

Turma A		Turma B	
Pré-teste			
Importância das enzimas de restrição	Graduandos (%)	Importância das enzimas de restrição	Graduandos (%)
Cortam o DNA impedindo transcrição defeituosa;	5,5	Cortam o DNA em sequências específicas;	31
Para isolar genes;	11	Para biotecnologia;	6
Cortam o DNA em sequências específicas;	11	Manipulação de DNA e genes;	31
Cortam o DNA;	5,5	Na replicação de DNA;	19
Para Engenharia Genética, Terapia Gênica e DNA recombinante;	17	Combate de doenças;	6
Não responderam.	50	Não responderam.	7
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>
Pós-teste			
Importância das enzimas de restrição	Graduandos (%)	Importância das enzimas de restrição	Graduandos (%)
Para isolar genes;	5,5	Cortam o DNA em sequências específicas;	69
Cortam o DNA em sequências específicas;	61	Para biotecnologia;	6
Cortam o DNA;	28	Manipulação de DNA e genes;	19
Para Engenharia Genética, Terapia Gênica e DNA recombinante.	5,5	Recombinação de DNA.	6
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

Fonte: Autores, 2020.

Nessa perspectiva, Almeida & Guimarães (2017) também verificaram que houve diferença na compreensão dos conteúdos frente à utilização de diferentes tipos de recursos didáticos no ambiente escolar, sendo que os temas com a inserção de práticas foram melhores entendidos pelos discentes, seguido pelos assuntos abordados com jogo didático e uso de mídia, concluindo-se que os recursos didáticos quando são diferentes da rotina de aula expositiva, facilitam a aprendizagem. Dessa maneira, Vygotsky (2007) afirma que os jogos podem estimular a curiosidade do estudante, além de levá-lo a tomar iniciativas, tornar autoconfiante, por outro lado, aprimora o desenvolvimento de habilidades linguísticas, mentais e de concentração, proporcionando melhor interação de um aluno com outro e contribuindo para o trabalho em equipe.

Quando os graduandos foram questionados sobre os métodos que utilizam as ER, na TA destacaram-se: DNA recombinante (18 vezes), terapia gênica (16 vezes), clonagem de DNA (13 vezes). A TB mostrou aumento no número de vezes em que os métodos relacionados às ER foram: DNA recombinante (14 vezes), terapia gênica (15 vezes), PCR (12 vezes) (Tabela 2). Desse modo, observou-se que mesmo antes da prática os alunos haviam abordado esses métodos, mas depois da experiência lúdica, deixaram de listar o Raio X e aumentou o número de vezes que a PCR foi mencionada. Em ambas as turmas pode-se perceber aumento no conhecimento a respeito da utilização das ER, isso certamente deve-se ao fato da realização da prática aliada à teoria prévia, que trouxe aos estudantes mais informações a respeito da aplicação das ER.



**Tabela 2.** Métodos nos quais as enzimas de restrição são utilizadas segundo os graduandos.

Turma A		Turma B	
Pré-teste			
Métodos	Nº de vezes citado	Métodos	Nº de vezes citado
Clonagem	08	Clonagem	04
DNA recombinante	16	DNA recombinante	11
Terapia gênica	15	Terapia gênica	08
Vacinas	04	Vacinas	03
Eletroforese	01	Eletroforese	0
Raio X	0	Raio X	0
Clonagem de DNA	12	Clonagem de DNA	09
PCR	01	PCR	0
Total	57	Total	35
Pós-teste			
Métodos	Nº de vezes citado	Métodos	Nº de vezes citado
Clonagem	09	Clonagem	09
DNA recombinante	18	DNA recombinante	14
Terapia gênica	16	Terapia gênica	15
Vacinas	06	Vacinas	05
Eletroforese	01	Eletroforese	03
Raio X	0	Raio X	0
Clonagem de DNA	13	Clonagem de DNA	11
PCR	0	PCR	12
Total	63	Total	69

Fonte: Autores, 2020.

Conforme Torres et al. (2018), a exposição da Biotecnologia e suas técnicas fora do ambiente escolar, cria a possibilidade de reforçar conhecimentos na sala de aula, promovendo a educação científica do aluno. Assim sendo, o desenvolvimento e inserção de jogos, atividades práticas no ensino da Biotecnologia e do DNA recombinante, uma maneira efetiva de favorecer a aprendizagem.

Quando questionados sobre as áreas nas quais as ER podem contribuir de forma direta ou indireta, após a aula prática 33% dos graduandos da TA e 44% da TB destacaram a Biotecnologia como área que possui mais benefícios das ER, seguidos dos processos de terapia gênica e clonagem (22% TA); estudo do câncer, transgênicos e produção de fármacos (38% TB) (Tabela 3). Desse modo, percebeu-se que após a prática os alunos passaram a observar os subsídios das ER para o estudo da Biotecnologia. Tendo em vista, que anteriormente 44% dos estudantes da TA e 31% da TB não responderam ao questionamento.

**Tabela 3.** Áreas nas quais as enzimas de restrição podem contribuir de forma direta ou indireta segundo os graduandos.

Turma A		Turma B	
Pré-teste			
Áreas	Graduandos (%)	Áreas	Graduandos (%)
Biotecnologia;	28	Biotecnologia;	25
Terapia gênica, clonagem e DNA recombinante;	22	Produção de vacinas, terapia gênica, clonagem;	6
Engenharia genética e Imunologia;	6	Estudo do câncer, transgênicos, produção de fármacos;	25
Não responderam.	44	DNA recombinante;	6
		Controle da cadeia de DNA;	6
		Não responderam.	32
Total	100	Total	100

Pós-teste			
Áreas	Graduandos (%)	Áreas	Graduandos (%)
Biotecnologia;	33	Biotecnologia;	44
Terapia gênica, clonagem e DNA recombinante;	22	Produção de vacinas, terapia gênica, clonagem;	6
Microbiologia	11	Estudo do câncer, transgênicos, produção de fármacos;	38
Biologia molecular;	6		
Produção de proteínas e vacinas;	11	Produção de insulina;	6
		Não responderam.	6
Não responderam.	17		
Total	100	Total	100

Fonte: Autores, 2020.

Em seu estudo com discentes de Biologia sobre metodologias alternativas para o ensino de Ciências, Oliveira et al. (2017), observaram que os estudantes apresentam dificuldades nos conteúdos de genética, o que se relaciona muitas vezes com a metodologia adotada pelo professor. Diante de tal argumento, o docente precisa investir em atividades práticas, que mantêm os alunos motivados e contribuem para o aprendizado. Segundo Bizzo (2009), a realização de atividades práticas ajuda no desenvolvimento de capacidades diferentes para compreensão do conteúdo e associação da teoria com a prática.

Quando questionados sobre a forma como a Biotecnologia pode ser aplicada na área de Ciências Farmacêuticas, 67% dos graduandos da TA e 81% da TB destacaram o desenvolvimento de fármacos, além da produção de medicamentos específicos (22% da TA e 19% da TB). A análise dos dados mostrou que os alunos consideravam a relevância das técnicas da Biotecnologia para as Ciências Farmacêuticas, mesmo antes da aula prática (Tabela 4).

**Tabela 4.** Aplicação da Biotecnologia na área de atuação dos graduandos.

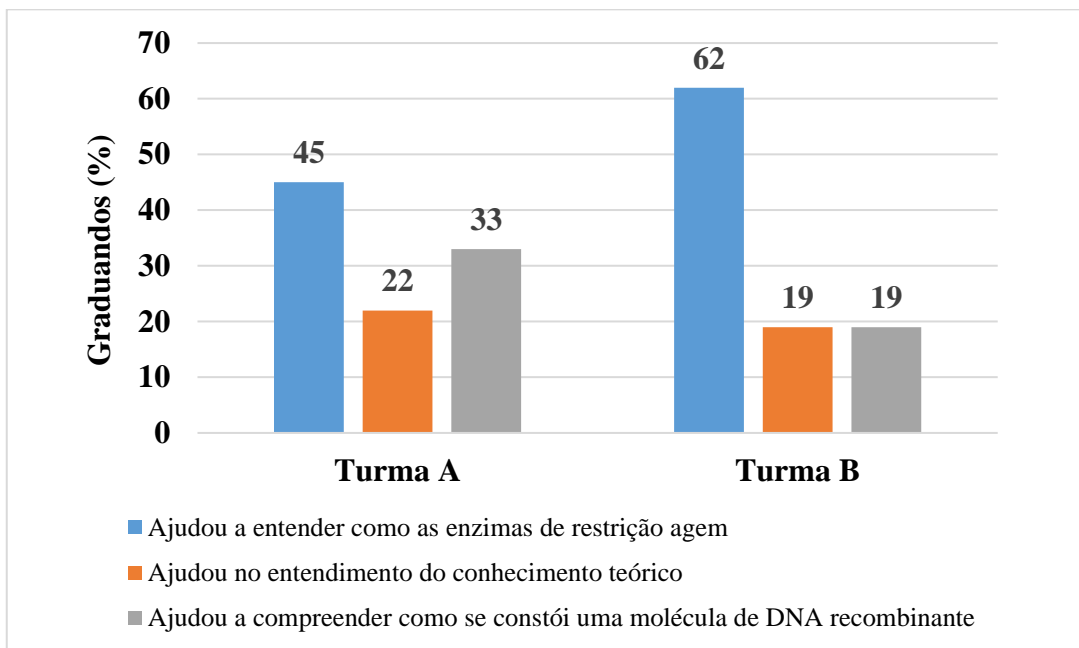
Turma A		Turma B	
Pré-teste			
Aplicação da Biotecnologia na área de atuação dos graduandos	Graduandos (%)	Aplicação da Biotecnologia na área de atuação dos graduandos	Graduandos (%)
Desenvolvimento de fármacos;	67	Desenvolvimento de fármacos;	94
Desenvolvimento de fármacos específicos para cada paciente;	22	Não é tão aplicada.	6
Tratamento de doenças genéticas;	5,5		
Desenvolvimento de vacinas.	5,5		
Total	100	Total	100
Pós-teste			
Aplicação da Biotecnologia na área de atuação dos graduandos	Graduandos (%)	Aplicação da Biotecnologia na área de atuação dos graduandos	Graduandos (%)
Desenvolvimento de fármacos;	67	Desenvolvimento de fármacos;	81
Desenvolvimento de fármacos específicos para cada paciente;	22	Desenvolvimento de fármacos específicos.	19
Na compreensão da atuação de medicamentos;	5,5		
Terapia gênica.	5,5		
Total	100	Total	100

Fonte: Autores, 2020.

Nesse contexto, Klein (2011) comenta que a provável insegurança quanto à utilização de produtos biotecnológicos ocorre pela alta velocidade com que as pesquisas acontecem e também pela

atenção da mídia sobre o assunto. Atualmente, são frequentes as notícias sobre a manipulação do DNA e obtenção de organismos geneticamente modificados, questões polêmicas envolvendo fertilização, inseminação artificial e pesquisas com células-tronco. Diante disso, suscitam debates entre professores e alunos que precisam estar atualizados para abordar e explorar os conteúdos que envolvem esses temas. É importante a discussão da Biotecnologia em sala de aula, inclusive nos cursos de formação, a fim de trabalhar as questões éticas e contribuir para a construção do pensamento crítico dos estudantes.

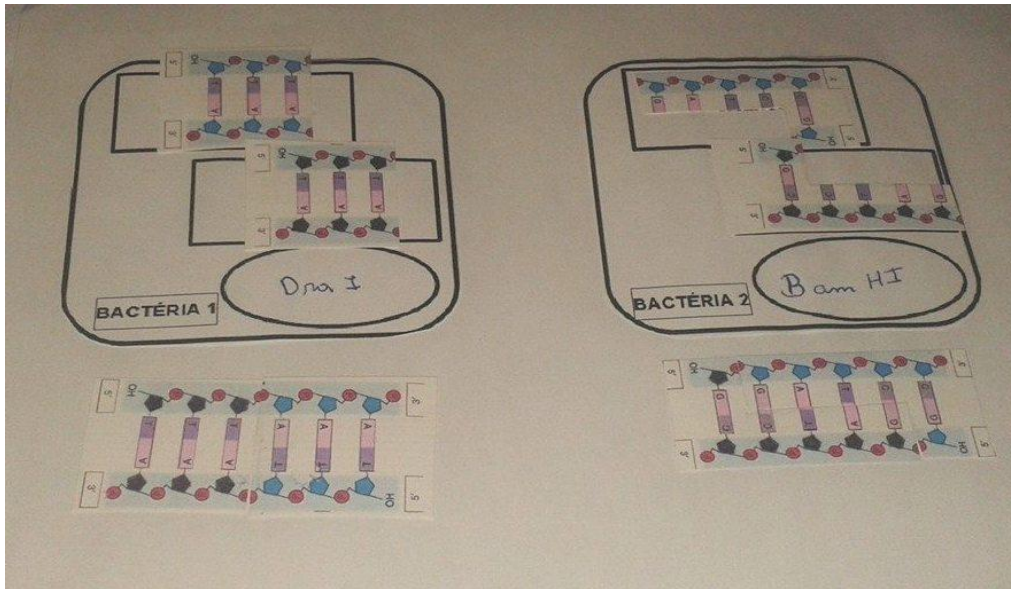
Quando questionados sobre a importância da aula prática, 44% da TA e 63% da TB relataram a contribuição para compreender como as ER agem e 33% da TA responderam que ajudou a entender como se constrói uma molécula de DNA recombinante (Figura 4). Assim, as turmas avaliaram a proposta prática como positiva, pois possibilitou o processo de ensino-aprendizagem do tema de forma dinâmica e divertida.



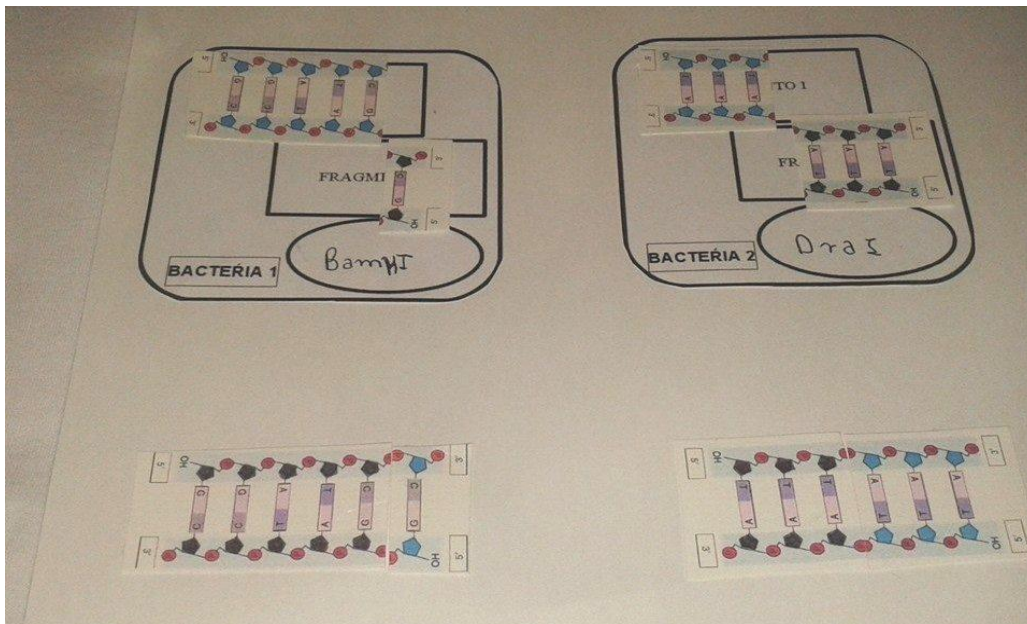
**Figura 4.** A importância da atividade prática segundo os graduandos.  
Fonte: Autores, 2020.

De acordo com Campos, Bortoloto & Felício (2002), a inserção de práticas lúdicas é alternativa viável e interessante, pois pode preencher lacunas deixadas pelo processo de ensino, como a dificuldade de visualização dos conteúdos abstratos e a falta de recursos didáticos nas escolas, uma vez que favorece a construção de conhecimentos, fortalece o trabalho em grupo, a socialização de informações prévias e a produção de saberes. Visto que Sousa, Oliveira & Dias (2019) argumentam que a brincadeira com intencionalidade pedagógica é uma boa estratégia para superar a falta de recursos, além do baixo custo para as instituições de educação.

Nos relatórios produzidos após a aula prática, todos os graduandos ressaltaram a importância do momento para o aprendizado. Na realização da mesma, 83% (cinco grupos) dos estudantes da TA e TB executaram de forma correta, apenas 17% (um grupo) não concretizou com êxito. Os alunos não tiveram dificuldade para identificar qual a enzima específica que corta o DNA em fragmentos, mas apresentaram questionamentos sobre as etapas do desenvolvimento da atividade (Figura 5 e Figura 6).



**Figura 5.** Cartão feito pelos graduandos da forma correta.  
Fonte: Autores, 2020.



**Figura 6.** Cartão feito pelos graduandos da forma errada.  
Fonte: Autores, 2020.

Para Nicola & Paniz (2016), dificuldades podem aparecer no decorrer da utilização de recursos diferenciados, ou antes, da aplicação como a agitação das turmas, falta de disciplina, organização e controle da turma pelo professor. Por isso, faz-se necessário planejar a atividade pensando nessas situações para inserir os recursos didáticos, objetivando que o aluno possa realmente aprender. Vygotsky (2010) afirma que os docentes devem empregar propostas de trabalho que evoquem os conhecimentos anteriores dos estudantes, sempre com vistas à produção de projetos que integrem, estimulem e deem sentido ao processo de ensino-aprendizagem.

## Considerações Finais

Diante dos resultados expostos, observou-se que a atividade prática é importante para atingir objetivos pedagógicos, constituindo alternativa para melhorar o desempenho dos estudantes e a interação aluno-aluno e aluno-professor, pois promove momentos de aprendizado, diversão e estimula o trabalho em equipe.

Constatou-se que os discentes tiveram êxito na realização da atividade ‘DNA Recombinante’ e, mesmo com dificuldades pontuais, conseguiram entender os assuntos. Além disso, compreenderam conceitos básicos das ER, o papel e importância para a realização de técnicas de Biotecnologia. O estudo mostrou, ainda, que o uso do lúdico é eficiente no ensino superior, pois os envolvidos demonstraram interesse no desenvolvimento da proposta, tornando o momento mais prazeroso.

Dessa forma, a execução deste trabalho evidenciou a importância de aliar teoria à prática e defende a ideia da atividade lúdica como recurso no ensino, não só de Biotecnologia, mas em diversas áreas do conhecimento, pois auxilia o professor na abordagem de conteúdos abstratos e permite a vivência da prática, não apenas em laboratórios, ou visitas técnicas, mas em sala de aula. Além disso, deve-se criar, desenvolver e aplicar atividades de natureza lúdica em cursos de formação, em todas as componentes curriculares e níveis da educação.

## Referências

- Almeida, I. de.; Guimarães, C. R. P. (2017). Pluralismo didático: contribuições na aprendizagem dos conteúdos de ciências e biologia. *Revista Experiências em Ensino de Ciências*, 12(5), 302-314.
- Alves, R. J. L. (2011). *O lúdico no ensino de citologia e sua importância para o desenvolvimento de competências e habilidades*. 2011. 44 f. Monografia (Consórcio Setentrional de Educação à Distância) – Universidade de Brasília, Brasília.
- Bizzo, N. (2009). *Ciências: fácil ou difícil?* 1ª ed. São Paulo: Biruta, 160 p.
- Bonis, M.; Costa, M. A. F. (2009). Educação em biossegurança e bioética: articulação necessária em biotecnologia. *Revista Ciência & Saúde Coletiva*, 4(6), 2107-2114.
- Borém, A (2004). A história da tecnologia. In: Borém, A. *Biotecnologia Simplificada*. (pp. 17-33). Viçosa: Folha de Viçosa.
- Borém, A. (2005). A história da biotecnologia. *Revista Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, s/v (34), 10-12.
- Brasil, *Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005*.(2005). Normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança, reestrutura a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança, dispõe sobre a Política Nacional de Biossegurança, Brasília.
- De Campos Júnior, E. O.; Pereira, B. B.; Luiz, D. P.; Moreira-Neto, J. F.; Bonetti, A. M.; Kerr, W. E. (2009). Sistema sanguíneo sem mistério: uma proposta alternativa. *Revista Genética na Escola – SBG*, 3(3), 7-9.
- Campos, L. M. L.; Bortoloto, T. M.; Felício, A. K. C. (2002) *A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem*. Campus de Botucatu: Departamento de Educação – Instituto de Biociências da UNESP.



- Falkembach, G. A. M. (2009). *O lúdico e os jogos educativos*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul- CINTED, 8 p.
- Fonseca, J. J. S. (2002). *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 127 p.
- Hepp, D.; Nonohay, J. S. de (2016). A importância das técnicas e análises de DNA. *Scientia Tec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS*, 3(2), 114-124.
- Kidman, Gillian C. (2008). Asking students: What key ideas would make classroom biology interesting? *Teaching Science*, 54(2), 34-38.
- Klein, T. A. da S. (2011). *Perspectiva semiótica sobre o uso de imagens na aprendizagem significativa do conceito de biotecnologia por alunos do ensino médio*. 2011. 200 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- Krasilchik, M. (2004). *Prática de Ensino de Biologia*. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 200 p.
- Mascarenhas, M. de J. O. et al. (2016) Estratégias metodológicas para o ensino de genética em escola pública. *Pesquisa em Foco*, 21(2), 05-24.
- Minayo, M. C. S. (2006). *O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde*. 9ª ed. São Paulo: Hucitec, 405 p.
- Moura, A. M. M. (2009). *A Interação entre artigos e patentes: um estudo cientométrico da comunicação científica e tecnológica em biotecnologia*. 2009. 269 f. Tese (Doutorado em Biblioteconomia e Comunicação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Nicola, J. A.; Paniz, C. M. (2016). A importância da utilização de diferentes recursos didáticos no ensino de ciências e biologia. *Revista Inovação e Formação*, 2(1), 355-381.
- Oliveira, A. A. (2013). *Enzimas de restrição: uma abordagem lúdica no ensino médio*. 2013. 63 f. Monografia (Centro de Ciências da Natureza) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- Oliveira, A. J. de. et al. (2018). Proposta de atividade lúdica em uma perspectiva piagetiana: possibilidades avaliativas e formativas. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae*, 2(1), 19-33.
- Oliveira, H. T. de A. S. de. et al. (2017). Metodologias alternativas para o ensino de genética em um curso de licenciatura: um estudo em uma universidade pública de Minas Gerais. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 15(1), 497-507.
- Pavan, O. H. (2002). *I Olimpíada Nacional evoluindo-genética curso de atualização - protocolos de aula prática: evoluindo genética*. 3ª ed. São Paulo: Editora da UNICAMP, 83 p.
- Penteado, M. I. O. (2004). *Patentes em biotecnologia no Brasil*. Curitiba: Instituto de Tecnologia do Paraná. Agência Paranaense de Propriedade Industrial – APPI/TEC da PAR.
- Pinheiro, J. P. S.; Pantoja, L. D. M.; Salmito-Vanderley, C. S. B. (2017). Ensino de biotecnologia: o conhecimento docente e abordagem na perspectiva do exame nacional do ensino médio. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 12(2), 776-792.
- Santos, C. R. de M. dos.; Silva, P. R. Q. da. (2011). A utilização do lúdico para a aprendizagem do conteúdo de genética. *Revista Universistas Humanas*, 8(2), 119-144.

Souza, F. A. S. D. de.; Oliveira, M. L. de.; Dias, M. A. (2019). Application of complementary didactics for enhancement of the teachinglearning process about polyphenic chromosomes, *Brazilian Journal of Development*, 5(1), 780-789.

Tristão, M. B. (2010). *O lúdico na prática docente*. 2010. 39 f. Monografia (Faculdade de Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Torres, P. F. et al. (2018). Alimentos transgênicos e DNA recombinante: o jogo da memória como recurso didático para crianças do ensino fundamental. *Revista Tecer*, 11(20), 35-44.

Victorino, V. I. P. (2000). A revolução da biotecnologia: questões da sociabilidade. *Revista Tempo Social*, 12(2), 129-145.

Vygotsky, L. S. (2007). *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 7ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 182 p. (Psicologia e pedagogia)

\_\_\_\_\_. (2010). *História da Pedagogia*. São Paulo: Segmentos.

Watson, J. D. (2005). Bancando deus: moléculas de DNA personalizadas. In: Watson, J. D.; Barry, A. *DNA: o segredo da vida* (pp. 100-126). São Paulo: Companhia das Letras.

**APÊNDICE A– Pré-teste****1º) Na sua opinião a Biotecnologia:**

- a)  É boa.
- b)  É ruim.
- c)  Pode ser boa ou ruim, dependendo de como é usada.
- d)  Não tenho conhecimento sobre o assunto.
- e)  Não tenho opinião formada sobre o assunto.

**2º) O que são enzimas de restrição?**

- a)  São enzimas que participam da digestão dos alimentos.
- b)  São enzimas que participam de processos inflamatórios.
- c)  São enzimas que agem como tesouras moleculares cortando o DNA em sequências específicas.
- d)  São enzimas que participam da síntese de proteínas.
- e)  Não sei responder.

**3º) Qual a importância das enzimas de restrição?**


---



---

**4º) Em quais destes métodos as enzimas de restrições são utilizadas?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Clonagem.         | <input type="checkbox"/> Clonagem de DNA.   |
| <input type="checkbox"/> DNA recombinante. | <input type="checkbox"/> PCR.               |
| <input type="checkbox"/> Terapia gênica.   | <input type="checkbox"/> Todos.             |
| <input type="checkbox"/> Vacinas.          | <input type="checkbox"/> Nenhum.            |
| <input type="checkbox"/> Eletroforese.     | <input type="checkbox"/> Não sei responder. |
| <input type="checkbox"/> Raio X.           |   |

**5º) Cite algumas áreas nas quais as enzimas de restrições podem contribuir de forma direta ou indireta.**


---



---

**6º) Na sua opinião obter conhecimentos sobre Biotecnologia é importante na sua área de atuação?**

- a)  Sim.
- b)  Não.
- c)  Talvez.
- d)  Não sei responder.

**7º) De que forma a Biotecnologia pode ser aplicada na sua área de atuação?**


---



---

**APÊNDICE B– Pós-teste****1º) Na sua opinião a Biotecnologia:**

- a)  É boa.
- b)  É ruim.
- c)  Pode ser boa ou ruim, dependendo de como é usada.
- d)  Não tenho conhecimento sobre o assunto.
- e)  Não tenho opinião formada sobre o assunto.

**2º) O que são enzimas de restrição?**

- a)  São enzimas que participam da digestão dos alimentos.
- b)  São enzimas que participam de processos inflamatórios.
- c)  São enzimas que agem como tesouras moleculares cortando o DNA em sequências específicas.
- d)  São enzimas que participam da síntese de proteínas.
- e)  Não sei responder.

**3º) Qual a importância das enzimas de restrição?**


---



---

**4º) Em quais destes métodos as enzimas de restrições são utilizadas?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Clonagem.         | <input type="checkbox"/> Clonagem de DNA.   |
| <input type="checkbox"/> DNA recombinante. | <input type="checkbox"/> PCR.               |
| <input type="checkbox"/> Terapia gênica.   | <input type="checkbox"/> Todos.             |
| <input type="checkbox"/> Vacinas.          | <input type="checkbox"/> Nenhum.            |
| <input type="checkbox"/> Eletroforese.     | <input type="checkbox"/> Não sei responder. |
| <input type="checkbox"/> Raio X.           |   |

**5º) Cite algumas áreas nas quais as enzimas de restrições podem contribuir de forma direta ou indireta.**


---



---

**6º) Na sua opinião obter conhecimentos sobre Biotecnologia é importante na sua área de atuação?**

- a)  Sim.
- b)  Não.
- c)  Talvez.
- d)  Não sei responder.

**7º) De que forma a Biotecnologia pode ser aplicada na sua área de atuação?**

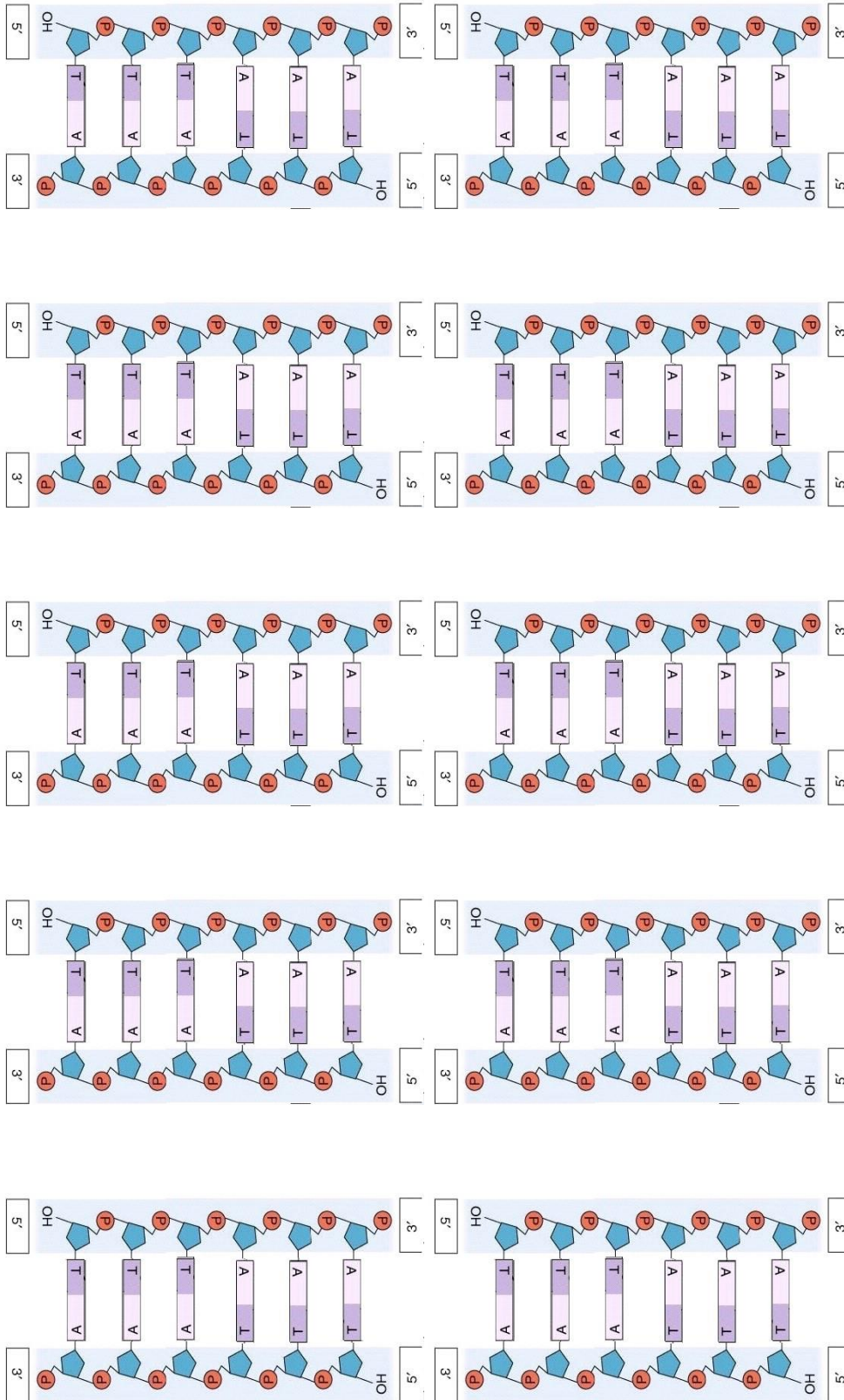

---



---

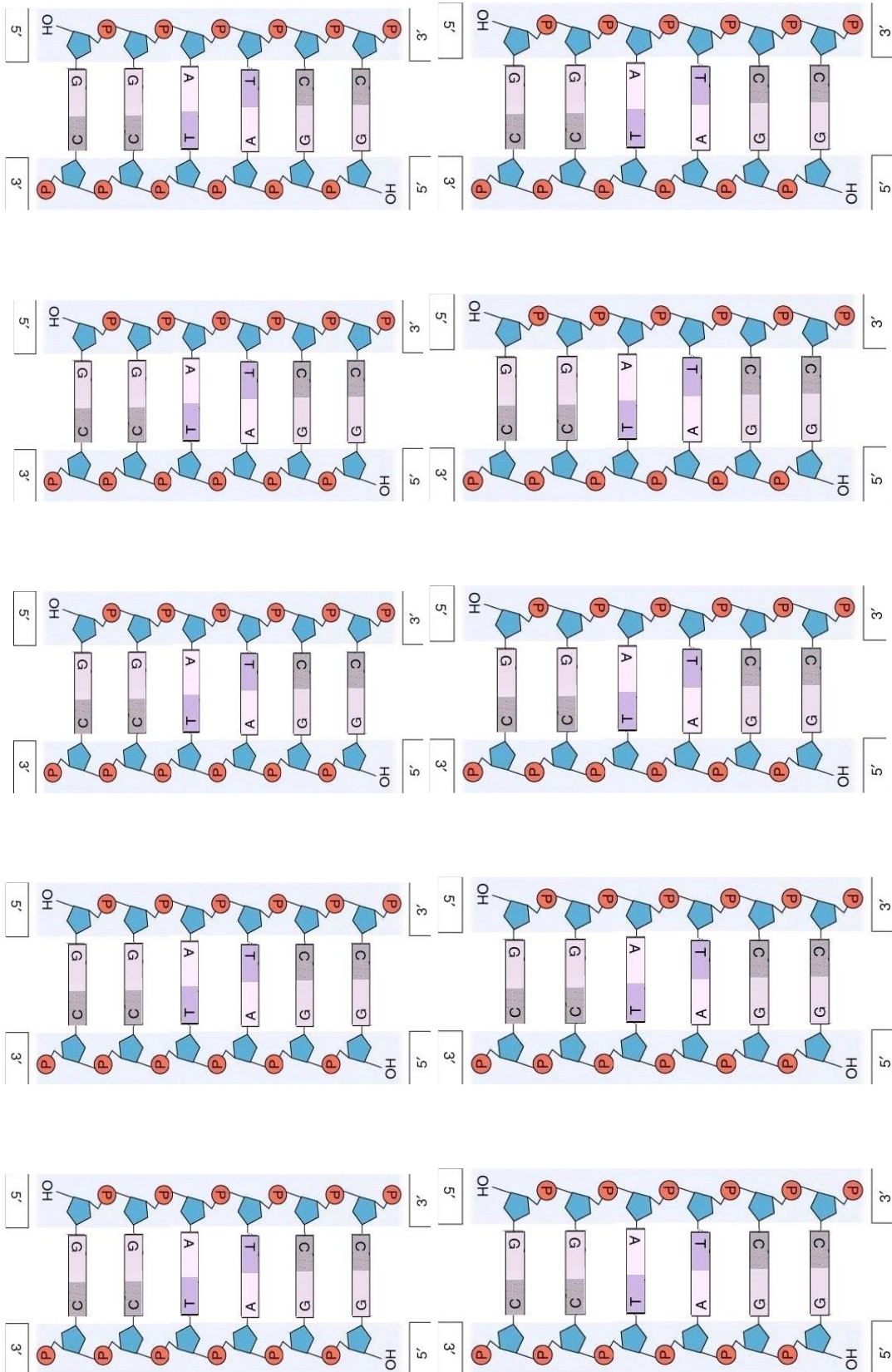
**8º) Qual a importância da aula prática sobre as enzimas de restrição? Justifique.**

**APÊNDICE C**– Imagens dos cartões de DNA com sequências de reconhecimento TTT/AAA.





**APÊNDICE D**– Imagens dos cartões de DNA com seqüências de reconhecimento G/GATCC.



**APÊNDICE E**– Cartões com enzimas e suas seqüências de reconhecimento.

ENZIMAS DE RESTRIÇÃO E SUAS SEQUÊNCIAS DE RECONHECIMENTO	
ENZIMA	SEQUÊNCIA DE RECONHECIMENTO
BamHI	G/GATCC
PstI	CTGCA/G
CofI	GCG/C
DraI	TTT/AAA
SmaI	CCC/GGG

**Obs:** As barras correspondem ao local, entre as bases nitrogenadas, onde as enzimas realizam o corte.

ENZIMAS DE RESTRIÇÃO E SUAS SEQUÊNCIAS DE RECONHECIMENTO	
ENZIMA	SEQUÊNCIA DE RECONHECIMENTO
BamHI	G/GATCC
PstI	CTGCA/G
CofI	GCG/C
DraI	TTT/AAA
SmaI	CCC/GGG

**Obs:** As barras correspondem ao local, entre as bases nitrogenadas, onde as enzimas realizam o corte.

ENZIMAS DE RESTRIÇÃO E SUAS SEQUÊNCIAS DE RECONHECIMENTO	
ENZIMA	SEQUÊNCIA DE RECONHECIMENTO
BamHI	G/GATCC
PstI	CTGCA/G
CofI	GCG/C
DraI	TTT/AAA
SmaI	CCC/GGG

**Obs:** As barras correspondem ao local, entre as bases nitrogenadas, onde as enzimas realizam o corte.

ENZIMAS DE RESTRIÇÃO E SUAS SEQUÊNCIAS DE RECONHECIMENTO	
ENZIMA	SEQUÊNCIA DE RECONHECIMENTO
BamHI	G/GATCC
PstI	CTGCA/G
CofI	GCG/C
DraI	TTT/AAA
SmaI	CCC/GGG

**Obs:** As barras correspondem ao local, entre as bases nitrogenadas, onde as enzimas realizam o corte.

APÊNDICE F– Cartões das bactérias 1 e 2.

