

ATLANTE. CUADERNOS DE EDUCACIÓN Y DESARROLLO

latindex IDEAS EconPapers Dialnet MIAJ InDICES
CSIC

PCR EM CARTÕES: UMA FERRAMENTA PARA O ENSINO DE BIOTECNOLOGIA

Keila Maria Silva Fontenele¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7143-5106>
keilafontenele@outlook.com

Cíntia Martins²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8385-9122>
UFDPAR - Universidade Federal do Delta do Parnaíba, Brasil
martins.c@ufpi.edu.br

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Keila Maria Silva Fontenele y Cíntia Martins: "PCR em cartões: uma ferramenta para o ensino de biotecnologia", Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo, ISSN: 1989-4155 (vol 13, Nº 7 octubre-diciembre 2021, pp. 132-162). En línea:
<https://doi.org/10.51896/atlanter/FSEO4153>

RESUMO

Os jogos didáticos são importantes para o ensino, atuando como ferramentas de fixação de conteúdo. Diante disso, estes vêm sendo cada vez mais discutidos e desenvolvidos. No ensino de ciências e biologia, existem muitas ferramentas lúdicas para promover, além de situações dinâmicas, um contato mais próximo ao tema estudado. Além disso, temas específicos como as Biotecnologias estão em destaque na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), porém seu ensino ainda é complexo pela falta de recursos e laboratórios em escolas públicas. Com especial foco devido a pandemia de COVID-19, a PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) vem sendo amplamente divulgada e discutida em diversas esferas, e é considerada uma tecnologia específica e onerosa, dificultando sua aplicação no ensino. Diante destas dificuldades, este trabalho traz como objetivo desenvolver um jogo, o "PCR in Cards", que visa auxiliar no processo de aprendizagem de estudantes do ensino médio e de graduação, oportunizando aprimorar os conhecimentos quanto a técnica da PCR de forma lúdica e estimulando a fixação do conteúdo. Como metodologia, o jogo foi testado em turmas de graduação em Ciências Biológicas, com intuito de sanar possíveis fragilidades, e possibilitar sua aplicação com mais facilidade de entendimento de regras e melhor rendimento e aprendizagem dos alunos. O PCR in Cards consiste em reunir cartas que simulem os passos, reagentes e equipamentos usados na PCR, sendo de fácil reprodução para os professores da rede pública que não dispõem de recursos para o ensino de biotecnologias. O desenvolvimento do jogo contou com a aplicação de um questionário em turmas de um curso de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas para diagnosticar os déficits do PCR in Cards para deixar o jogo ainda mais eficaz para o ensino da PCR. Portanto, como produto, apresentamos um jogo que permite ensinar

1. Licenciado em Ciências Biológicas
Doctor y Magíster em Ciências Biológicas (Biología Celular y Molecular), Licenciado em Ciências Biológicas, 2. Catedrático de la Universidade Federal do Delta do Parnaíba

PCR de forma lúdica e com fácil entendimento pelos estudantes, uma vez que envolve um jogo muito popular entre a geração atual.

Palavras-chave: Ensino de ciências, jogos didáticos, jogo de cartas.

PCR IN CARDS: UNA HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA BIOTECNOLOGÍA

RESUMEN

Los juegos didáticos son importantes para la enseñanza, actuando como herramientas de fijación de contenidos y cada vez más discutido y desarrollado. En la enseñanza de la ciencia y la biología, existen muchas herramientas lúdicas para promover, además de situaciones dinámicas, un contacto más cercano con el tema estudiado. Además, temas como las Biotecnologías se destacan en la Base Curricular Común Nacional brasileño, pero su enseñanza aún es compleja por la falta de recursos y laboratorios en las escuelas públicas. Debido a la pandemia de COVID-19, la PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) ha sido ampliamente difundida y discutida en varios ámbitos, y se considera una tecnología específica y costosa, lo que dificulta su aplicación en la docencia. Ante estas dificultades, este trabajo tiene como objetivo desarrollar un juego, que tiene como objetivo ayudar en el proceso de aprendizaje de estudiantes de secundaria y pregrado, con el objetivo de mejorar el conocimiento sobre la técnica de PCR de una manera lúdica y fomentando la fijación del contenido. Como metodología, el juego se probó en las clases de pregrado en Ciencias Biológicas, con el fin de subsanar posibles debilidades y posibilitar su aplicación con una mejor comprensión de las reglas y un mejor desempeño y aprendizaje de los estudiantes. PCR in Cards consiste en recolectar tarjetas que simulan los pasos, reactivos y equipos utilizados en PCR, de fácil reproducción para los docentes de escuelas públicas que no cuentan con recursos para la enseñanza de biotecnologías. El desarrollo del juego se basó en la aplicación de un cuestionario en las clases de un curso de licenciatura en Ciencias Biológicas para diagnosticar los déficits de PCR en Cartas para hacer el juego aún más efectivo para la enseñanza de PCR. Por eso, como producto final, presentamos un juego que permite enseñar PCR de una manera lúdica y fácil de entender para los estudiantes, ya que se trata de un juego muy popular entre la generación actual.

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias, juegos educativos, juegos de cartas.

PCR IN CARDS: A TOOL FOR TEACHING BIOTECHNOLOGY

ABSTRACT

Didactic games are important for teaching acting as a tool for facilitate the learning. With such potential these have been increasingly discussed and developed. Many games are present in several topics in science and biology and promote a dynamic situation and closer contact with the subject studied. In addition, specific topics such as biotechnology are highlighted in the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC), but their teaching are still quite complex due to the lack of resources and laboratories in public schools in Brazil. Due to COVID-19 pandemic a technique called

PCR (Polimerase Chain Reaction) has been widely publicized and discussed in several spheres. Known as a very specific and costly technology its application may be challenging. To overcome these difficulties this paper describe the development of a card game called PCR in Cards which aims to assist in the teaching and learning process of high school and undergraduate students while improving their knowledge of the PCR technique in a playful way and stimulating the fixation of the learning process. PCR is cards consists of a gathering card that simulate the steps, reagents and equipment used in PCR, is easy to reproduce for public schools' teachers with low resources for teaching biotechnology. The game went through improvement processes that included the application of a questionnaire in classes of an undergraduate course in Biological Sciences and it was possible to diagnose the deficits of the PCR in Cards and make the game more effective for teaching PCR.

Keywords: Science teaching, didactic games, playing cards.

INTRODUÇÃO

Em meio a crise mundial da saúde causada pela pandemia de COVID-19 vários tópicos começaram a fazer parte do dia a dia das pessoas, como vacinas, medicamentos, e exames ou testes médicos. Diante disso, a PCR (Reação em Cadeia da Polimerase) que antes fazia parte de discussões envolvendo temas da biotecnologia, biologia molecular, genética, biomedicina, entre outros, começou a fazer parte da linguagem das pessoas, e veiculada nas mídias televisivas, virtuais, etc.

A PCR foi criada por Kary Mullis em 1983, e consiste em uma reação enzimática que permite a cópia de fragmentos de genes específicos. Para uma reação de PCR são necessários reagentes e equipamentos exclusivos e para que a reação aconteça são necessários basicamente uma enzima DNA polimerase, *primers* (que funcionam como aneladores e iniciadores da amplificação do DNA), dNTP (desoxirribonucleotídeos livres), cloreto de magnésio, solução tampão, água e DNA; além disso é necessário o uso de um equipamento específico chamado termociclador, que permite a ciclagem de temperaturas por tempos específicos que são imprescindíveis para que a reação de cópia do material genético aconteça neste ambiente *in vitro* (Watson et al. 2015). As aplicações da técnica são das mais diversas, que vão desde análise forense, estudos de biodiversidade, evolução, genética, detecção de patógenos em amostras específicas, entre muitas outras importantes aplicações. Durante a pandemia de COVID-19 é usado como teste diagnóstico para o vírus e considerado “padrão ouro” de diagnóstico. Por ser uma técnica que requer equipamentos e reagentes especiais, ela se torna inviável de ser reproduzida em um ambiente de ensino, e muitas vezes até mesmo em instituições de ensino superior, por se tratar de materiais dispendiosos.

Ainda, por ser uma tecnologia com grande destaque na atualidade, ela se encaixa nas premissas para o ensino de tecnologias abordado na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e na necessidade de letramento científico da população, compreendendo as aplicações e técnicas envolvidas nas mais diversas tecnologias. Dentro das competências específicas destacadas na BNCC (competência 3) “podem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados a aplicação

da tecnologia do DNA recombinante, identificação por DNA...” (Brasil, 2018, p.559), o que inclui, portanto, conceitos como a PCR, seu funcionamento e aplicações. Como destacado, os estudantes devem:

Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimento da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista. (Brasil, 2018, p. 559).

Portanto, para ter a capacidade de análise e debate, os estudantes precisam conhecer a técnica para ter embasamento correto para suas discussões e questionamentos nas diversas situações que possam ser impostas nas discussões diante de uma técnica de análise de DNA.

Peixe et al. (2017) destacam que a maioria dos livros didáticos é falho na temática DNA e biotecnologias, com poucas abordagens de dinâmicas, experimentos ou construções de modelos didáticos, ressaltando que a PCR não foi nem mesmo mencionada nos livros, apesar da relevância dentro das abordagens envolvendo engenharia genética e estudo do DNA.

Além disso, boa parte dos professores apresentam um conhecimento insuficiente, e em alguns casos, inadequado quanto aos conteúdos de Biologia Molecular relacionado com a sua formação acadêmica escassa, principalmente das disciplinas referentes ao âmbito da genética (Camargo; Infante-Malachias & Amabis, 2007). Muitos não conhecem ou tem pouco contato com termos importantes, trabalhados na Biologia Molecular, como é o caso de PCR, Operon, Splicing e GenBank (Carvalho, 2016). Optando-se por atividades que trabalhem esses conceitos de forma dinâmica, torna-se o processo de aprendizagem mais efetivo.

Para que haja um ensino no qual os estudantes adquiram uma visão ampla das distintas relações com o mundo, o professor deve previamente estar convicto de suas próprias percepções quanto aos métodos que usará no decorrer do processo de ensino, bem como das situações específicas apresentadas no meio acadêmico, que encontrará no decorrer do ensino de Biologia (Setuval & Bejarano, 2009). Desta forma, o professor pode aprimorar seus conhecimentos, sempre buscando conhecer e se aprofundar em assuntos até então desconhecidos ou pouco entendidos por eles, para que possam oportunizar aos seus estudantes o que à eles não foi apresentado. Vilela (2007) identifica que, em sua maioria, essa problemática está relacionada ao preparo inadequado do docente que ministra a disciplina, entretanto a falta de associação dos conteúdos dados frente a realidade no qual o estudante está inserido e pela forma abstrata de como os conteúdos são abordados em alguns livros didáticos são também fatores importantes a serem questionados.

É importante que o professor esteja atento a novas tecnologias e a assuntos do cotidiano, assim como esteja disposto a se atualizar e assim trazer ao estudante o caminho para o

conhecimento e para o letramento científico. Porém, as dificuldades para abordar temas muitas vezes complexos e abstratos podem superar a vontade do professor. Com isso, o uso do lúdico pode ajudar tanto o professor quanto os estudantes, permitindo a construção de uma ponte sólida entre o conhecimento e o letramento científico.

No ensino de Biologia, a utilização de aulas práticas é de grande importância, pois segundo Rossasi e Polinarski (2011) uma vez que permite o contato direto dos educandos com os fenômenos, manuseio de equipamentos e observação de organismos. Ausubel (1963) destaca a importância em se estabelecer novos conceitos que se relacionem aos antigos ou porventura, previamente conhecidos para que ocorra organização do conhecimento. Em circunstâncias onde ocorre o contrário, não há sequer aprendizagem, pois o ato de "aprender" expande a rede de conhecimentos e, nesta perspectiva, a aprendizagem só ocorre a partir do que é previamente conhecido pelo indivíduo (Ausubel, 1963). Desta forma, é essencial a elaboração e divulgação de materiais didáticos que utilizem recursos variados, como o fazer lúdico, para trabalhar com estudantes do ensino médio, sendo essa uma forma de facilitar o acesso ao conhecimento (Padilha & Pereira, 2008).

Segundo Campos; Botoloto & Felício (2003), o estudante aprende mais quando ele relaciona um determinado conceito aos conhecimentos prévios que possui a algo palpável. Mas detrimento da complexidade em passar o conteúdo apenas de forma contextual, a genética (e suas tecnologias relacionadas, como a PCR) acaba sendo considerada como "uma área difícil" por muitos estudantes (Weyh; Carvalho & Garnero, 2015).

Segundo Sá; Teixeira & Fernandes (2007), o uso recorrente de mecanismos lúdicos, principalmente os jogos na metodologia de ensino, promove momentos lúdicos e interativos para os estudantes, tornando-se etapas importantes no processo de aprendizagem. Os jogos permitem auxiliar o professor, ao passo que eles são desenvolvidos de forma crítica, possibilitando aprendizagem significativa ao estudante (Gros, 2003). A aplicação de jogos didáticos possibilita não somente uma maior fixação ou melhoramento no processo de aprendizado, também traz uma interação dentre os próprios estudantes, bem como uma interação entre o professor, o que implica em uma ação significativa no processo de ensino aprendizagem. Todavia, vale destacar que o uso de modelos didáticos, do lúdico e de jogos com o intuito de facilitar o ensino e a aprendizagem do conhecimento científico na escola só será efetivado se estiver adequadamente sobreposto ao aporte epistemológico, por parte dos professores, o que poderá levar a uma adequação e escolha de conteúdos programáticos de acordo com as realidades e os contextos socioculturais diversos encontrados em sala de aula (Lorenzini & Anjos, 2004).

Existem diversas ferramentas que exploram práticas online com laboratórios virtuais (Harvey Mudd College, 2005; Genetic Science Learning Center, 2008; Royal Institution, 2014; Howard Hughes Medical Institute, 2017), nos quais o estudante simula diferentes técnicas, inclusive a da PCR, sendo estimulado a raciocinar e lembrar de sequências nos procedimentos realizados durante os experimentos, aprendendo de uma forma dinâmica. Porém, diante da realidade do ensino e da estrutura em escolas brasileiras, fica quase impossível realizar uma prática que requer equipamento

de informática e conexão de qualidade com a internet. Neste sentido, ferramentas que abordem o lúdico e com materiais de fácil acesso e baixo custo se tornam necessários para auxiliar os professores no processo de ensino e aprendizagem.

Portanto, o presente trabalho teve como principal objetivo desenvolver um jogo que auxilie no processo de aprendizagem de estudantes do ensino médio e de graduação, e ajude a superar as abstrações e dificuldades relacionadas aos conceitos envolvendo tecnologias do DNA, biotecnologias, biologia molecular e genética, aprimorando seus conhecimentos quanto a técnica da PCR, além de ter fácil reprodução para os professores da rede pública e ser uma ferramenta didática que atue como um instrumento de apoio ao estudante, proporcionando o uso de jogos como metodologia lúdica de ensino de Biotecnologias, estimulando a interação entre estudantes e entre estudante-professor. Para contribuir com sua aplicabilidade, o jogo foi testado em turmas de graduação em Ciências Biológicas, com intuito de sanar possíveis fragilidades no jogo, e possibilitar sua aplicação com mais facilidade de entendimento de regras e melhor rendimento e aprendizagem dos alunos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O jogo PCR in Cards foi construído com materiais que pudessem ser de fácil acesso para possibilitar sua reprodução, logo, aplicação em sala de aula, em turmas de Ensino Médio ou Graduação, tendo como inspiração o jogo *Magic: The Gathering*, um jogo criado por Richard Garfield em 1993 que também simula situações por meio de cartas que trazem descrições de suas utilizações no jogo. No entanto, durante jogos de *Magic*, o jogador invocará criaturas e as enviará para uma batalha na qual lançará mágicas de um lado para o outro combinando estratégia e fantasia, tudo isso enquanto faz o máximo para derrubar o oponente. Assim como no *Magic*, o PCR in Cards simula situações por meio de cartas que carregam descrições das ações a serem desenvolvidas durante as jogadas. Com isso, os jogadores decidem o destino do jogo, ao passo que vivencia as situações criadas. No entanto, diferente do *Magic*, o PCR in Cards não trava batalhas, mas desenvolve a construção de uma PCR com cartas impressas em papel cartão que carregam informações e simulam os elementos envolvidos na PCR (Figura 1); tais cartas são depositadas em um tabuleiro (Figura 2), reproduzido em cartolina.

Figura 1.

Esquema representativo de uma carta do PCR in Cards, Título, Figura, Subtítulo e descrição estão indicadas e foram inspiradas na construção das cartas dos jogos de Magic.

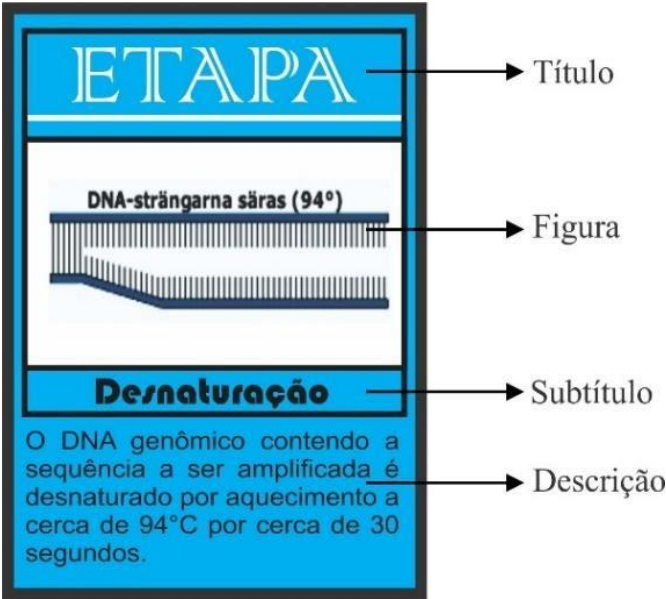
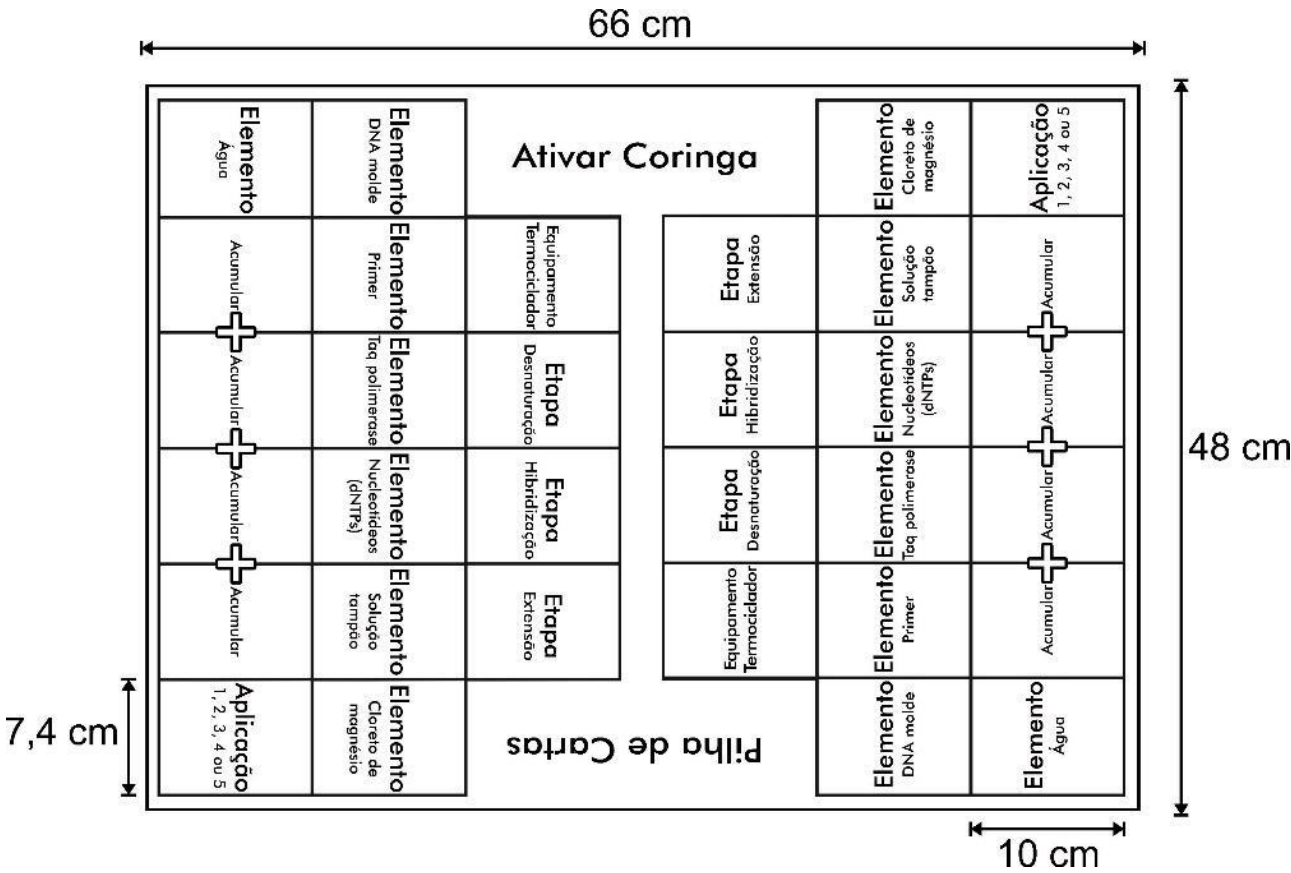


Figura 2.

Esquema representativo do Tabuleiro.



Para a confecção do tabuleiro foram utilizados: cartolina, lápis, canetas hidrográficas, papel cartão, tesoura e régua, materiais facilmente encontrados em armarinhos e papelarias. Porém, uma versão em um formato para impressão também foi gerada (Apêndice 1). A construção das cartas foi feita no programa CorelDRAW © versão X7, e as cartas prontas para serem reproduzidas também estão disponíveis em uma versão para impressão (Apêndice 2). O PCR in Cards foi aplicado com discentes de graduação em Licenciatura em Ciências Biológicas, com duas turmas em diferentes períodos, a primeira e a segunda aplicação ocorreram com 21 e 20 estudantes respectivamente, para assim monitorar alterações necessárias para o funcionamento do jogo. Após a execução do jogo as turmas responderam um questionário, baseado em Weyh; Carvalho & Garnero (2015), para avaliar a assimilação das regras e dificuldades encontradas, com o objetivo de promover sugestões para melhorar o desempenho do jogo. A cada aplicação o jogo foi modificado, diante das sugestões das respostas ao questionário, passando assim por duas versões entre a inicial e a versão atual. As mudanças nortearam o acréscimo e retirada de cartas ao jogo e marcações no tabuleiro para uma melhor organização das cartas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O jogo PCR in Cards consiste em um tabuleiro e 70 cartas, apresenta facilidade em sua construção e também durante a execução, consistindo em reunir cartas que são retiradas do baralho do jogo disponível no centro dos jogadores, que simulem os passos e elementos usados na PCR. Para jogá-lo é indicado um número máximo de quatro pessoas que jogariam em duplas. Iniciando com todas as cartas reunidas em um só monte no centro do tabuleiro, após serem devidamente embaralhadas. Cada dupla recebe um dado que é lançado no início do jogo, e a dupla que obter maior número na jogada do dado, inicia o jogo. Em caso de empate, os dados voltam a serem lançados. Um roteiro resumido do jogo é apresentado (Apêndice 3) para ser impresso ou disponibilizado digitalmente e usado pelos estudantes na utilização do jogo.

O primeiro jogador inicia com um novo lançamento do dado e o número obtido nesse lançamento deverá ser o número de cartas que ele retirará sequencialmente do monte. Após a ação de retiradas de cartas do primeiro jogador, o segundo também retirará a quantidade de cartas de acordo com a numeração que sairá no dado, e assim, sucessivamente, os dados sempre serão lançados para indicar a quantidade de cartas que cada jogador retirará da pilha de compras. Ao longo do jogo, cada jogador reunirá cartas em seu tabuleiro que indicará as etapas, os elementos, o equipamento, as aplicações e o total de ciclos necessários em uma PCR (entre 30 e 40 ciclos). Desde a primeira jogada (ou seja, retirada de cartas que ficam na pilha de compras.), as cartas já poderão ser organizadas no tabuleiro. Quando colocadas sobre o tabuleiro as cartas recebem o nome de “cartas da sequência” e não poderão retornar ao conjunto de cartas que ficam nas mãos dos jogadores, que aqui são denominadas de “cartas dispostas”, a não ser pela ação de cartas coringa, que apresentam diferentes funções, e quando postas em jogo obrigam os jogadores a diversas trocas de cartas, além de bloquear as demais cartas coringa.

O tabuleiro (Figura 2) apresenta dois espaços, um para cada competidor que devem ficar dispostos um em cada lado, e apresenta outros 18 espaços que receberão as cartas. Estes espaços receberam descrições detalhadas com o título e subtítulo das cartas, orientando sobre quais cartas devem ser alocadas, com o intuito de proporcionar clareza aos jogadores no decorrer das jogadas. Algumas cartas como as dos grupos ACUMULAR e CORINGA podem se sobrepor em algumas situações, ou seja, ocuparem um mesmo espaço no tabuleiro.

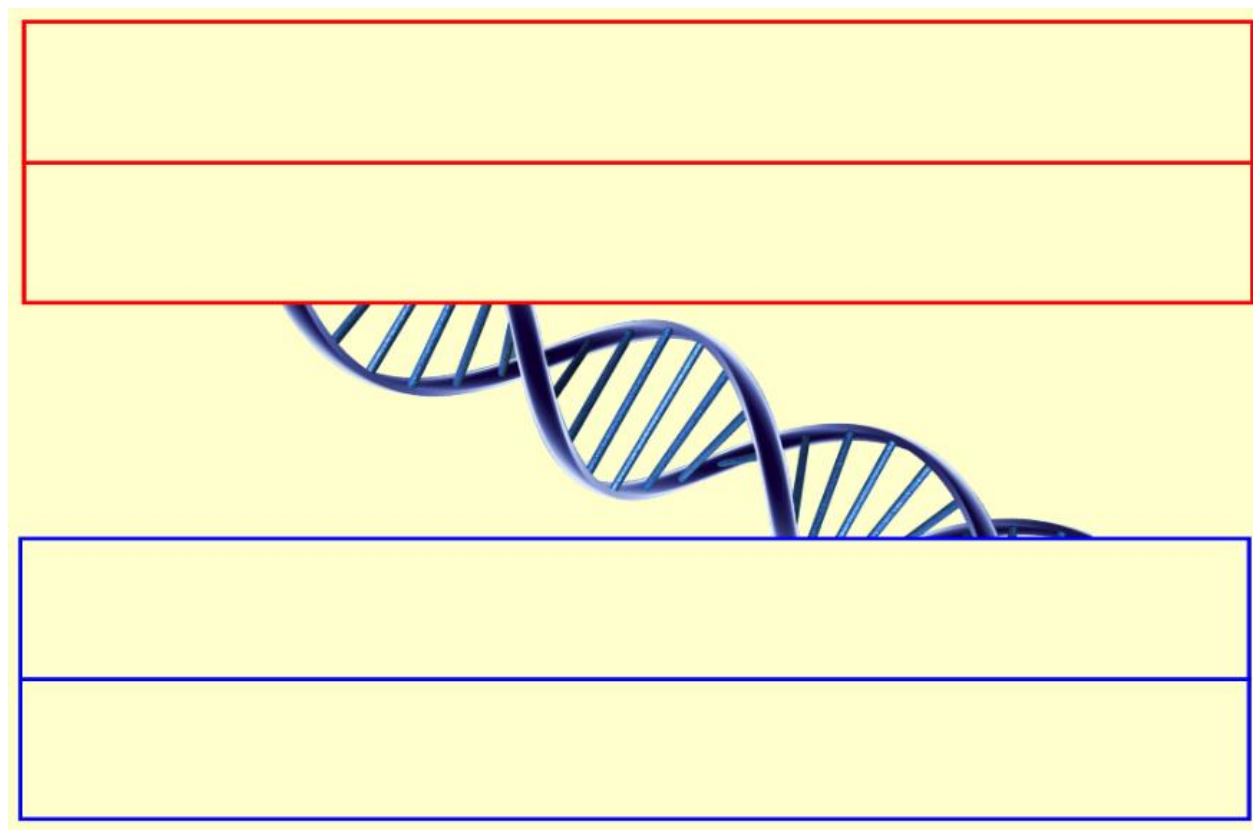
As cartas (Figura 1) possuem um formato simples e dinâmico, com o título na parte superior que indica o tema da carta: ETAPA, CORINGA, ELEMENTO, dentre outros. Na região intermediária há um subtítulo, seguido por uma breve descrição que pode ajudar no decorrer das jogadas e proporcionar um maior entendimento da PCR. Além disso, as cartas apresentam uma figura que ilustra o subtítulo, deixando-as mais lúdicas.

O tabuleiro dispõe de marcações que objetivam orientar os jogadores no agrupamento de cartas da sequência. Para vencer o jogo, os jogadores precisam ter a sequência final da PCR organizada em seu tabuleiro, com as três cartas ETAPA (Desnaturação, Hibridização e Extensão), sete cartas ELEMENTO (DNA molde, Primer, Taq polimerase, Nucleotídeos (dNTPs), Solução tampão, Cloreto de magnésio e Água), uma carta EQUIPAMENTO (Termociclador), no mínimo uma carta APLICAÇÃO (1, 2, 3, 4 ou 5) que indica a situação para qual a PCR está sendo feita, e ainda, cartas ACUMULAR que somem de 30 a 40 ciclos. Cada carta contém descrições e/ou orientações de como podem ser utilizadas no jogo, e sugere-se que os jogadores leiam atentamente suas cartas no decorrer do jogo para auxiliar na maior compreensão da montagem de sua PCR. Para orientar a execução do jogo, também foi desenvolvido um roteiro com as regras expostas de maneira resumida do PCR in Cards (Apêndice 3).

Desde o início da construção do PCR in Cards, buscou-se identificar as reais necessidades dos estudantes quanto ao estudo da PCR, procurando assim viabilizar de forma clara a transferência de informações para eles. Pensando nisso, as cartas foram construídas como uma ferramenta descritiva do fator que ela representa no jogo, e para tornar a descrição mais fácil de ser relacionada com os elementos, foram adicionadas imagens nestas cartas. Foram construídas na primeira versão do jogo: quatro cartas “Coringa” (que permitia a troca de cartas), 26 cartas “Acumular” (referentes aos ciclos da PCR), 31 cartas “Equipamentos” (referentes aos equipamentos usados em uma PCR), 12 cartas “Etapa” (que simulam as três etapas da PCR), cinco cartas “Situação” (Que simulam as aplicações possíveis à PCR) e 56 cartas “Elementos” (referentes aos materiais utilizados em uma PCR), totalizando 134 cartas. Para desenvolvimento inicial do tabuleiro (Figura 3), pensou-se em uma ferramenta que auxiliasse na organização das cartas, mas não havia muitas informações dispostas nele, estavam contidas apenas marcações de espaços destinados à organização das cartas segundo o critério de cada jogador.

Figura 3.

Esquema representativo da primeira versão do Tabuleiro.



Findada a confecção da primeira versão do jogo, aplicou-se o mesmo com alguns estudantes, não somente com o intuito de testá-lo quanto a sua aplicabilidade, mas de melhorá-lo, tornando a situação ali envolvida mais dinâmica e próxima ao estudante e deixando sua funcionalidade mais evidente e fácil, uma vez que não seja tão simples ao ponto de tornar-se cansativo. A partir da primeira aplicação, os questionários foram avaliados e algumas sugestões foram aplicadas ao jogo, como alterações no tabuleiro (Figura 4), em vista da necessidade que foi observada na disposição das cartas sobre o tabuleiro. Aqui, as cartas não passaram por mudanças. Um outro aspecto alterado foi o roteiro de aplicação que passou a ter regras mais claras e detalhadas, o que foi uma das maiores dificuldades encontradas pelos estudantes neste primeiro contato com o PCR in Cards.

Figura 4.

Esquema representativo da segunda versão do Tabuleiro.



Já na segunda aplicação, as cartas sofreram suas primeiras alterações, passando por uma grande redução. Na versão inicial eram 134 cartas, ficando nessa segunda versão com somente 63 cartas: seis cartas coringa, 19 acumular, três cartas equipamento, nove cartas etapa, cinco cartas situação e 21 cartas elemento.

A partir da análise dos dois questionários foram acrescentadas outras 7 cartas coringa ao jogo, chegando à versão final com 70 cartas (Apêndice 2). O tabuleiro também foi alterado, recebendo marcações mais específicas, promovendo a organização das cartas de forma mais fácil (Apêndice 1).

A fim de organizar as informações adquiridas com os questionários duas tabelas foram construídas, de modo que abordavam uma análise geral dos resultados dos questionários respondidos (Tabelas 1 e 2).

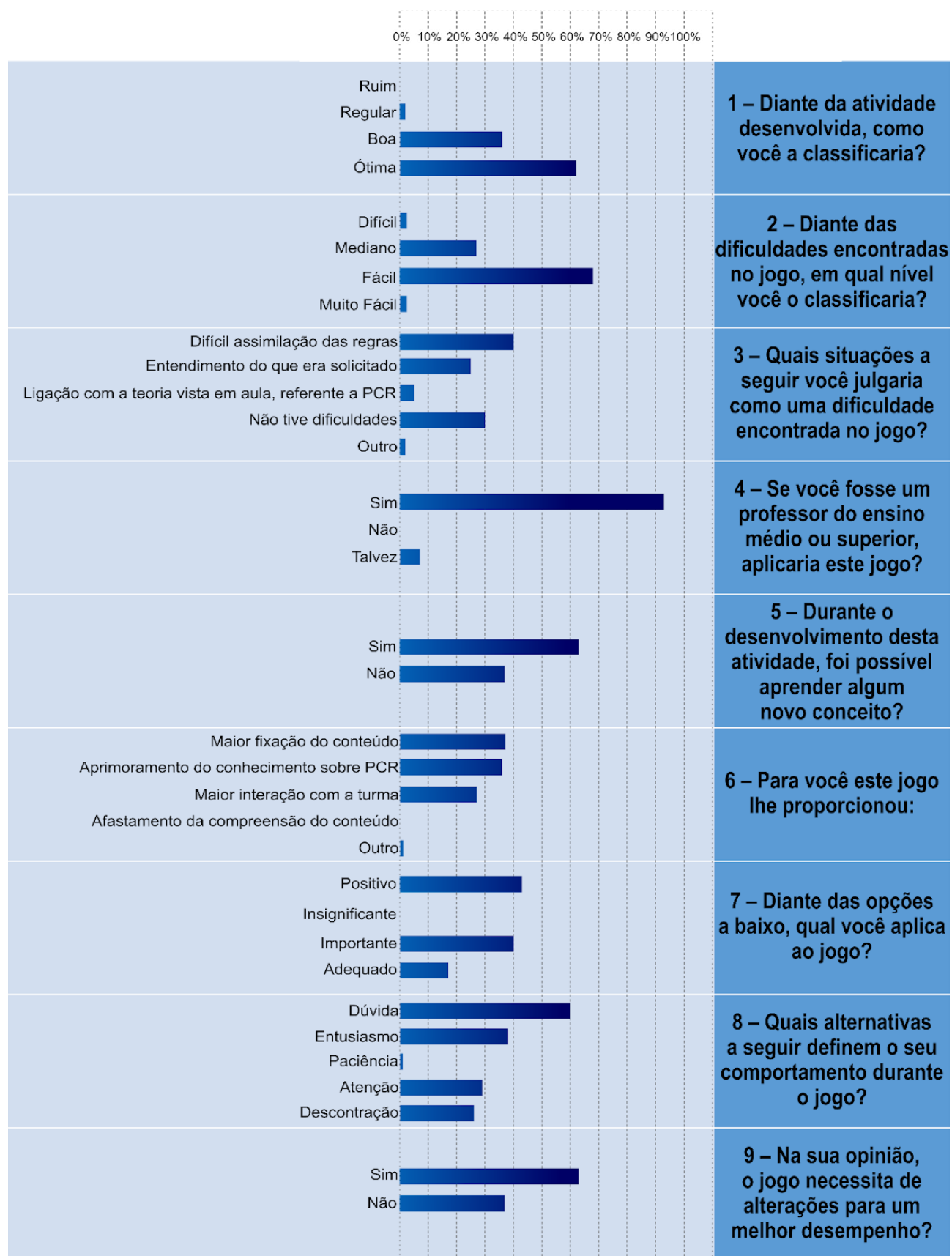
Tabela 1.

Tabela com sugestões dos estudantes obtidas a partir dos questionários. A Tabela também indica a quantidade e as sugestões acatadas na reformulação do PCR in Cards.

Sugestões fornecidas pelos estudantes	Número de sugestões	A sugestão foi acatada na reformulação do PCR in Cards?
Regras mais claras	10	Sim
Adicionar cartas de defesa contra os coringas	4	Sim
Criar marcações mais detalhadas no tabuleiro	3	Sim
Revisar as etapas no final do jogo	1	Sim
Diminuir as cartas coringa	2	Não
Incorporar cartas nulas e exemplos de aplicações erradas.	2	Não
Diminuir as cartas repetidas	1	Sim
Trocar cartas no tabuleiro	1	Sim

Tabela 2.

Resultados encontrados na aplicação dos questionários - baseados em Whey (2015) - utilizados com o intuito de melhorias no jogo em desenvolvimento.



O jogo foi avaliado em diferentes aspectos: níveis de dificuldades, interação, aprendizagem e conceitos adquiridos, importância da aplicação da atividade e pontos a serem melhorados. Com as

aplicações, foi diagnosticada, principalmente, uma dificuldade quanto a assimilação das regras, visto que quando avaliado o nível de dificuldade do jogo, os estudantes avaliaram em 68% como fácil e 27% mediano, sendo que as maiores dificuldades encontradas estavam relacionadas com a assimilação das regras e ao entendimento do que era solicitado no roteiro apresentado durante a aplicação. Visando reverter tais dificuldades, o roteiro do jogo foi melhorado, estabelecendo-se uma linguagem mais clara e direta. Um segundo aspecto aplicado foi o acréscimo de cartas de defesa contra os coringas, surgindo assim um novo coringa que age contra os demais.

Um dos fatores mais questionados do jogo, depois da assimilação das regras, foi a dificuldade de organização das cartas no tabuleiro, mas essa dificuldade pôde ser diminuída ao máximo com as sugestões dos estudantes nos questionários, evidenciando novamente a importância da aplicação do jogo e sua avaliação com os questionários, trazendo esse feedback com os estudantes, que é o público central do PCR in Cards. Dada essa troca com os discentes, foi possível entender onde existiam defeitos e carências no jogo, além das expectativas, ou falta delas, vindas dos estudantes. E com isto foi possível ajustá-las ao ponto que o jogo passou a ser mais claro para os estudantes.

Por ser de fácil aplicação, e por se tratar de jogo de cartas, que é muito popular na faixa etária aplicada, o jogo construído apresenta-se como uma atividade complementar ao ensino da PCR, sendo apresentado preferencialmente após aula expositiva sobre a PCR, reforçando assim, a assimilação do conteúdo e tornando o ensino e aprendizagem de uma temática muitas vezes difícil de trabalhar para o docente da disciplina.

Para a aplicação e discussão relacionando a PCR com a COVID-19, as autoras sugerem que o(a) professor(a) enfatize as diferenças em aula prévia, ou durante o jogo, da PCR convencional, que é a apresentada neste jogo, com a RT-PCR, aquela realizada para detectar RNA do vírus e diagnosticar a COVID-19.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aplicações do jogo com as turmas de Biologia Molecular foram importantes para o processo de construção do PCR in Cards, pois proporcionou um feedback que evidenciou as carências e falhas do jogo, principalmente os principais conflitos com as regras, oportunizando ao jogo uma revisão e posteriormente mudanças necessárias para o seu melhoramento.

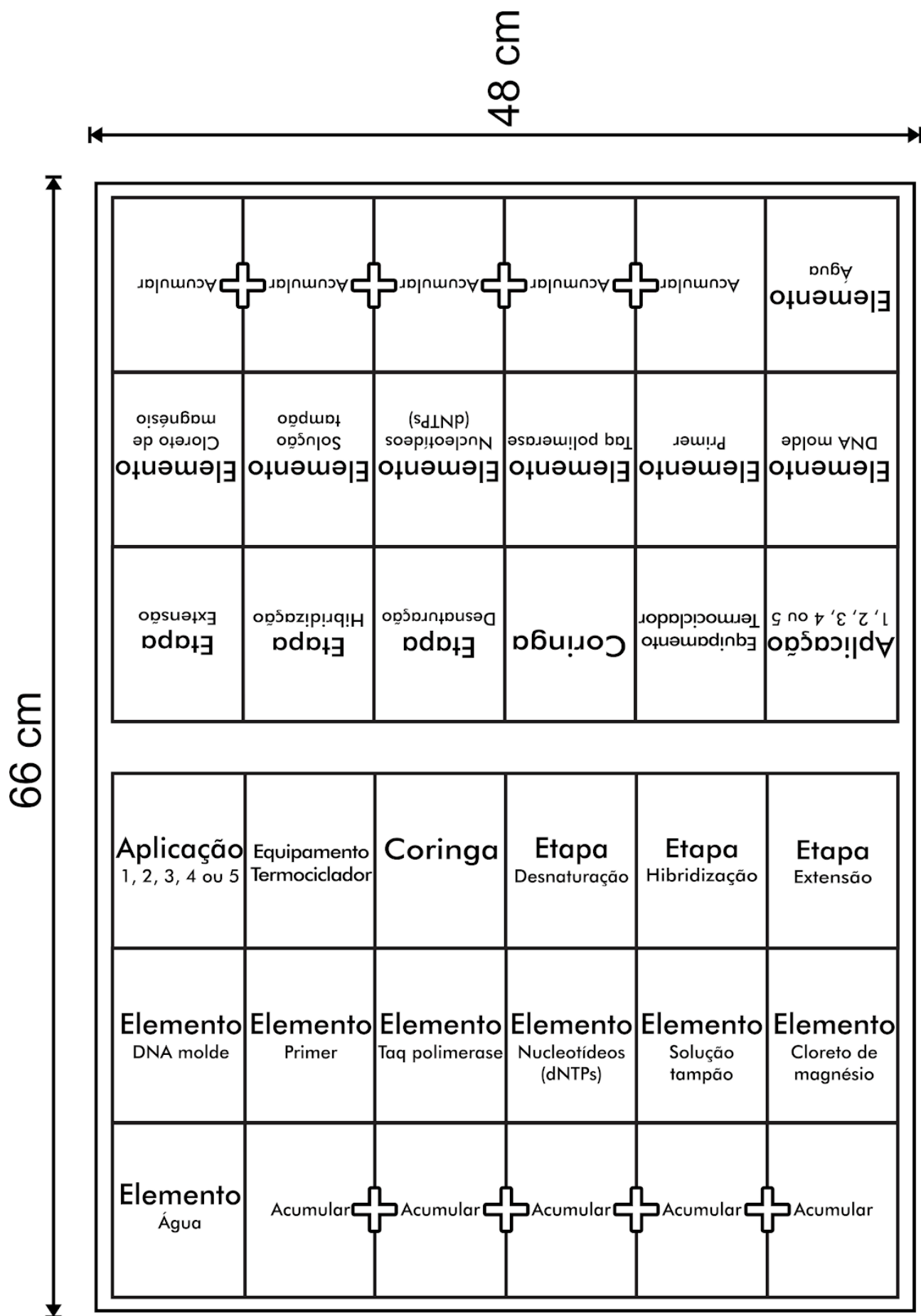
No final deste processo, o PCR in Cards pôde ser concluído com um tabuleiro aperfeiçoado, prático e com descrições que facilitaram ao jogador organizar as suas cartas; além do tabuleiro, o jogo permaneceu com 70 cartas que claramente exemplificam em suas descrições os aspectos importantes observados durante uma PCR. Apesar da mudança que envolveu principalmente a eliminação de muitas cartas do baralho, o jogo não passou por grandes ajustes quanto as suas regras e no que envolve o objetivo que é simular a PCR. As regras do jogo foram apenas reescritas para ficarem mais claras.

O PCR in Cards supre, além das necessidades de fixação conceitual, as questões que se referem a investigação científica, pois promove um momento de reflexão e resolução de dúvidas dos estudantes as problemáticas reais que norteiam a PCR. Diante do exposto, fica evidente a importância da construção de novas práticas que envolvam temas de âmbito científico, pois estas demonstram sucesso no ensino de Ciências e Biologia.



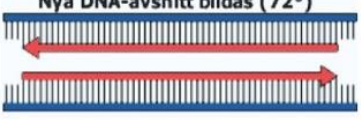




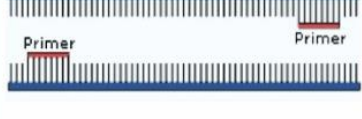

REFERÊNCIAS


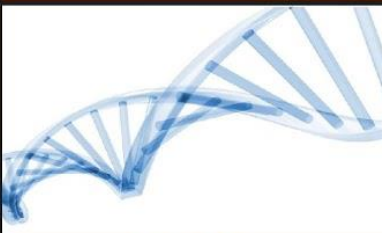
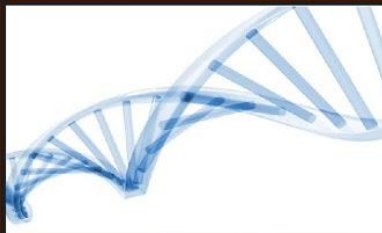
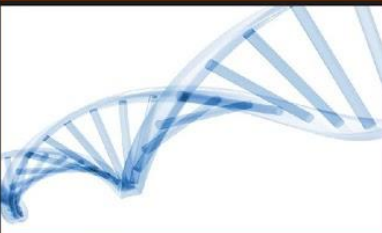
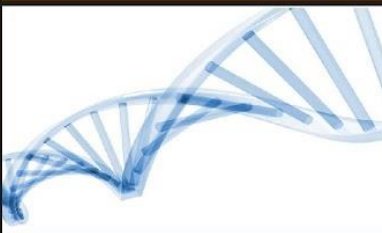
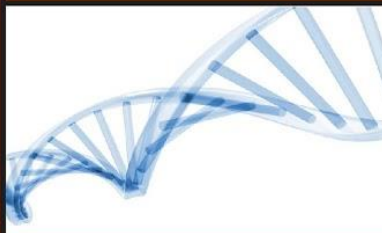
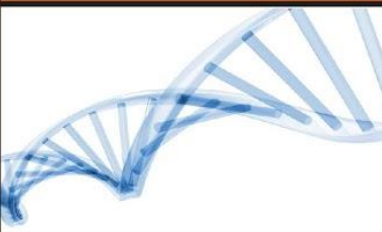
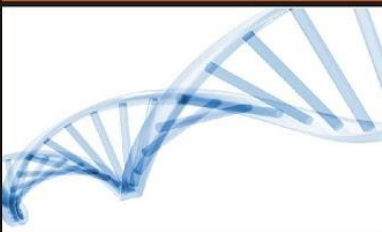
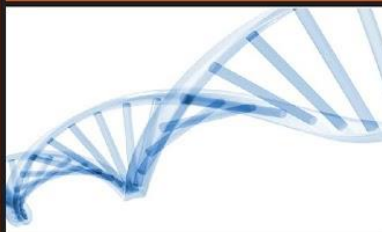
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York: Grune and Stratton.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>
- Camargo, S. S., Infante-Malachias, M. E., & Amabis, J. M. (2007). O Ensino de biologia molecular em faculdades e escolas médias de São Paulo. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 5(1), 1-14.
- Campos, L. M. L., Bortoloto, T. M., & Felicio, A. K. C. (2003). A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. *Cadernos dos Núcleos de Ensino*, 35-48.
- Carvalho, L. M. V. (2016). *O ensino de Biologia Molecular em escolas de ensino médio de um município do meio-norte do Piauí*. (Trabalho de Fin de Grado). Universidade Federal do Piauí, Piauí.
- Genetic Science Learning Center. (2008). *PCR Virtual Lab*. (2008). Learn.Genetics
- Gros, B. (2003). The impact of digital games in education. *First Monday*, 8(7).
- Harvey Mudd College. (2005). *Apache/2.4.25 (Gentoo) Server* at www.cs.hmc.edu Port 443.
- Howard Hughes Medical Institute. *Virtual Labs*. (2017). Classroom Resources BioInteractive.
- Lorenzini, N. M. P., & Anjos, C. R. (2004). *Teoria de modelos e o ensino de biologia: o diálogo entre teoria e prática*. In: Anais do IX Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia. Campinas, São Paulo: Graf. FE.
- Padilha, I. Q. M., & Pereira, M. G. (2008). Proposta de atividade dinâmica como ferramenta de ensino da estrutura de DNA. *Revista Genética na Escola*, 3(2), 28-31.
- Peixe, P. D., Pinheiro, L. G., Araújo, M. F. F., & Moreira, S. A. (2017). Os temas DNA e Biotecnologia em livros didáticos de biologia: abordagem em ciência, tecnologia e sociedade no processo educativo. *Acta Scientiae*, 19(1), 177-191.
- Rossasi, L. B., & Polinarski, C. A. (2011). *Reflexões sobre metodologias para o ensino de Biologia: uma perspectiva a partir da prática docente*. <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/491-4.pdf>
- Royal Institution. (2014). *Game: DNA Detectives*. Royal Institution: Science Lives Here, Inglaterra.
- Sá, E. J. V., Teixeira, J. S. F., & Fernandes, C. T. (2007). *Design de atividades de aprendizagem que usam Jogos como princípio para Cooperação*. In: Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), São Paulo - SP, Brasil.
- Setuval, F. A. R., & Bejarano, N. R. R. (2009). *Os modelos didáticos com conteúdos de genética e a sua importância na formação inicial de professores para o ensino de ciências e biologia*. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, SC, Florianópolis. 2009.






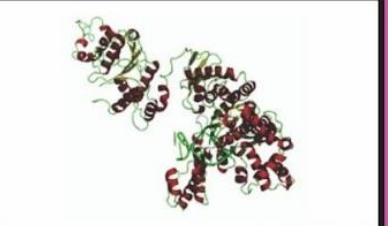
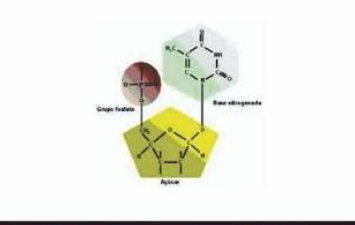


- Vilela, M. R. A. (2007). *produção de atividades experimentais em genética no ensino médio*. (Trabajo de Fin de Grado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Watson, J. D., Baker, T. A. Bell, S. P., Gann, A., Levine, M., & Losick, R. (2015). *Biologia Molecular do Gene*. 7 ed. Porto Alegre: Artmed.
- Weyh, A., Carvalho, I. G. B., & Garnero, A.V. (2015). Twister Proteico: uma ferramenta lúdica envolvendo a síntese de proteínas. *Revista de Ensino de Bioquímica*, 13(1).






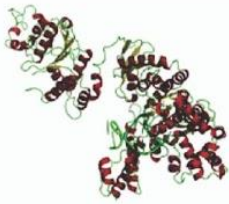










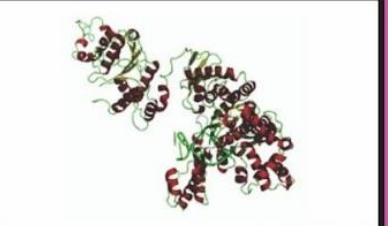
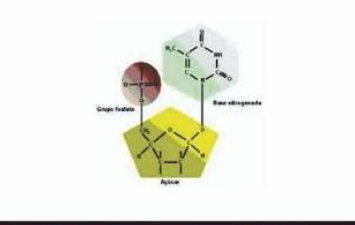


Apêndice 2 - Cartas do PCR in Cards

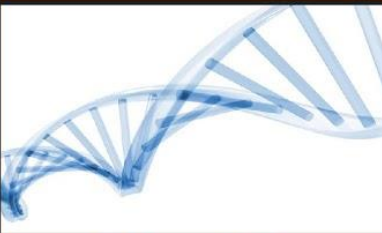
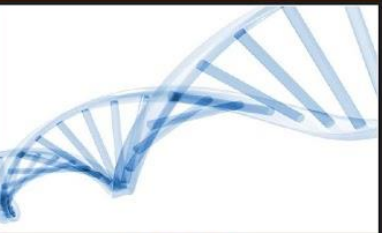
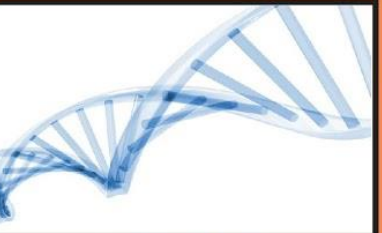
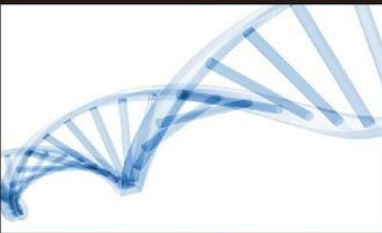
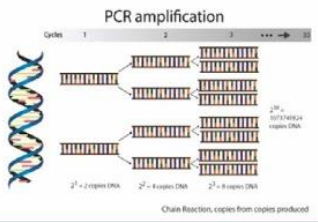
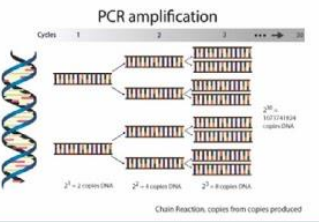
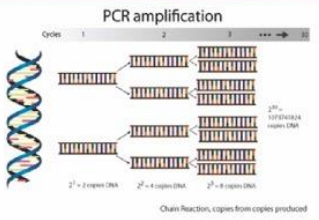
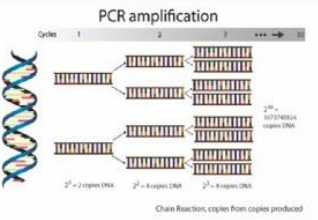
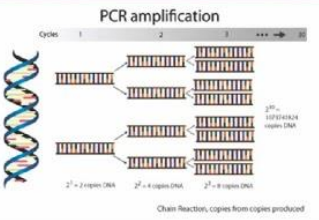
<p>ETAPA</p>  <p>Desnaturalização</p> <p>O DNA genômico contendo a sequência a ser amplificada é desnaturado por aquecimento a cerca de 94°C por cerca de 30 segundos.</p>	<p>ETAPA</p>  <p>Hibridização</p> <p>Após a separação das fitas, um par de iniciadores ou primers complementam a fita oposta da sequência de DNA a ser amplificada. Essa etapa ocorre a 55°C.</p>	<p>ETAPA</p>  <p>Extensão</p> <p>Com o molde já identificado, a enzima DNA-polimerase adiciona as bases complementares, formando uma nova fita. Esse processo acontece a 72°C.</p>
<p>ETAPA</p>  <p>Desnaturalização</p> <p>O DNA genômico contendo a sequência a ser amplificada é desnaturado por aquecimento a cerca de 94°C por cerca de 30 segundos.</p>	<p>ETAPA</p>  <p>Hibridização</p> <p>Após a separação das fitas, um par de iniciadores ou primers complementam a fita oposta da sequência de DNA a ser amplificada. Essa etapa ocorre a 55°C.</p>	<p>ETAPA</p>  <p>Extensão</p> <p>Com o molde já identificado, a enzima DNA-polimerase adiciona as bases complementares, formando uma nova fita. Esse processo acontece a 72°C.</p>
<p>ETAPA</p>  <p>Desnaturalização</p> <p>O DNA genômico contendo a sequência a ser amplificada é desnaturado por aquecimento a cerca de 94°C por cerca de 30 segundos.</p>	<p>ETAPA</p>  <p>Hibridização</p> <p>Após a separação das fitas, um par de iniciadores ou primers complementam a fita oposta da sequência de DNA a ser amplificada. Essa etapa ocorre a 55°C.</p>	<p>ETAPA</p>  <p>Extensão</p> <p>Com o molde já identificado, a enzima DNA-polimerase adiciona as bases complementares, formando uma nova fita. Esse processo acontece a 72°C.</p>




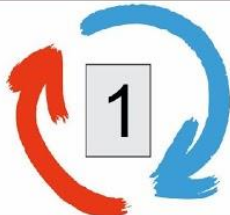
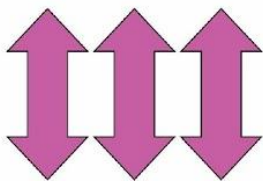
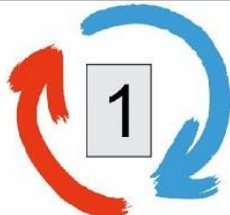

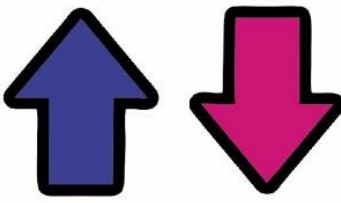

<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 20 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 20 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 10 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 10 Ciclos.</p>
<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 20 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 20 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 10 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 10 Ciclos.</p>
<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>




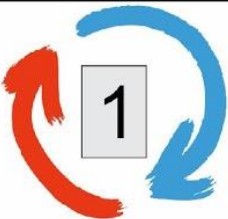
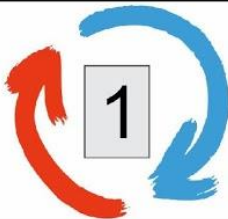
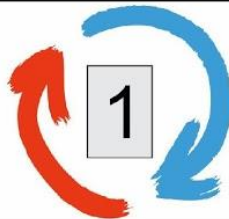

<p>ELEMENTO</p>  <p>Água H₂O</p> <p>Água Ultra-Pura.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 10 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 10 Ciclos.</p>
<p>ELEMENTO</p>  <p>DNA molde</p> <p>O DNA que será o molde para a PCR.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Primer's</p> <p>Os primers são fitas de DNA, com mais ou menos 20 bases (A, T, C, G) complementares, isto é se ligam ao início da sequência de DNA que se quer multiplicar.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Taq polimerase</p> <p>DNA polimerase termoestável, utilizada na amplificação de fragmentos de DNA através da técnica de PCR.</p>
<p>ELEMENTO</p>  <p>Nucleotídeos (dNTP's)</p> <p>Os Desoxirribonucleotídeos Fosfatados dNTP's são nucleotídeos do DNA formados por: uma base nitrogenada (A, C, G e T), um açúcar (desoxirribose) e 3 grupos fosfato.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Tampão</p> <p>Solução tampão para se garantir PH e concentrações iônicas adequadas à reação.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Cloreto de magnésio</p> <p>Atua como cofator para a enzima Taq DNA polimerase e sua presença é indispensável.</p>

<p>ELEMENTO</p>  <p>Água H₂O</p> <p>Água Ultra-Pura.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 10 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 10 Ciclos.</p>
<p>ELEMENTO</p>  <p>DNA molde</p> <p>O DNA que será o molde para a PCR.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Primer's</p> <p>Os primers são fitas de DNA, com mais ou menos 20 bases (A, T, C, G) complementares, isto é se ligam ao início da sequência de DNA que se quer multiplicar.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Taq polimerase</p> <p>DNA polimerase termoestável, utilizada na amplificação de fragmentos de DNA através da técnica de PCR.</p>
<p>ELEMENTO</p>  <p>Nucleotídeos (dNTP's)</p> <p>Os Desoxirribonucleotídeos Fosfatados dNTP's são nucleotídeos do DNA formados por: uma base nitrogenada (A, C, G e T), um açúcar (desoxirribose) e 3 grupos fosfato.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Tampão</p> <p>Solução tampão para se garantir PH e concentrações iônicas adequadas à reação.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Gloreto de magnésio</p> <p>Atua como cofator para a enzima Taq DNA polimerase e sua presença é indispensável.</p>

<p>ELEMENTO</p>  <p>Água H₂O</p> <p>Água Ultra-Pura.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 10 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 10 Ciclos.</p>
<p>ELEMENTO</p>  <p>DNA molde</p> <p>O DNA que será o molde para a PCR.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Primer's</p> <p>Os primers são fitas de DNA, com mais ou menos 20 bases (A, T, C, G) complementares, isto é se ligam ao início da sequência de DNA que se quer multiplicar.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Taq polimerase</p> <p>DNA polimerase termoestável, utilizada na amplificação de fragmentos de DNA através da técnica de PCR.</p>
<p>ELEMENTO</p>  <p>Nucleotídeos (dNTP's)</p> <p>Os Desoxirribonucleotídeos Fosfatados dNTP's são nucleotídeos do DNA formados por: uma base nitrogenada (A, C, G e T), um açúcar (desoxirribose) e 3 grupos fosfato.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Tampão</p> <p>Solução tampão para se garantir PH e concentrações iônicas adequadas à reação.</p>	<p>ELEMENTO</p>  <p>Cloreto de magnésio</p> <p>Atua como cofator para a enzima Taq DNA polimerase e sua presença é indispensável.</p>

<p>ACUMULAR</p>  <p>Dobrar Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial dobrado!</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 2 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 2 Ciclos.</p>	<p>ACUMULAR</p>  <p>+ 10 Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial + 10 Ciclos.</p>
<p>ACUMULAR</p>  <p>Dobrar Ciclos</p> <p>Acúmulo exponencial dobrado!</p>	<p>SITUAÇÃO</p>  <p>Aplicação 1</p> <p>Estudo do padrão de expressão gênica (transcritos raros).</p>	<p>SITUAÇÃO</p>  <p>Aplicação 2</p> <p>Seleção de clones recombinantes</p>
<p>SITUAÇÃO</p>  <p>Aplicação 3</p> <p>Sequenciamento direto de produtos amplificados.</p>	<p>SITUAÇÃO</p>  <p>Aplicação 5</p> <p>Deteção de mutações em genes específicos.</p>	<p>SITUAÇÃO</p>  <p>Aplicação 4</p> <p>Estudos diagnósticos de doenças infecciosas, detecção de bactérias, vírus e protozoários parasitas.</p>

<p>EQUIPAMENTO</p>  <p>Termociclador</p> <p>Permiten realizar os ciclos de temperaturas necessários para uma reação em cadeia da polimerização ou amplificação do DNA, entre outras.</p>	<p>EQUIPAMENTO</p>  <p>Termociclador</p> <p>Permiten realizar os ciclos de temperaturas necessários para uma reação em cadeia da polimerização ou amplificação do DNA, entre outras.</p>	<p>EQUIPAMENTO</p>  <p>Termociclador</p> <p>Permiten realizar os ciclos de temperaturas necessários para uma reação em cadeia da polimerização ou amplificação do DNA, entre outras.</p>
<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Escolha uma das cartas que estão no tabuleiro do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Troque todas as suas cartas com as do seu oponente. (Cartas Dispostas e da Sequência)</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Escolha uma das cartas que estão no tabuleiro do seu oponente.</p>
<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Troque todas as cartas que estão em suas mãos com as que estão nas mãos do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Troque todas as cartas que estão no seu tabuleiro com as do tabuleiro do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Troque todas as cartas que estão em suas mãos com as que estão nas mãos do seu oponente.</p>

<p>CORINGA</p>  <p>Bloqueio</p> <p>Ao lançar esta carta em jogo você estará bloqueando o último CORINGA do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Bloqueio</p> <p>Ao lançar esta carta em jogo você estará bloqueando o último CORINGA do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Bloqueio</p> <p>Ao lançar esta carta em jogo você estará bloqueando o último CORINGA do seu oponente.</p>
<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Escolha uma das cartas que estão no tabuleiro do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Escolha uma das cartas que estão no tabuleiro do seu oponente.</p>	<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Escolha uma das cartas que estão no tabuleiro do seu oponente.</p>
<p>CORINGA</p>  <p>Troca Cartas</p> <p>Troque todas as cartas que estão em suas mãos com as que estão nas mãos do seu oponente.</p>		

Apêndice 3 - Roteiro resumido para aplicação do PCR in Cards.

PCR in Cards

70 Cartas para construir sua PCR!
Nº de Jogadores: 2 (ou duas duplas).

O jogo da PCR foi desenvolvido especialmente para os amantes de biologia. O PCR in Cards consiste em um RPG claro e objetivo que tem como propósito central auxiliar no processo de aprendizado, fazendo com que o aluno aprimore seus conhecimentos na técnica da PCR por meio de uma situação dinâmica, lúdica e interativa, onde o PCR GAMER (jogador do PCR in Cards) vive a sequência da PCR enquanto a constrói.


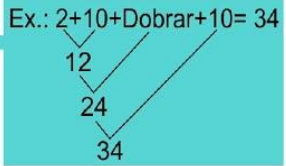





Entendendo o jogo...

O PCR in Cards consiste em reunir cartas que simule os passos e elementos usados na reação em cadeia da polimerase (PCR). Ao longo do jogo, você reunirá cartas em seu tapete que indicará as etapas, os elementos, o equipamento, as aplicações e o total de ciclos necessários em uma PCR (entre 30 e 40 ciclos). Desde a primeira jogada você já poderá começar a organizar suas cartas no tapete, seguindo a sequência sugerida no final desse manual, também indicada no tapete. Vence o jogo aquele jogador que obtiver a sequência final da PCR com as três cartas ETAPA, sete cartas ELEMENTO, uma carta EQUIPAMENTO, no mínimo uma carta APLICAÇÃO e cartas ACUMULAR que somem de 30 a 40 ciclos. Cada carta contém descrições e/ou orientações de como podem ser utilizadas no jogo, sugere-se que você leia bem suas cartas no decorrer do jogo para auxiliar uma maior compreensão da sua PCR.

Como Jogar...

O jogo é iniciado com todas as cartas reunidas em um só monte no centro do "tapete" após serem devidamente embaralhadas. Cada jogador lança o seu dado, aquele que obter o maior número neste primeiro lançamento inicia o jogo, mantendo a sequência dos jogadores de acordo com a numeração estabelecida nesta primeira jogada de dados (em caso de empate os dados voltam a serem lançados). Com o primeiro jogador definido, este iniciará o jogo com um novo lançamento do dado e o número obtido nesse lançamento determinará o número de cartas que ele retirará sequencialmente da pilha de cartas. Com as cartas em mãos o jogador poderá já organizá-las em seu tabuleiro (uma vez no tabuleiro as cartas não poderão ser retiradas), posicionando-as sobre as regiões indicadas. Após a ação de retiradas de cartas do primeiro jogador, o segundo também retirará a quantidade de cartas de acordo com a numeração que sairá no dado e assim sucessivamente; Os jogadores terão que completar a sequência da PCR organizando as cartas que obterão ao longo sobre as regiões indicadas no tabuleiro; Ao longo do jogo poderão utilizar cartas CORINGA para, por exemplo, obter cartas do seu oponente, ou bloquear jogadas de outras cartas CORINGA.

Entendendo as Cartas...

	ACUMULAR	Somam o número de ciclos durante a PCR. Estes devem ter valor de 30 a 40 ciclos de acordo com a organização das cartas no tabuleiro.	
	SITUAÇÃO	Indicam qual será a função destinada à PCR que está sendo construída. Pode usar mais de uma.	
	EQUIPAMENTO	Consiste no equipamento utilizado em laboratório durante o processo de construção da PCR. O termociclador promove a alteração de temperaturas para a execução das três etapas envolvidas na técnica. Você usará apenas um.	
	CORINGA	Possibilita adquirir cartas do oponente de acordo com a necessidade que se faz no jogo. É importante ler a descrição das cartas, pois cada coringa tem diferente função. Esta carta só é ativada na região indicada no tabuleiro.	
	ELEMENTOS	Para que a técnica da PCR seja construída adequadamente é importante que o jogador tenha os sete elementos em seu tubo de ensaio: DNA molde, Primer, Taq polimerase, Nucleotídeos (dNTPs), Solução tampão, Cloreto de magnésio e Água;	
	ETAPAS	Você precisará de três cartas etapas: Desnaturação, Hibridização e Extensão.	