

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE BIOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ELABORAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL SOBRE GENÉTICA: PARES INFINITOS

Elaborado por
Jefferson e Silva Nascimento

Orientador
Maria Amélia Menck Soares

SEROPÉDICA, RIO DE JANEIRO, BRASIL - 2014

Jefferson e Silva Nascimento

Maria Amélia Menck Soares

ELABORAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL SOBRE GENÉTICA: PARES INFINITOS

Monografia apresentada como requisito
parcial para obtenção do grau de Licenciado
em Ciências Biológicas do Instituto de
Biologia da Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro

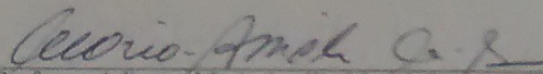
NOVEMBRO – 2014

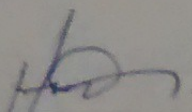
ELABORAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL SOBRE GENÉTICA: PARES INFINITO

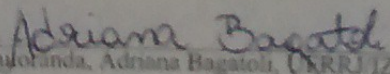
Jefferson e Silva Nascimento


MONOGRAFIA APROVADA EM: 09/12/2016

BANCA EXAMINADORA:

PRESIDENTE ORIENTADOR: 
Professor Adjunto, Maria Amélia Menck Soares, UFRRJ/IB

MEMBRO TITULAR: 
Professor Associado, Heriberto Dias da Silva, UFRRJ/IB

MEMBRO TITULAR: 
Doutoranda, Adriana Bagatoli, UFRRJ/IZ

MEMBRO SUPLENTE: 
Doutorando, Leonardo Ferreira, UFRRJ/IZ

Agradecimentos:

ATENÇÃO! LEIA OS AGRADECIMENTOS NA ORDEM QUE VOCÊ QUISER, só assim serei justo. Agradeço a UFRRJ por existir, devo muito do que penso a todos que encontrei aqui, agradeço a UC também pelo mesmo motivo com a adição de que a UC tem *awesome* infinito e devo com toda certeza agradecer a minha orientadora Maria Amélia Menck, ela me aceitou de última hora e confiou em mim, não posso esquecer de agradecer a minha família e seu apoio forte e sólido durante todo o tempo de vida que tenho, falando nisso devo agradecer a mim mesmo por ter chegado até aqui. Aos amigos também devo um obrigado do tamanho do Universo, obrigado La Zoera, obrigado Curtida, obrigado Valhalla, obrigado Bode Twist, obrigado aos que não foram categorizados nestas três castas e que ainda assim me são muito queridos, sem vocês eu iria ficar, mais, maluco. Obrigado a ciência por me dar a oportunidade de viver no futuro e principalmente por ter dado condições a existência dos meus amados jogos digitais e a incrível internet. Boa leitura e NÃO ENTRE EM PÂNICO.

Resumo

Entre os assuntos de biologia aparentemente o mais difícil é a genética. Alunos concluem etapas de ensino despreparados para lidar com o tema. Devido a importância da genética na vida cotidiana há valor em conhecer alguns conceitos, pois com eles a população poderia refletir sobre assuntos explorados de forma incorreta pela mídia. Para auxiliar fiz um jogo digital que poderá ser utilizado como material didático. O jogo foi escolhido pois o amadurecimento dessa mídia está mostrando como o bom uso dela pode ser fundamental em questões educativas. Pares Infinitos é um jogo focado nas proporções entre as estruturas que contêm DNA, os genes e cromossomos. Sua jogabilidade é baseada na replicação das bases nitrogenadas e libera informações sobre tamanhos de genes e cromossomos reais conforme é jogado. O produto foi criado em ciclos de desenvolvimento e teste com o público-alvo, alunos de biologia da UFRRJ. O trabalho foi refletir e acompanhar o processo de criação do jogo.

Palavras-chave: ensino de genética, ensino baseado em jogos, game design

Abstract

Among the biology themes apparently the harder is genetic. Students are completing educational stages unprepared to deal with the theme. Because of the importance of genetics in everyday life there value in knowing some concepts, with them, the population can reflect about topics explored in the wrong way for the media. To assist I made a digital game which can be used with educational proposals. The video game was chosen for the sake of your maturity as media, which is showing how the best use of that kind of tool can be fundamental for the educational questions. Pares Infinitos is a game focused on the proportion between the structures what contain DNA, genes and chromosomes. The gameplay of the game is based in the nitrogenous bases replication of the DNA and gives us information about the real sizes of genes and chromosomes according the game progress. The product was created in cycles of developing and test with the target audience, undergraduate students of the UFRRJ. The work been reflect and follow about the creation processo of the game.

Keywords: education in genetics, game based learning, game design

Sumário

Introdução.....	8
Dificuldades em Genética.....	9
Importância da Genética.....	13
A Replicação.....	17
O Jogo.....	19
Jogos e Educação.....	22
Material e Métodos.....	26
As mecânicas.....	26
A arte.....	29
Testes.....	29
Resultados e Discussão.....	31
Considerações Finais.....	42
Bibliografia:.....	44

Lista de Figuras

Figura 1 Níveis de conhecimento (BAHAR; JOHNSTONE; HANSELL, 1999).....	11
Figura 2 – Fatores que podem influenciar nas concepções dos estudantes sobre a herança biológica;(AYUSO; BANET, 2002).....	15
Figura 3 - Pares Infinitos versão 1. Os elementos magenta, vermelho, verde e amarelo representam as bases e a linha azul é somente um guia para uso no desenvolvimento...33	
Figura 4 - Pares Infinitos versão 12. Em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. O quadrado verde escuro no canto superior direito é um botão de pause.....	34
Figura 5 - Versão 13. Menu de conquistas (a), menu inicial (b) e tela de jogo (c). Na figura (c) em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. O quadrado verde escuro no canto superior direito é um botão de pause. Em amarelo duas partículas representando o uso de fosfato para energia.....	36

Figura 6 - Menu de conquistas da versão 14. Os botões numerados servem para manipulação de pontuação, isso serve para agilizar o desenvolvimento. Cada número está relacionado com a quantidade de pontos alterada, +1 adiciona um ponto, -1 diminui em um ponto, +100 aumenta em cem pontos e 0 zera a pontuação.....	36
Figura 7 - Versão 15 do jogo. Menu inicial (a), menu de conquistas (b), tela de jogo (c), tela de jogo com erro (d) e menu de pause (e). Nas figuras (c), (d) e (e) em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina e no canto superior direito um botão de pause. O texto em (a) explica para o testador o que são os botões coloridos quadrados. Exceto em (a) temos a presença de botões quadrados para alteração de pontuação e chances com objetivo de agilizar o desenvolvimento.....	40
Figura 8 - Versão 17 do jogo com alterações de interface. Em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. No canto superior direito em verde há um botão de pause. Os botões quadrados a direita servem para alterar pontuações e chances com objetivo de agilizar o desenvolvimento. A numeração em cima a esquerda são os pontos. O elemento gráfico acima e centralizado simboliza o número de chances.....	40
Figura 9 - Versão 18 do jogo. Tela de jogo com a mudança da representação de chances (a) e tela com duas chances apenas (b). Em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. No canto superior direito é um botão de pause. O elemento gráfico em cima a direita representa o número de chances. O elemento gráfico em cima centralizado é a pontuação.....	41

Anexos

Anexo 1	47
---------------	----

Introdução

O jogo tem característica lúdica, sendo algo que a tempos diverte os humanos. Segundo HUIZINGA (2000) “o jogar¹ é fato mais antigo que a cultura, pois esta, mesmo em suas definições menos rigorosas, pressupõe sempre a sociedade humana”, os jogos, através de um contexto fora da vida real são como simulações de realidades alternativas onde temos alguns limitantes que tornam a busca por soluções um pilar central do ato de jogar. VAN ECK (2006) observa que no momento atual da história presenciamos o crescimento e o alcance mundial das maneiras digitais de se jogar. O autor ainda ressalta que igualmente pulsante são os discursos sobre o uso de jogos digitais como ferramentas de ensino-aprendizagem, embora recentes, estes estudos são importantes no que se refere a compreensão de como os mesmos podem influenciar de forma geral o ser humano e seu modo de visualizar o mundo. Quando tocamos nesse assunto podemos abordar o jogo e sua criação de diversas maneiras, como escrito por SCHELL (2008) o processo de criar um jogo, *game design*, pode ser visto por diversas lentes, o autor na obra original não cita nada como educação, mas penso que podemos levantar essa lente a frente de nossos olhos para abordar as questões aqui discutidas. Levanto também a bandeira de KOSTER (2013), em seu livro *Theory of Fun for game design* o autor descreve que o jogo pra ele é “um desafio a ser resolvido, assim como tudo que encontramos na vida”. Um desafio por ser desafiante pode ser até interessante, entretanto a temática em torno dele pode deixá-lo ainda melhor, pensando nisso esse desenvolvimento foi iniciado a partir de pensamentos sobre genética.

Olhe a sua volta, agora olhe em uma lupa algo vivo, pegue um microscópio e observe a célula, pense sobre o que viu, onde está a genética a sua volta? Onde estão os genes, o DNA e o cromossomo? Estenda esse exercício às pessoas a sua volta. Pergunte a elas e é muito provável que poucos saibam responder estes questionamentos de maneira correta, mesmo um graduando deve ter dificuldades em responder isso. Onde está o tropeço durante essa caminhada do aprendizado que acabou por não deixar o estudante saber isso tudo e como posso ajudar na redescoberta desse mundo. Confusões foram encontradas por LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON (2000) com alunos que acabaram o científico obrigatório (equivalente ao ensino médio) se confundiam ao ser

¹ No livro de Huizinga Jogar está relacionado a brincar também, tendo em vista que a língua original do livro é inglesa e em inglês a palavra *Play* pode ser usada tanto para jogos quanto para brincadeiras.

confrontados com a questão de proporções na genética, apontando o gene como maior que o cromossomo. Estas confusões também foram detectadas ao ser passado um questionário às turmas de genética da UFRRJ no segundo semestre de 2014, não foram encontrados padrões de resposta indicando um processo de escolhas aleatórias das questões abordando números de genes em cromossomos. Foi analisado aqui os erros mais comuns encontrados por estudiosos, como BAHAR; JOHNSTONE; HANSELL, (1999), JOAQUIM et al., (2007), JOHNSTONE; MAHMOUD (1980), LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON (2000) e MARBACH-AD; STAVY (2000), da dificuldade no aprendizado de genética e isolei um dos tópicos para então criar um jogo digital chamado Pares Infinitos (PI). O jogo servirá como auxílio no entendimento do tamanho dos genes e cromossomos, no que se refere ao número de pares de base encontrados nessas estruturas. O objetivo almejado com o presente trabalho foi a elaboração de um protótipo de jogo digital com características voltadas a possibilidade de uso pedagógico no tema de genética, atentando para o fato de não ter existido testes para saber sobre a fixação de conteúdos abordados.

Dificuldades em Genética

A dificuldade no ensino de genética é abordada inicialmente por estudos acadêmicos com JOHNSTONE; MAHMOUD (1980 *apud* CHAPEL; MARZIN, 2009), os autores procuravam diagnosticar as dificuldades dos estudantes de biologia e de educadores de biologia da Grã Bretanha em temas biológicos. O estudo serviria para a elaboração de um currículo melhor estruturado. Nessa pesquisa pediram para que classificassem uma série de temas da biologia em difícil, médio, fácil ou jamais estudado, identificaram a genética como o terceiro tema mais difícil de acordo com alunos e quinto tema mais difícil de acordo com os professores. BAHAR; JOHNSTONE; HANSELL (1999) avaliaram 207 estudantes universitários escoceses chegando à conclusão de que entre os dez temas mais difíceis seis eram parte da genética, demonstrando a dificuldade dos alunos com a genética. ARMENTA (2008) afirma que genética é um dos ramos da biologia de aprendizagem mais difícil e DOMINGUES et al. (2003) escrevem que há necessidade de atualizações muito rápidas do que for trabalhado pois há muito conhecimento sendo produzido com impactos na sociedade, o mesmo trabalho demonstrou que os alunos achavam a escola importante para o aprendizado de genética.

No estudo de LEWIS; LEACH; WOOD-ROBINSON (2000) realizado na Inglaterra foi constatado que alunos concluintes da educação científica obrigatória destacavam genes como maiores que cromossomos havendo diferenciação pequena entre as funções de ambos. Os termos cromossomo/gene e célula/gene eram utilizados sem diferenciação conceitual pelos estudantes em alguns momentos. Também houve diagnóstico de dificuldades quando perguntados se informação genética era encontrada em todos os seres vivos.

- os alunos que finalizam o Ensino Médio compartilham algumas relações conceituais válidas: os gametas possuem cromossomos e genes. Além disso, conseguem reconhecer o cromossomo em um desenho esquemático de célula.
- algumas relações conceituais, no entanto, não são compartilhadas por esses mesmos alunos: muitos não compreendem que todas as células possuem informação genética. (SILVEIRA; AMABIS, 2003)

BANET; AYUSO, (1995) analisaram os conhecimentos de alunos que estavam no 3º ano do ensino secundário da Espanha, os estudantes possuíam conhecimentos mais precisos sobre informação hereditária, cromossomos e genes, mas ainda existiam concepções errôneas sobre outros assuntos, exemplificado pelo desconhecimento de que todas as células de um mesmo organismo tem informação genética idêntica. SILVEIRA; AMABIS (2003) estudaram a realidade de estudantes do ensino médio no Brasil, podemos ver então que a situação da escola inglesa, espanhola e brasileira são parecidas, com conceitos confusos e não compreendidos em sua totalidade. ARMENTA (2008) também aponta as confusões encontradas nos saberes dos alunos sobre o tema, como as dificuldades em identificar a localização do material genético, falta de conhecimento sobre reprodução das plantas e baixo domínio de estatística. Partindo para a compreensão da biologia como um todo KUHN (2011 *apud* ARMENTA, 2008) escreve que o domínio da genética é crucial para a compreensão da teoria evolutiva, um paradigma da biologia, já que os processos de seleção natural têm fundamentos genéticos.

Diversos profissionais procuraram diagnosticar os elementos que causam a dificuldade na compreensão dos alunos acerca da genética. Segundo BAHAR; JOHNSTONE; HANSELL (1999) podemos explicar essas causas de diferentes formas. Os autores escrevem que o vocabulário da área é diverso e complexo, os estudantes acabam por não se sentirem confiantes sobre o significado de cada palavra. A parte matemática confunde o estudante por causa dos símbolos que são usados com frequências irregulares. Tópicos similares guardam diferenças fortes, os autores exemplificam com a meiose e a mitose, assuntos ensinados ao mesmo tempo cujo entendimento de ambos pode se misturar devido à semelhança. Por último apontam menos tempo do que é necessário para abordar os temas. Os autores criam três níveis de estudo dos seres vivos voltados a genética, Macro (morfologia dos seres vivos acessível aos sentidos), Sub-Micro (alelos, genes e etc) e Simbólico (manipulado através de ferramentas matemáticas). Os autores esquematizaram esses níveis em um triângulo, sugerindo que um professor possa iniciar por uma das pontas, ligar a outra formando uma aresta e, por fim, equilibrar as porcentagens de conhecimento de cada um dos três níveis ao mesmo tempo (Figura 1).

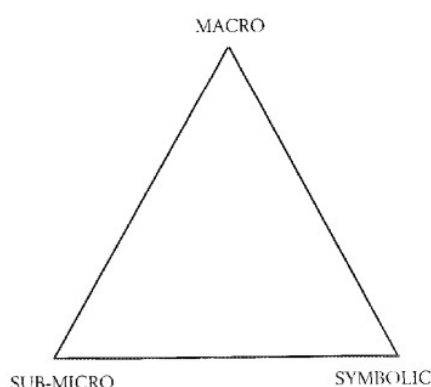


Figura 1 Níveis de conhecimento (BAHAR; JOHNSTONE; HANSELL, 1999)

Os autores se baseiam em um estudo anterior de JOHNSTONE (1991 *apud* BAHAR; JOHNSTONE; HANSELL, 1999) sobre dificuldades no aprendizado de ciências em que o autor classifica as ideias e conceitos em três níveis também, Macro, Micro e Representacional. MARBACH-AD; STAVY (2000) avaliaram estudantes em Israel apontando que esses diferentes níveis de entendimento e observação podem se tornar difíceis para relacionar pois acabam por estarem ligados a outras disciplinas. Os escritores do trabalho testaram estudantes em diferentes fases de aprendizagem, no 9º ano há dificuldades em relacionar eventos micro com consequências no nível macro, no

12º ano conseguiam em sua maioria fazer a relação, mas eram incapazes de explicar os mecanismos por trás do ocorrido e no ensino superior conseguiam fazer as relações e explicar alguns mecanismos, contudo, tinham dificuldades em responder sobre as funções do RNA. Os realizadores do estudo se basearam na organização proposta por KAPTEIJN (1990 apud MARBACH-AD; STAVY, 2000) onde os níveis foram subdivididos em macro (organismo), micro (célula) e molecular (bioquímico). MARBACH-AD (2001) expandiu o estudo sobre relação de conceitos, revelando uma tendência dos três grupos darem explicações compartimentalizadas, tendo foco estrutural ou funcional e atenta para o fato das duas explicações necessitarem estar juntas para a compreensão completa. A partir de diagramas também puderam ser observadas as diferenças na capacidade de fazer relações entre os grupos explicitadas no estudo anterior.

KNIPPELS; WAARLO; BOERSMA (2005) fizeram um estudo na Holanda com alunos entre 15 e 17 anos, um dos focos do trabalho foi a natureza complexa e abstrata da genética, descrita por eles como “Alienação do fenômeno biológico real indo para a falta de conexão entre a herança e a reprodução sexuada no geral, e meiose em particular”, também abordaram os níveis de entendimento. A análise dos resultados revelou o fator abstrato como importante, os alunos são sufocados pelos constantes termos e muitos exercícios, acabam aprendendo por tentativa e através da repetição constante dos termos, entretanto os conceitos não são realmente aprendidos. As conclusões do estudo levaram os autores a elaborar um desenho de aprendizagem abordado por quatro tópicos, levar em conta a sequência de ensino com a relação em diferentes níveis da organização biológica, a relação entre meiose e herança, a distinção clara entre células germinativas e somáticas e maior atividade exploratória dos alunos com relação aos níveis biológicos.

DUNCAN; REISER (2007) adicionam que o estudo de genética, além de haver níveis biológicos, tem níveis hierárquicos envolvendo informação e partes físicas. Através do estudo os autores ressaltam a importância que deveria ser dada a interface que transita entre o físico e a informação, isto é, as proteínas que fazem o que está no DNA chegar a níveis biológicos maiores. KHATTECH; ABBES; ORANGE (2007 apud CHAPEL; MARZIN, 2009) mostraram duas imagens do DNA descartadas por Watson a estudantes da Tunísia e pediram que dessem explicações do porquê dele as ter

descartado, as justificativas foram, no geral, de cunho estrutural esquecendo-se das funções do mesmo. A autora destaca então a importância de estudar a estrutura ligada a função. LIMA; PINTON; CHAVES, (2007) estudaram alunos do ensino médio de Minas Gerais através de questionário e desenhos em que seus resultados demonstraram que independente do ano há falta de correlação e relações incorretas entre DNA, cromossomo e gene. Os elaboradores do trabalho demonstram isso em respostas como essas: “DNA é ‘um conjunto de cromossomos’, cromossomo é um ‘Pedaço de DNA que fica no núcleo’ e gene ‘É a proteína encontrada no núcleo do Cromossomo’”. PEDRANCINI et al., (2007) avaliaram alunos de ensino médio do 3º ano no Paraná e encontraram o mesmo que os autores anteriores, concepções confusas ou mesmo destituídas de significado com tendências antropocêntricas nas respostas.

Estudos foram realizados para descobrir dificuldades relacionadas a estrutura do DNA por FRIEDRICHSEN; STONE, (2004 *apud* CHAPEL; MARZIN, 2009). Os autores propuseram que alunos dos Estados Unidos desenhassem a estrutura da molécula de DNA e os resultados foram desanimadores, os autores não obtiveram nenhuma estrutura correta. Na entrevista com os estudantes eles revelaram que há confusão principalmente por causa de esquemas nos livros didáticos e fotos, pois os alunos não conseguem entender as relações entre um complexo esquema onde aparecem fórmulas químicas e micrografias do DNA real.

CHAPEL; MARZIN (2009) escreveram que essas dificuldades se espalham por todos os níveis de estudo. Estudantes que concorreram a vagas de professor do ensino médio e superior da área de ciências da vida e da terra na França foram analisados através de uma prova em 2008. Os autores observaram que muitos não sabiam as diferenças entre cromossomo, gene e alelo, demonstrando assim que mesmo pessoas especializadas na área acabam por não ter compreensão da genética de maneira adequada.

Importância da Genética

Um dos temas que mais cresceram em importância dentro do contexto das ciências biológicas é a genética. Diversos tópicos dela povoam os noticiários, filmes, quadrinhos, jogos, novelas e conversas cotidianas. Assuntos como clonagem, expressão

gênica ou alimentos transgênicos têm em comum a grande área da genética tornando cada vez mais importante a compreensão de conceitos, tanto mendelianos quanto moleculares. “É inquestionável o interesse na genética nesse momento histórico, em que cada dia surgem novas notícias sobre seus avanços em campos distintos, sem esquecer suas repercussões éticas e sociais” (ARMENTA, 2008). Para o autor “os cidadãos deverão dominar estas informações para poder tomar partido nas discussões que são geradas neste campo”. Algumas discussões são citadas por HOTT et al. (2002) onde menciona os benefícios e riscos da terapia gênica e como as interações gene-gene e gene-ambiente são algo complexo. Segundo AYUSO; BANET (2002) existem diversas razões pelas quais o conhecimento em genética é importante, entre elas permitir uma sociedade informada onde os cidadãos compreendam os avanços da investigação e suas repercussões tecnológicas e sociais. Podemos observar os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio para ciências naturais no capítulo de biologia e ressaltar como a biologia, mais especificamente a genética, toma importância em diversos trechos do documento:

Ter uma noção de como operam esses níveis submicroscópicos da Biologia não é um luxo acadêmico, mas sim um pressuposto para uma compreensão mínima dos mecanismos de hereditariedade e mesmo da biotecnologia contemporânea, sem os quais não se pode entender e emitir julgamento sobre testes de paternidade pela análise do DNA, a clonagem de animais ou a forma como certos vírus produzem imunodeficiências. (...) O desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem traz à tona aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico, chamando à reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade. Conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação, diferenciação das espécies e diversificação intraespecífica, a importância da biodiversidade para a vida no planeta são alguns dos elementos essenciais para um posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas no mundo contemporâneo. (...) A descrição do material genético em sua estrutura e composição, a explicação do processo da síntese protéica, a relação entre o conjunto protéico sintetizado e as características do ser vivo e a identificação e descrição dos processos de reprodução celular são

conceitos e habilidades fundamentais à compreensão do modo como a hereditariedade acontece.(...) De posse desses conhecimentos, é possível ao aluno relacioná-los às tecnologias de clonagem, engenharia genética e outras ligadas à manipulação do DNA, proceder a análise desses fazeres humanos identificando aspectos éticos, morais, políticos e econômicos envolvidos na produção científica e tecnológica, bem como na sua utilização. (Brasil, 2013)

Para construir este conhecimento AYUSO; BANET (2002) destacam que devemos considerar os conhecimentos prévios do aluno, em RESNICK (1983 *apud* AYUSO; BANET, 2002) e MORTIMER (1996) é dito que quem aprende construirá conhecimentos e para compreender haverá a estabilização de relações junto ao que já foi aprendido, na Figura 2 os autores exemplificam de onde pode vir esse conhecimento prévio.

Factores que pueden influir en las concepciones de los estudiantes sobre la herencia biológica.

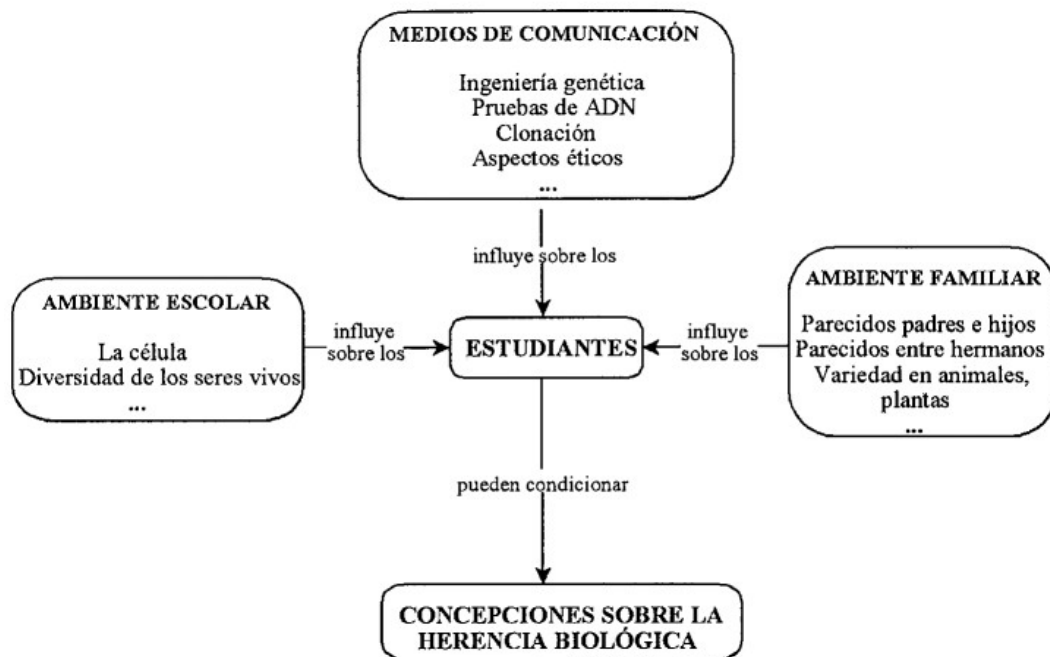


Figura 2 – Fatores que podem influenciar nas concepções dos estudantes sobre a herança biológica;(AYUSO; BANET, 2002)

AYUSO; BANET (2002) escrevem que os estudantes são supridos de informação por todos os lados. No diagrama representado na Figura 2 observam-se as

ideias que constroem as concepções alternativas sobre herança biológica, e dessa forma podemos ter em mente o que ARMENTA (2008) escreveu, “Ao estarem muito marcadas nos alunos, é importante ter em conta o papel que essas ideias iniciais exercem sobre a assimilação de conhecimentos comprovados pela ciência (...) posto que os conceitos relacionados com a genética estão cada vez mais presentes na vida cotidiana e chegam aos cidadãos por diferentes vias (meios de comunicação, livros, publicidade, cinema, jogos, etc)”, ratificando a ideia de conhecimentos anteriores aqui chamados de ideias iniciais.

Quando perguntados sobre o que sentem ao se deparar com um tema de Engenharia Genética e Biologia Molecular, a maior parte dos alunos respondeu ter curiosidade pelo tema investigado, independente do sexo ou o tipo de escola que frequenta. Isto mostra o anseio dos alunos em incorporar mais elementos sobre o assunto, antes de tomar uma posição favorável ou de cautela em relação à Biotecnologia.

(DOMINGUES et al., 2003)

Os resultados mostrados na citação acima servem de exemplo de como os próprios alunos acham importante estar informados acerca da genética e a interpretação do autor do trabalho aponta a necessidade de consolidação de conceitos para o posicionamento dos estudantes. Nesse trabalho DOMINGUES et al. (2003) explora o ensino médio. Em nível superior VIENNOT (1979 *apud* MORTIMER, 1996) aponta resistência a mudanças nos conceitos anteriormente construídos. Podemos observar algumas dessas conceituações no estudo realizado por JOAQUIM et al. (2007) sobre as concepções de estudantes de graduação de duas universidades federais sobre genes e a diferença delas antes e após cursar a disciplina de genética, as conclusões foram de que o conceito molecular clássico de gene prevalece antes da disciplina:

Um gene é definido como um segmento da sequência de DNA correspondente a uma única proteína (ou a uma única molécula de RNA estrutural ou catalítico para aqueles genes que produzem RNA, mas não proteínas). (Alberts et al.2002, p. 9. *apud* JOAQUIM et al. Ênfase no original).

Após a disciplina há uma compreensão mais abrangente com ocorrência de hibridização de conceitos e possíveis confusões semânticas. Foi observado que em uma universidade depois da disciplina as visões sobre alguns tópicos ficaram mais críticas e na outra não:

Outro resultado importante diz respeito à promoção de uma visão mais crítica sobre o determinismo genético pelas disciplinas de genética de ambas as universidades. Enquanto na UFPR (**Universidade Federal do Paraná**) as disciplinas de genética parecem cumprir um papel relevante quanto ao desenvolvimento de visões mais críticas sobre o determinismo genético e a metáfora do programa genético para o desenvolvimento, o mesmo não parece ocorrer na UFBA (**Universidade Federal da Bahia**). Isso indica a necessidade de repensar os cursos de genética desta última universidade, de modo a colocar mais em questão visões deterministas genéticas, que têm importantes e sérias consequências sociais, políticas, econômicas e éticas. (JOAQUIM et al., 2007. Trechos em negrito inseridos pelo autor)

Analisando as interpretações do autor sobre o resultado podemos ver a importância dada a correta conceituação da genética expandida as áreas sociais, políticas, econômicas e éticas, conclusões estas das quais me alinho já que concordo com o quão decisivo pode ser um conhecimento ao se analisar uma estrutura tão grande e complexa quanto as relações sociais da nossa espécie.

A Replicação

A replicação de DNA é algo necessário a vida como conhecemos. Como revisado por KARP (2002) temos que “a reprodução é uma propriedade fundamental de todo sistema vivo” tanto assexuadamente quanto sexuadamente, células se duplicam e o DNA também, através do processo de replicação de DNA com a autoduplicação tomando o papel de primeira propriedade crítica para que ocorra a evolução dos primeiros seres. Com base nos livros de JUNQUEIRA; CARNEIRO (2000), KARP (2002) e LOSICK, (2006) a replicação do DNA foi separada em quatro partes para facilitar a organização dos conceitos, das quais apenas uma é apresentada no presente

jogo, o pareamento de bases do mecanismo semiconservativo, são elas: 1-O mecanismo semiconservativo, 2-Réplicons, origens e terminos, 3-Replicação semidescontínua e 4-Primers de RNA.

1 - O mecanismo semiconservativo

O DNA é replicado de forma semiconservativa, isto é, metade da molécula anterior sempre persiste servindo de molde para a nova metade que será sintetizada. O mecanismo de crescimento dessa fita envolve desoxiribonucleotídeos, dATP, dTTP, dGTP, dCTP. A montagem se dá, na fita crescente, do sentido 5' do açúcar desoxiribose para o 3' do mesmo (5'-fosfato->3'-OH), visto que no ponto 5' existem 3 fosfatos cujo dois cederão energia para a reação ocorrer, caso contrário não há reação.

2 – Réplicons, origens e terminos

O trecho que foi originado de uma replicação de DNA se chama réplicon e sempre possui um ponto de origem, onde a forquilha de duplicação se inicia. No nosso caso analisaremos as origens em eucariontes e procariontes, nos primeiros diversas forquilhas são encontradas ao decorrer do cromossomo de DNA linear, normalmente com regiões ricas em Adeninas e Timinas que se separam mais facilmente que Citosinas e Guaninas por possuírem apenas duas pontes de hidrogênio, sendo assim a replicação se dá em diversos pontos diferentes ao mesmo tempo com os réplicons terminando por se encontrarem e formarem a fita completa de DNA replicado, os pontos de encontro são os terminos. Nos procariontes o DNA é circular e tem um único ponto de origem com o término imediatamente antes da origem, onde apenas um complexo enzimático com polimerase faz o trabalho de replicar toda a fita.

3 – Replicação semidescontínua

O DNA é uma molécula cuja forma é de fita dupla e as fitas possuem polaridades inversas, isto é, de um lado temos uma fita em sentido 5'->3' e do outro uma 3'->5'. O pareamento deve ser feito no sentido 5'->3' para que se use a energia das bases. A polimerase lê a fita no sentido 3'->5' e pareia criando uma fita 5'->3'. Entretanto o outro lado também tem que ser replicado, para isso existe um mecanismo onde uma forquilha é criada, partes da fita 5'->3' de origem serão postas em posição 3'->5' formando um laço na fita de DNA. Quando a replicação de uma forquilha acaba está

montado um fragmento de Okazaki, outra forquilha a frente é criada e a replicação continua, cada forquilha criada terá sua própria origem. Quando dois fragmentos de Okazaki estão prontos há a substituição dos iniciadores de RNA por DNA e a ligação dos fragmentos, assim o DNA será replicado no mesmo sentido nas duas fitas.

4 – Primers de RNA

Pontos de origem dependem de sinalização através de complexos proteicos ativados de diferentes formas. A DNA polimerase necessita de um molde para iniciar o processo de replicação, esse molde disponibiliza uma extremidade 3'-OH livre para a DNA polimerase iniciar a replicação. Nos pontos de origem de replicação haverá primeiro uma síntese de um trecho de RNA. Tanto na replicação contínua quanto descontínua há necessidade dos primers e na replicação semidescontínua isso ocorre no início de cada forquilha.

O Jogo

O que é jogo? Essa pergunta pode ativar diversas reações e respostas e por ela já passaram diversos estudiosos. Mesmo antes dos jogos digitais as questões sobre o jogo e sobre o jogar estavam sendo exploradas e até hoje veremos muitas definições. O autor HUIZINGA (2000), um dos primeiros a tentar definir o que é um jogo escreve em 1938 que “o jogo é fato mais antigo que a cultura, pois esta, mesmo em suas definições menos rigorosas, pressupõe sempre a sociedade humana”, com isso o autor estava se referindo a um espectro maior das atividades lúdicas, se referia às palavras *spielen*, *to play*, *jouer* ou *jugar* que podem significar brincar ou jogar em português, portanto dentro desse pensamento podemos incluir as brincadeiras e com isso compreendemos o porquê do autor escrever que o jogo é algo existente mesmo antes da cultura. Pode ser observada no mesmo parágrafo a descrição de um jogo entre cachorros exemplificado por ele. Devido as particularidades da língua os sentidos dados podem ser confusos, em português usaremos brincar para todo esse evento descrito e no livro o autor propõe tudo como jogar.

Bastará que observemos os cachorrinhos para constatar que, em suas alegres evoluções, encontram-se presentes todos os elementos essenciais do jogo humano. Convidam-se uns aos outros para brincar

mediante um certo ritual de atitudes e gestos. Respeitam a regra que os proíbe morderem, ou pelo menos com violência, a orelha do próximo. Fingem ficar zangados e, o que é mais importante, eles, em tudo isto, experimentam evidentemente imenso prazer e divertimento. (HUIZINGA, 2000)

Numa tentativa de resumir as características formais do jogo, poderíamos considerá-lo uma atividade livre, conscientemente tomada como "não-séria" e exterior à vida habitual, mas ao mesmo tempo capaz de absorver o jogador de maneira intensa e total. É uma atividade desligada de todo e qualquer interesse material, com a qual não se pode obter qualquer lucro, praticada dentro de limites espaciais e temporais próprios, segundo uma certa ordem e certas regras. Promove a formação de grupos sociais com tendência a rodearem-se de segredo e a sublinharem sua diferença em relação ao resto do mundo por meio de disfarces ou outros meios semelhantes. (HUIZINGA, 2000)

HUIZINGA (2000) explica essa definição ao longo de seu livro. Temos uma atividade livre, “Antes de mais nada, o jogo é uma atividade voluntária. Sujeito a ordens, deixa de ser jogo, podendo no máximo ser uma imitação forçada”. O jogo é algo “não-sério”, como é explicada no seguinte trecho:

Em nossa maneira de pensar, o jogo é diametralmente oposto à seriedade. À primeira vista, esta oposição parece tão irreduzível a outras categorias como o próprio conceito de jogo. Todavia, caso o examinemos mais de perto, verificaremos que o contraste entre jogo e seriedade não é decisivo nem imutável. É lícito dizer que o jogo é a não-seriedade, mas esta afirmação, além do fato de nada nos dizer quanto às características positivas do jogo, é extremamente fácil de refutar. Caso pretendamos passar de "o jogo é a não-seriedade" para "o jogo não é sério", imediatamente o contraste tornar-se-á impossível, pois certas formas de jogo podem ser extraordinariamente sérias. (HUIZINGA, 2000)

O jogo é algo exterior a vida habitual, “O jogo distingue-se da vida "comum" tanto pelo lugar quanto pela duração que ocupa. Outra de suas características principais: o isolamento, a limitação. É “jogado até ao fim” dentro de certos limites de tempo e de espaço. “Possui um caminho e um sentido próprios” e “o jogo não é vida 'corrente' ” nem vida “real”. Pelo contrário, trata-se de uma evasão da vida "real" para uma esfera temporária de atividade com orientação própria”. Sobre imersão “todo jogo é capaz, a qualquer momento, de absorver inteiramente o jogador”. Também já é citado um elemento importantíssimo do jogo, a regra, “(...) estas regras são um fator muito importante para o conceito de jogo. Todo jogo tem suas regras. São estas que determinam aquilo que “vale” dentro do mundo temporário por ele circunscrito. As regras de todos os jogos são absolutas e não permitem discussão”.

Vamos avançar de 1938 até 2004 onde “Um jogo é um sistema no qual os jogadores se envolvem em um conflito artificial, definido por regras, que implica um resultado quantificável” (SALEN; ZIMMERMAN, 2012). Segundo os autores o jogo pode ser três diferentes sistemas, formal, cultural e experiencial com a semelhança de serem constituídos por quatro elementos básicos. Objetos (“partes, elementos ou variáveis”), atributos (“qualidades ou propriedades do sistema e seus objetos”), relações internas (“relações entre os objetos”) e ambiente (“contexto que cerca o sistema”). Segundo o livro os diferentes sistemas podem se aplicar ao mesmo jogo dependendo do observador. Os jogadores são os participantes ativos que interagem com o sistema. Artificial porque mantém uma separação da vida real em tempo e espaço. Há conflito pois “todo jogo envolve uma disputa de poder” seja contra o sistema do jogo ou jogadores entre si. As regras “definem a estrutura com a qual o jogar emerge, pela delimitação do que o jogador pode e não pode fazer”. O resultado quantificável se dá pois na conclusão do jogo o jogador poderá perder ou vencer ou ganhar algum tipo de pontuação numérica. Os autores também dedicam um espaço às possibilidades dos jogos digitais quanto capacidade de reações imediatas com interatividade limitada, a capacidade de manipulação de grandes quantidades de informação no sentido mais amplo dessa informação (textos, imagens, vídeos, lógicas e etc), automação de atividades complexas como sequências de cálculos e a facilidade de comunicação entre os jogadores que os autores ressaltam que nem todos os jogos possuem.

Um jogo é uma atividade lúdica composta por uma série de ações e decisões, limitado por regras e pelo universo do game, que resultam

em uma condição final. As regras e o universo do game são apresentadas por meios eletrônicos e controlados por um programa digital. As regras e o universo do game existem para proporcionar uma estrutura e um contexto para as ações de um jogador. As regras também existem para criar situações interessantes com o objetivo de desafiar e se contrapor ao jogador. As ações do jogador, suas decisões, escolhas e oportunidades, na verdade sua jornada, tudo isso compõe a “alma do game”. A riqueza do contexto, o desafio, a emoção e a diversão da jornada de um jogador, e não simplesmente a obtenção da condição final, é que determinam o sucesso do game (SCHUYTEMA, 2008)

SCHUYTEMA (2008) nos dá uma definição para jogos digitais em que pode-se ver a grande influência da obra de SALEN; ZIMMERMAN (2012) nesta definição, onde alguns dos elementos dela apontam para uso exclusivo da mídia digital. Dentro do presente trabalho houve a criação de um jogo com propostas educacionais que podem ser colocados em uma divisão menor de games, os *Serious Games*. Uma das definições dadas para *Serious Games* é a de SUSI; JOHANNESSON; BACKLUND, (2007) em que são “(...) jogos usados para treino, propaganda, simulação, ou educação que são feitos para funcionar em computadores ou consoles de videogame.”, essa definição de subdivisão pode ser usada para caracterizar o jogo aqui desenvolvido.

Jogos e Educação

Podemos começar a investigar sobre o uso de jogos como material de ensino, tanto dentro quanto fora de uma sala de aula a partir da definição de jogo que adoto. “Um jogo é um sistema no qual os jogadores se envolvem em um conflito artificial, definido por regras, que implica um resultado quantificável”(SALEN; ZIMMERMAN, 2012). Pode-se observar algumas características interessantes para o ensino dentro da definição de jogo dada, como o conflito artificial, as regras e o resultado quantificável, como nos *adventure games*.

Em *adventure games* existem ambientes muito complexos i.e. micro mundos, sem representações determinísticas do problema. *Adventure games* usam motivação intrínseca. Jogos de motivação intrínseca incorporam atividades de aprendizado em mundos virtuais. Os

personagens do jogo devem resolver alguns problemas e proceder apenas depois de resolver o problema. Nesse caso o problema é parte do jogo e os jogadores são motivados a prover uma solução para continuar o jogo. (...) No jogo descrito, diversão está fortemente relacionada a atividade de aprendizado, por que pode ser vista como um resultado desejável. (PIVEC; DZIABENKO; SCHINNERL, 2003)

No texto podemos ver a inserção do jogo como uma boa ferramenta nos contextos de construção de conhecimento. Há toda uma estrutura prévia já estabelecida como no exemplo dos *adventure games* citados em que a lógica dependente de aprendizado para o avanço no mundo existente e isso se dá independentemente graças ao modo como jogos são planejados, com objetivos claros como explicitado por BITTENCOURT; GIRAFFA (2003a), a clareza de seus objetivos portanto ajuda como guia do que deve ser feito dando um fio condutor.

Ou seja, os jogos e as simulações facilitam a solução de problemas de forma intuitiva, incentivando desta forma o desenvolvimento do raciocínio intuitivo. Os jogos e as simulações favorecem formas de raciocínio alternativas, que diferem do raciocínio analítico usual. Estas formas alternativas estão intimamente relacionadas ao desenvolvimento da autoconfiança e auto-estima do aluno. Com a evolução dos recursos computacionais e a popularização dos computadores, observamos uma melhoria na qualidade das interfaces e um aumento nas possibilidades de interação entre o aluno e o programa educacional. (BITTENCOURT; GIRAFFA, 2003a)

Os jogos podem ser comparados diretamente com a abordagem construtivista onde “1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as ideias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem” (MORTIMER, 1996).

Os jogos educacionais são exemplos de ambientes de resolução de problemas que podem ser projetados e explorados com uma abordagem construtivista. Nos ambientes concebidos na abordagem construtivista, existem ferramentas e possibilidades de combinações para que o aluno resolva um determinado problema. Apesar disso, a

interface inspirada nos jogos é apenas um recurso a mais para ampliar o tipo de habilidade que se deseja proporcionar ao aluno. Os jogos apresentam restrições para a atividade do aluno; por exemplo, a limitação de tempo e o objetivo a atingir. Está implícito um sentido de competição que pode ser explorada positivamente. (BITTENCOURT; GIRAFFA, 2003a)

Essa comparação apoia a forma como os jogos já tem em sua essência uma natureza do aprendizado, onde haverá a construção de conhecimento independente do jogo ter como objetivo principal ser educativo ou não ser educativo. Os jogos já são usados em contextos educativos a mais tempo do que se é comum ter em mente, temos como exemplo o famoso jogo Monopoly (HASBRO, 2014) que tem suas origens em um jogo mais antigo, The Landlord's Game (MAGIE, 1924). Em um artigo a criadora do jogo, Elizabeth Magie, explica: “Esse jogo é a demonstração prática do sistema atual de uso de terras com todas as suas particularidades e consequências.”(The Single Tax Review, 1902). No mesmo artigo há uma frase interessante como subtítulo da matéria, “Uma invenção interessante de uma jovem dama em Washington pela qual as crianças podem ser ensinadas as verdadeiras leis da economia”. Através desse exemplo é possível observar como mesmo antes de toda a explosão dos jogos digitais os jogos de tabuleiro já eram pensados como ferramentas de ensino, de divulgação do conhecimento. Dentro dos jogos digitais temos diversas iniciativas, um exemplo é o Environmental Detectives (MIT, 2002) desenvolvido pelo MIT² em parceria com a Microsoft e o projeto chamado *Game-to-Teach* que busca criar, especificamente, entretenimento interativo educacional. O jogo foi desenvolvido para computadores de mão da época e o jogador era um cientista investigando problemas de saúde que estavam aparecendo na cidade. Dentro do objetivo do jogo o jogador aprende sobre contaminantes e propriedades e foi feito para ser aplicado em contextos educacionais, como em um exemplo de uso em turmas de ciência no ensino secundário dos Estados Unidos.

O ensino baseado em jogos digitais é uma discussão pertinente para a educação devido a três pontos, explicitados por VAN ECK (2006). O primeiro ponto é a pesquisa sobre o tema que está muito em voga nos últimos anos, tendo assim muitos estudos sendo publicados a cada dia sobre o tema, buscando explicações e métodos de uso dos

² Massachusetts Institute of Technology

jogos digitais na educação. O segundo ponto reside no fato das gerações mais atuais terem crescido em meio a toda a revolução digital, chamados por VAN ECK (2006) de "*Net Generation*" ou "*digital natives*", em uma tradução livre "Geração em Rede" ou "Nativos Digitais", esse grupo aparenta problemas de engajamento com os métodos tradicionais. O terceiro motivo é o aumento da popularidade dos jogos digitais, uma indústria crescente e de valores na casa dos bilhões. O autor também aponta no mesmo artigo como os jogos sofrem a estigmatização de não serem considerados um trabalho e sim uma diversão, problema abordado já por HUIZINGA (2000) em sua definição colocando o jogo como algo "não-sério" através da comparação com algo fora da realidade e não como algo sem seriedade. No mesmo artigo é citado que muitas pessoas são defensoras de jogos digitais como uma ótima ferramenta de ensino devido ao fator engajamento ser alto, entretanto a maior parte dessas defesas pode ser perigosa pois parte apenas de senso comum. Esse tipo de inferência pode apenas acalorar discussões ajudando os detratores dos jogos digitais como ferramenta de ensino pois poderia levar a conclusão que qualquer tipo de jogo será efetivo como método de ensinar para qualquer pessoa. O autor atenta para o fato de existir um cenário muito mais complexo, onde se deve analisar o porquê dos jogos serem interessantes ferramentas em alguns casos, mas não em todos, pondo a necessidade de análise de cada caso para se chegar em um objeto eficiente. No mesmo trabalho o autor põe que muitos argumentam como jogos educacionais têm seu design feito por acadêmicos cujo saber é diminuto ou inexistente sobre a arte, ciência e cultura do *game design*, a partir daí coloca a importância de estudar o ensino baseado em jogos digitais (do inglês *Digital Game Based Learning* - DGBL). Este pode ser apoiado em descobrir métodos de *game design* que se aliem aos métodos de ensino da forma correta, criando interessantes misturas para se formar softwares que escapem do antigo e perdurante senso comum de jogos educativos como peças de software desinteressantes a ponto de não criar nenhuma empatia com o jogador.

Os autores BOURGONJON et al. (2011) fizeram um estudo sobre a aceitação de jogos como ferramentas de ensino pelos pais dos alunos. Foi observado que as crenças dos pais influenciam fortemente a aprovação ou desaprovação dos jogos como instrumento de aprendizagem, tanto dentro quanto fora da aula. Seus resultados apontaram para como poucos pais tiveram experiências com jogos e como eles não sabem conceituar os jogos digitais podendo ser este um dos motivos da descrença no

uso dos mesmos. Contudo quando os pais recebiam instruções de como o processo de aprendizado acontece a partir do uso de jogos a aceitação aumentava, os autores concluíram que talvez essa aceitação aumente caso os pais sejam apresentados de forma prática aos jogos, isto é, de fato jogando.

Material e Métodos

Na confecção do jogo digital foram necessários programas de computador para desenvolvimento da programação, posicionamento de objetos e organização geral de tudo relacionado ao jogo. Foi utilizado o software Construct 2 (SCIRRA, 2014) da empresa Scirra com uma licença Standard. Seu método de programação se dá por criação de sequências lógicas atreladas aos objetos do jogo, permitindo expressões matemáticas para desenvolver comportamentos mais complexos, é importante ressaltar que este software é categorizado como um motor de jogo. Esse tipo de software é de difícil definição, segundo GREGORY (2009 p. 11-13) podemos ter como motor de jogo algo como um software genérico que permite manipulação de dados para criação de um jogo. Na área gráfica foi utilizado o Inkscape (INKSCAPE, 2013), um software livre que permite desenhar criando e editando vetores.

No que diz respeito as plataformas em que o jogo pode ser executado são duas as iniciais, qualquer navegador de internet com suporte à tecnologia de HTML5 e Javascript e dispositivos Android. Há possibilidade de expansão para plataformas em futuras versões devido a característica do motor de jogo utilizado. É importante ressaltar que no caso do Android o produto da criação do Construct 2 (SCIRRA, 2014) é submetido ao compilador do grupo Cocoon JS (LUDEI, 2014) que faz as conversões necessárias do arquivo compactado HTML5+Javascript para um instalador de aplicativo compatível com os dispositivos com sistema operacional Android. O público-alvo para o jogo são pessoas com idades superiores a 15 anos que se interessem pela mídia dos videogames.

As mecânicas

PI é um jogo sobre pareamento de bases. A mecânica consiste na ação de parear as bases geradas aleatoriamente no lado direito da tela com bases disponíveis no conjunto superior da tela através do clique/toque e arrasto para o par correto. Essa ação lhe dá um ponto a cada par correto e lhe tira uma chance a cada pareamento errado ou não pareamento com possibilidade de recuperação das chances a cada dez pontos seguidos feitos. Os jogadores terão seis chances que se zeradas o jogo termina, de forma que a pontuação gerada pelo jogador é somada depois de cada partida em uma pontuação geral representando o número de pareamentos realizados. Essa pontuação geral serve para o desbloqueio de conquistas. Cada conquista tem informações sobre a replicação pertinentes ao objetivo pedagógico, demonstrar os tamanhos de um gene ou cromossomo. Toda base gerada que deve ser completada tem movimento na direção oposta à que foi gerada, sumindo do outro lado da tela e esse movimento tem a velocidade aumentada conforme se avança no jogo, isto é, quanto maior a pontuação mais rápido o jogo fica. Toda a jogabilidade foi pensada para se encaixar no trabalho realizado pelo complexo enzimático de replicação que a DNA Polimerase está inserida. Os sistemas de jogo foram criados usando referências de jogos que se encaixavam nas ações reais do processo, sendo assim uma amálgama de diversas fontes inspiradoras que convergissem para o propósito representacional da replicação de DNA.

A jogabilidade de PI tem inspiração nos seguintes jogos. Ritmo com os expoentes como Guitar Hero (HARMONIX, 2005) e PaRaPa the Rapper (MANAON-SHAN, 2006), devido à necessidade de precisão em uma sequência. Jogos de quebra cabeça no que condiz ao encaixe de peças. Os métodos de evolução de dificuldade são como em Space Invaders (TAITO, 1978) e Tetris de Game Boy (BULLET-PROOF SOFTWARE, 1989) pois há aumento de velocidade do jogo. Além dessas o ser infinito do jogo é baseado em Jet Pack Joy Ride (HALFBRICK STUDIOS, 2011) e Robot Unicorn Attack (SPIRITONIN MEDIA GAMES, 2010) e neste último o sistema de vidas se reflete no sistema de chances, também uso o sistema de conquistas como na maioria dos jogos atuais.

As informações sobre tamanhos de genes e cromossomos serão passadas ao jogador através do mecanismo de conquistas como em Jet Pack Joy Ride (HALFBRICK STUDIOS, 2011). No presente jogo foram utilizadas conquistas que são desbloqueadas conforme a pontuação geral vai aumentando. Foi utilizado o framework de criação de

conquistas desenvolvido por HAMARI; ERANTI (2011), em que os autores definem conquista do ponto de vista de um jogo único como “um desafio opcional proveniente de um meta-jogo independente da sessão jogada isolada e com possibilidade de liberar recompensas”. A partir de uma revisão os autores desenvolvem um guia do que uma conquista contém. Na Tabela 1 podemos ver uma adaptação do encontrado no trabalho citado acima. As conquistas elaboradas para o PI podem ser vistas no Anexo 1.

Tabela 1 – Modelo de criação de conquistas. Adaptado de HAMARI; ERANTI (2011)

Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	O nome da conquista
Visual	A representação visual da conquista
Descrição	Descrição textual centrada no mecanismo de desbloqueio da conquista ou uma dica vaga sobre o mecanismo
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Pré-requisitos para que seja possível o desbloqueio da conquista na sessão de jogo
Gatilho (ação/evento)	Uma ação do jogador ou um sistema que evoca o evento requerido para desbloqueio
Condições	Esse componente inclui os requerimentos diretamente ligados ao estado do jogo ou ao histórico de eventos no sistema que devem existir quando a ação ou evento é contada para desbloqueio da conquista
Multiplicador	O número de vezes que um gatilho deve ser executado com os pré-requisitos satisfeitos enquanto se executa a condição determinada para destravar a conquista
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	Recompensas como uma nova habilidade ou algo novo dentro do jogo, como cores

	para os personagens.
Jogo da recompensa	Recompensa dada quando existe um sistema maior que abrange as recompensas, por exemplo uma rede de jogos que cada jogo tem suas recompensas e cada recompensa dá um ponto nesse sistema
Fora do jogo	Recompensas externas ao jogo e a um metajogo de conquistas, como um café em uma cafeteria

As linhas em cinza explicitam um tópico e as em branco imediatamente abaixo estão dentro desse tópico.

A arte

Para os elementos das interfaces os temas foram de conexões, apelando para a simplicidade. Cores sólidas foram utilizadas para formar os elementos, sempre visando clareza nas informações passadas e na parte interativa as bases foram feitas visando algumas das características das moléculas retratadas. Houve separação por cores das pirimidinas e purinas, chanfros para encaixe com o número de bordas iguais ao número de ligações feitas com a outra base e um pequeno quadrado amarelo no canto superior esquerdo das bases usadas pelo jogador. Esse quadrado amarelo significa a energia armazenada pelo fosfato antes da ligação ocorrer, quando ocorre a ligação partículas são geradas simbolizando o uso de dois fosfatos que quando quebram a ligação com o resto da molécula liberam energia, após isso o quadrado some. O modo como as bases são geradas também está ligado a forma como a replicação funciona, é simulado no jogo a leitura de uma fita de DNA no sentido 3'→5' enquanto o jogador parecia as bases no sentido 5'→3' como ocorre no processo real. Essa simulação é apresentada através de dicas visuais com números no ambiente do jogo. O estilo gráfico foi inspirado por Handreds (SEMI SECRET SOFTWARE, 2012) e Piano Tiles (WU WEN ZENG, 2014) que usam representações pautadas em cores sólidas e letras.

Testes

O método de produção envolveu constantes testes com diversos ciclos de prototipagem e uso, conhecido como design iterativo. Segundo NIELSEN (1994 *apud*

GOMES; PADOVANI, 2005) “O Design Iterativo (Nielsen, 1995) fundamenta-se na idéia de se desenvolver o sistema aperfeiçoando por aproximações sucessivas, estas submetidas a testes e refinamentos a fim de se obter um produto final que responda aos requisitos levantados na fase de contextualização do problema”. Os métodos utilizados durante os testes entre esses ciclos foram análogos ao que é descrito por LÜDKE; ANDRÉ (2008) como observação e entrevista. Primeiro tive a delimitação de minhas observações com objetivo de analisar como a pessoa se sai jogando, desde o menu inicial com a seleção de modos até sair do jogo, sempre atento ao que está a ser utilizado pela pessoa, como ela está aprendendo a jogar, se há dificuldade em compreender as interfaces e se vejo dificuldades que possam levar a frustração.

Foram executadas entrevistas que podem se encaixar no modelo semiestruturado, em que existe um pequeno roteiro de perguntas e suas respostas são abertas. Os testes sempre eram realizados com 9 alunos da UFRRJ do curso de biologia tanto das áreas de licenciatura quanto bacharelado alcançando um amplo espectro do tempo de permanência no curso, isto é, desde recém-chegados até alunos recém-formados. Tanto na fase de observação quanto à fase de pesquisa foram utilizados parâmetros fixos, esses parâmetros foram parcialmente baseados no modelo de análise de desenvolvimento de software educativo de GOMES; PADOVANI (2005). É importante salientar que a partir da versão 12 o jogo foi testado em um dispositivo móvel com sistema operacional Android 4.4.2, com 4,5 polegadas de tela da marca Motorola.

Parâmetros de Observação:

O que o jogador faz no menu inicial?

O jogador consegue entender rápido como a jogabilidade funciona?

Os jogadores percebem as conquistas?

Os jogadores acessam as conquistas?

Os jogadores leem o que está escrito nas conquistas?

Perguntas:

Qual a temática do jogo?

O que você acha que deve ser melhorado?

Resultados e Discussão

A criação de um jogo digital é um ato multidisciplinar em sua origem. Caso não exista equipe o desenvolvedor faz tudo desde a parte gráfica, desenvolvimento sonoro, a programação, a pesquisa e enredo de todo o jogo e antes de tudo isso e durante todo o processo atua como *game designer*, isso significa pensar e elaborar todos os sistemas do jogo. No caso foi buscada a criação de um jogo divertido e que possa ser utilizado como recurso didático com o objetivo de desenvolver os conhecimentos sobre o número de pares de base encontrados no DNA.

Dentro das minhas referências de *game design* posso citar que o principal é Piano Tiles (WU WEN ZENG, 2014), esse jogo abrange três das quatro características que usei para desenvolver PI. Ritmo, dificuldade crescente e ser infinito. O jogo é todo sobre tocar em retângulos negros que estão em uma grade lembrando quatro teclas de piano antes que desapareçam da tela. Num dos modos de jogo a grade está em movimento da parte superior da tela para a inferior e sempre existe um quadrado negro em uma das quatro posições, quanto mais tempo você suporta jogando mais veloz ele fica e basta um erro para o jogador perder a partida.

A influência dos jogos de ritmo se deve ao fato de PI exigir do jogador a capacidade de precisão em uma sequência contínua de quatro tipos de objetos que devem ser completados. Não existe melhor analogia do que Guitar Hero (HARMONIX, 2005), onde uma música é representada por uma variedade de três até cinco símbolos. Esses símbolos têm correlação com a música e botões que devem ser pressionados assim que as representações alcançarem um ponto determinado na tela. Em PI o espaço determinado para a ação que deve ser completa é todo o percurso dos símbolos visuais. Assim como em Guitar Hero (HARMONIX, 2005) a passagem de um desses sem receber a ação correta ou sem receber ação nenhuma é computada como um erro que nesse jogo torna alcançar pontuações altas mais difíceis e pode levar a derrota de acordo com uma proporção de erros seguidos. Em PI o erro computado diminui em um a chance de continuar o jogo, com o máximo de seis chances e caso essas chances acabem

o jogador perde. Existem três formas de perder chances, deixando uma base não pareada passar, pareando erradamente uma representação de base nitrogenada e, caso o erro passe, há outra perda de chance. Essas chances podem ser recuperadas ao se parear dez bases seguidas e a perda por deixar o pareamento errado passar pode ser evitado fazendo o pareamento correto por cima do errado evitando assim a perda de duas chances.

Ao observar o modo como o pareamento das bases se dá pensei na mecânica dos quebra-cabeça, na replicação real cada base nitrogenada tem preferência entre pares e como em um quebra-cabeça os pares se “encaixam”. No jogo cada base só encaixa de maneira correta com uma. Caso ocorra uma tentativa de encaixe errado o jogo permite corrigi-los, assim como na replicação real onde erros podem acontecer, mas também como na replicação real há a chance de se recuperar do erro fazendo o pareamento correto. O erro se reflete no jogo com a diminuição brusca da velocidade como um todo e a representação visual são as bases erradas piscando vermelho, após o conserto do erro a velocidade volta ao normal. Na forma como funciona a pontuação no jogo o jogador perde uma chance com o erro, isto significa a perda extra de ATP pela célula para o conserto do mesmo. Devido às limitações desse modelo de jogabilidade só há representação da deleção, quando o jogador deixa passar uma base sem parear e o pareamento errado de uma base.

Um jogo sem dificuldade pode se tornar entediante e logo o jogador o deixará de lado, entretanto essa dificuldade deve ser equilibrada com o nível de habilidades, caso contrário haverá frustração e o abandono ocorre da mesma forma. Como a velocidade real de pareamento é humanamente, impossível um modelo de aumento de velocidade constante é suficiente para manter o jogador engajado a aumentar suas habilidades conseguindo ir cada vez mais longe. Nesse ponto, a inspiração veio através dos antigos jogos onde a dificuldade é sempre crescente, assim como em um gênero recente de jogos que também se utilizam desse design. Os jogos de corrida infinita, que apesar da adoção de um modelo antigo de design para aumento de dificuldade, não foi usado completamente, já que em PI a velocidade para de aumentar com o alcance de 50 pontos, se tornando constante. Outra mecânica dos jogos de corrida infinita se acha presente no título temporário do jogo, PI, devido ao número real de pareamentos de base que devem ser feitos para a replicação ser completa estar na casa dos milhares não

existe diferença prática entre um jogo infinito e um com divisões em estágios, logo a característica infinita desses jogos foi utilizada como analogia ao extensivo trabalho do complexo enzimático envolvido na replicação do DNA. Essa analogia também foi pensada para que o jogador sinta o quão grande são as estruturas com que está acostumado a ouvir falar na mídia.

Durante os diversos testes e reajustes foram criadas muitas versões de Pares Infinitos, sendo que o protótipo atual é o de número 18 e ao todo a primeira versão e as últimas foram postas a teste. A primeira versão foi testada para saber se a jogabilidade principal funcionava, durante os primeiros testes elementos de interface ainda não existiam por completo, nem mesmo menus, apenas uma tela com representações simples das bases aparecendo (Figura 3). A partir do funcionamento da jogabilidade foram feitos polimentos na mecânica e arte do jogo. A partir da versão 12 (Figura 4) testes mais amplos foram realizados, principalmente da versão móvel. O primeiro elemento observado pelos jogadores era o tema, em que reconheciam as sequências de nucleotídeos imediatamente. Nessa versão ainda não existiam conquistas, logo as únicas informações disponíveis eram os nucleotídeos, entretanto os usuários logo entendiam que papel estavam tomando no jogo, o de replicadores de DNA. O maior obstáculo observado era no início, havia falta de tutoriais e clareza no que era para fazer, mas logo após algumas tentativas as pessoas conseguiam aprender sozinhas. O maior problema de interface foram as oito bases superiores, foram desnecessárias as redundâncias pois o comportamento dos jogadores foi usar sempre as mesmas bases (Figura 4). Outro ponto muito levantado pelos testadores foi a velocidade muito alta da passagem das bases.

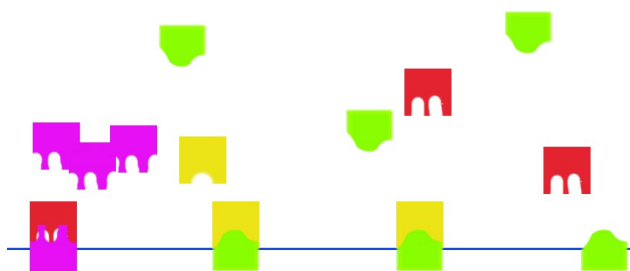


Figura 3 - Pares Infinitos versão 1. Os elementos magenta, vermelho, verde e amarelo representam as bases e a linha azul é somente um guia para uso no desenvolvimento.

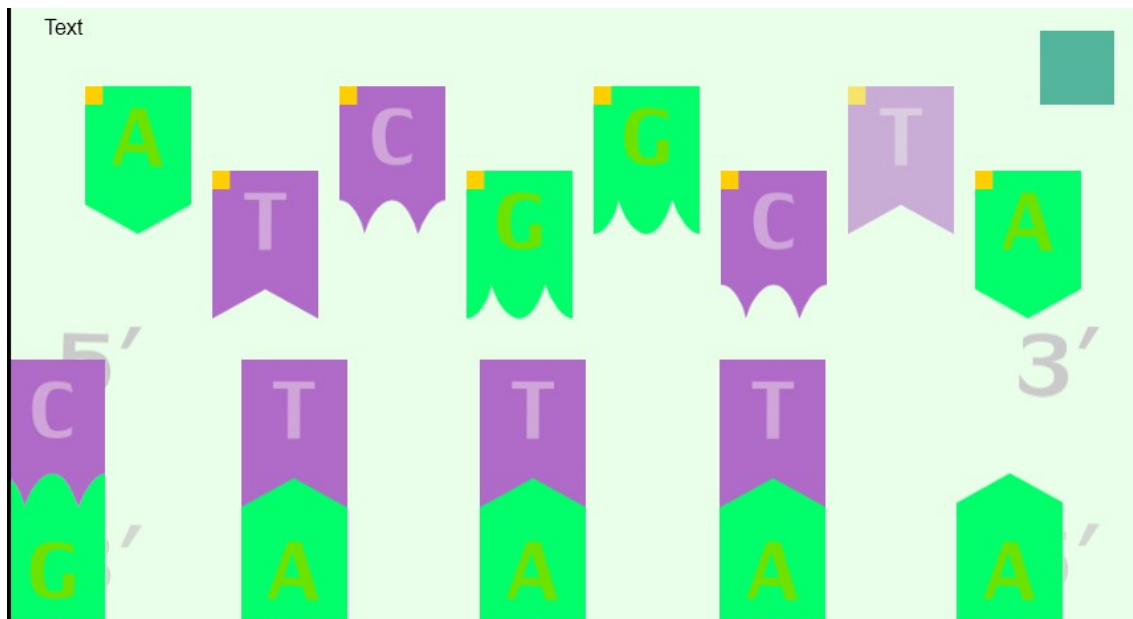


Figura 4 - Pares Infinitos versão 12. Em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. O quadrado verde escuro no canto superior direito é um botão de pause.

Na versão 13 (Figura 5.c) houve a correção de alguns problemas na interface, o número de bases utilizáveis em tela diminuiu para quatro, houve a adição das conquistas (Figura 5.a) e menu inicial (Figura 5.b). Apesar dos jogadores entrarem no menu de conquistas as letras eram muito pequenas, causando dificuldades para ler e entender o que era para ser feito. O tamanho da fonte no jogo foi resolvido com a versão 14 (Figura 6) deixando mais claro o que deveria ser feito para conseguir destravá-las. Foi observado que os jogadores não identificavam a mecânica de chances e ficavam frustrados ao perder. A mecânica de deixar o jogo lento ainda não existia e isso contribuía para a perda já que ao conectar bases erradas o jogador ficava confuso em relação ao que fazer acabando por deixar mais bases passarem.

Polimerizador Iniciante	Polimerizador Iniciante Iniciar o modo de replicação
Eucariota veloz	Na replicação do DNA uma das moléculas mais ativas são as DNA polimerase, existem diversas delas com nomes diferentes e funções também diferentes, mas as mais estudadas são as que replicam o DNA de maneira mais extensiva, colocando e removendo bases nos seus pares.
Procariota veloz	
Fago Pi174	
Replicação Viral	

a

Iniciar

Replicar DNA

Conquistas

b

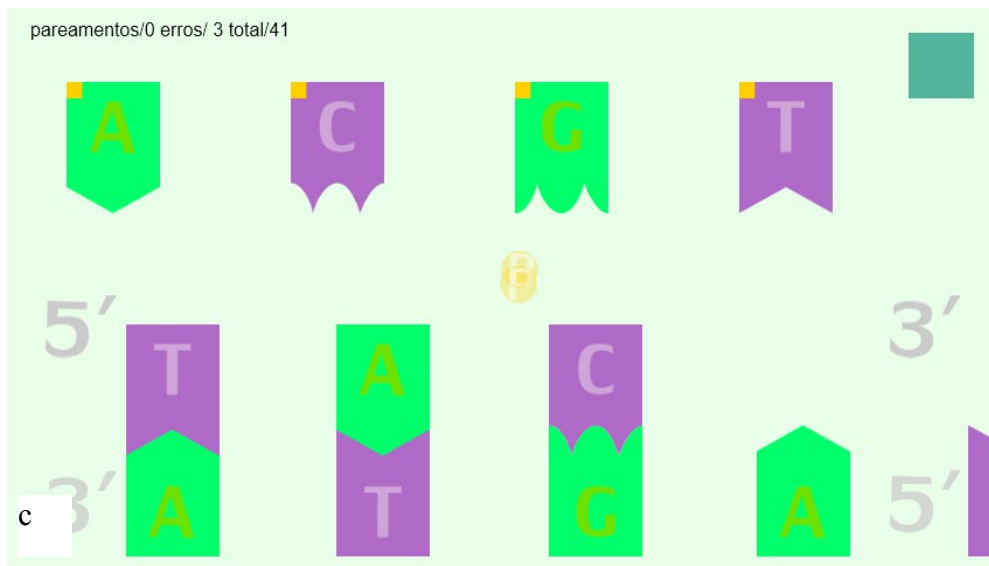


Figura 5 - Versão 13. Menu de conquistas (a), menu inicial (b) e tela de jogo (c). Na figura (c) em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. O quadrado verde escuro no canto superior direito é um botão de pause. Em amarelo duas partículas representando o uso de fosfato para energia.

44

Polimerizador Iniciante	Polimerizador Iniciante Iniciar o modo de replicação
Eucariota veloz	Na replicação do DNA uma das moléculas mais ativas são as
Procaríota veloz	DNA polimerase, existem diversas delas com nomes diferentes e funções
Fago Pi174	também diferentes, mas as mais estudadas são as que replicam o DNA
Replicação Viral	de maneira mais extensiva, colocando e removendo bases nos seus pares.
	Use esses botões para modificar a pontuação
	<div style="display: flex; gap: 10px; align-items: center;"> <div style="background-color: blue; color: white; padding: 5px 10px; border: 1px solid black;">0</div> <div style="background-color: magenta; color: white; padding: 5px 10px; border: 1px solid black;">+1</div> <div style="background-color: limegreen; color: white; padding: 5px 10px; border: 1px solid black;">-1</div> <div style="background-color: red; color: white; padding: 5px 10px; border: 1px solid black;">+100</div> </div>
	Sair

Figura 6 - Menu de conquistas da versão 14. Os botões numerados servem para manipulação de pontuação, isso serve para agilizar o desenvolvimento. Cada número está relacionado com a quantidade de pontos alterada, +1 adiciona um ponto, -1 diminui em um ponto, +100 aumenta em cem pontos e 0 zera a pontuação.

A versão 15 (Figura 7) teve diversas alterações gráficas. A inserção de elementos gráficos e a diminuição da dificuldade, os nucleotídeos que surgiam a direita agora estavam mais lentos e foi inserido um texto sobre como jogar no início da partida. A diminuição da velocidade também acarretou na observação de outro comportamento, a desistência dos jogadores foi alta por tédio, não havia desafio. As conquistas começaram a chamar mais atenção e quase sempre eram o primeiro elemento a ser visualizado, contudo pode ter ocorrido de a cor mais chamativa e o posicionamento

próximo ao polegar direito ter ajudado esse fato a ocorrer. Os testadores gostaram do que liam nas conquistas e utilizaram dos botões de teste para adição de pontos para ver as outras conquistas. A versão 16 não teve mudanças visuais, apenas mecânicas. Foi adicionada a lentidão quando o jogador parecia errado uma base, entretanto a velocidade baixava pouco e o jogador não percebia essa diferença. As chances continuaram desconhecidas. Observei também que os jogadores tinham dificuldades em manipular as bases, os que se pronunciaram a respeito disso sugeriram o aumento dos elementos gráficos ou diminuição maior da velocidade do jogo. Na versão 17 (Figura 8) do jogo houve adição de mais elementos gráficos para tentar chamar atenção do jogador para a pontuação e o número de chances. Os elementos foram aumentados e a velocidade regulada para o modelo atual, que aumenta conforme o acúmulo de pontos. Durante os testes notei aumento da eficiência dos jogadores, alguns relataram que o jogo tinha ficado melhor para iniciar no quesito de aprender a jogar, isso provavelmente se dá ao fato da interface estar maior e com isso a manipulação dos objetos melhorar. A mecânica de chances continuava confusa, mas nesse jogo o movimento das bases diminuiu até quase parar, esse ajuste da mecânica de erro conseguiu demonstrar que algo estava errado, muitos tentavam retirar a base errada e poucos foram os que aprenderam sozinhos o que devia ser feito.

Replicações Totais 48

Replicar DNA

Conquistas

Este é um protótipo do projeto DNA-Rep, clique/toque em replicar DNA para iniciar o jogo. Para testar o sistema de pontuação e conquistas use as teclas A, S, D e W para respectivamente zerar os pontos, adicionar 1 ponto, retirar 1 ponto e adicionar 100 pontos, todos na pontuação total, se for mobile entre no menu de conquistas para alterar a pontuação. No modo de replicação 1 e 2 servem para adicionar e retirar um ponto do modo.

a

Replicações Totais : 48

Polimerizador Iniciante
Iniciar o modo de replicação

Na replicação do DNA uma das moléculas mais ativas são as DNA polimerase, existem diversas delas com nomes diferentes e funções também diferentes, mas as mais estudadas são as que replicam o DNA de maneira mais extensiva, colocando e removendo bases nos seus pares.

Use esses botões para modificar a pontuação

0 +1 -1 +100 Sair

b

--Bases Replicadas: 1 --Replicações totais: 44 --Chances: 3--

5' 3'

A T C G

C G A G T A

c

--Bases Replicadas: 4 --Replicações totais: 44 --Chances: 3--

5' 3'

A T C G

G T A T

Conserte o seu erro antes dele passar!!! E só colocar a peça correta em cima da errada em vermelho.
Quando você erra tudo fica lento para você consertar, mas esse poder só volta se você acertar dez replicações de novo.

d

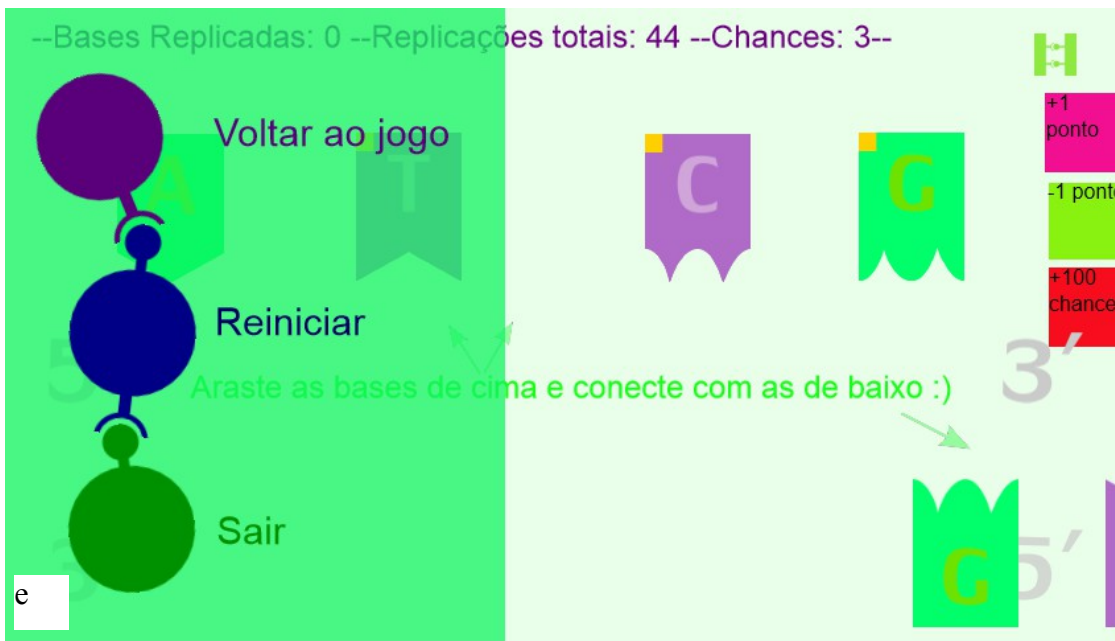


Figura 7 - Versão 15 do jogo. Menu inicial (a), menu de conquistas (b), tela de jogo (c), tela de jogo com erro (d) e menu de pause (e). Nas figuras (c), (d) e (e) em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina e no canto superior direito um botão de pause. O texto em (a) explica para o testador o que são os botões coloridos quadrados. Exceto em (a) temos a presença de botões quadrados para alteração de pontuação e chances com objetivo de agilizar o desenvolvimento

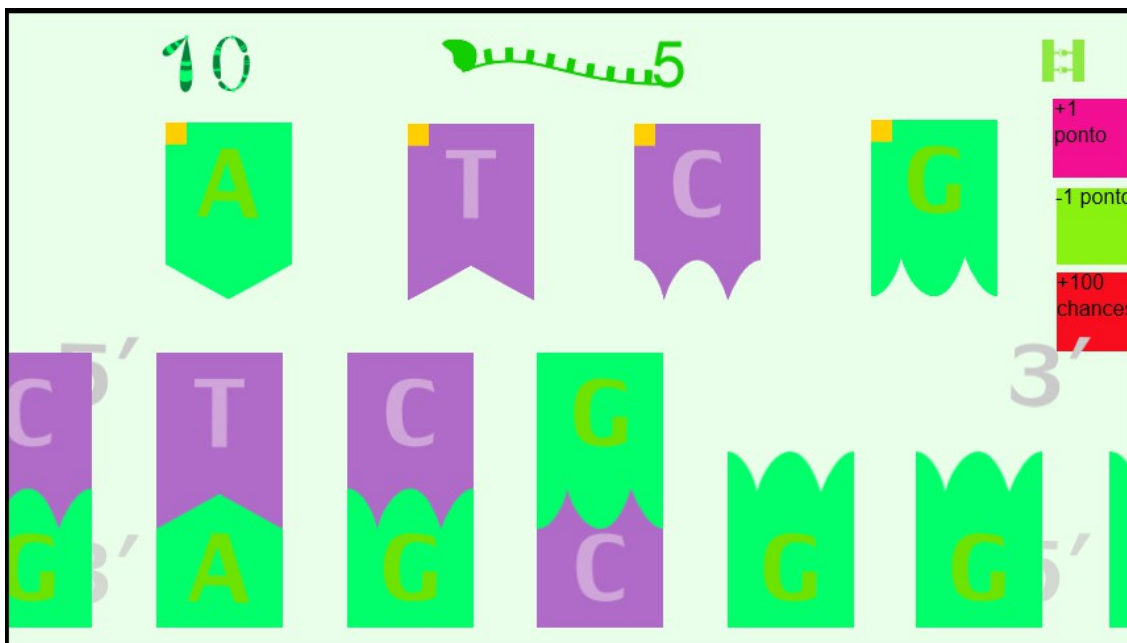


Figura 8 - Versão 17 do jogo com alterações de interface. Em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. No canto superior direito em verde há um botão de pause. Os botões quadrados a direita servem para alterar pontuações e chances com objetivo de agilizar o desenvolvimento. A numeração em cima a esquerda são os pontos. O elemento gráfico acima e centralizado simboliza o número de chances.

A última versão testada foi a 18 (Figura 9), nela há reposicionamento de elementos gráficos e mudança em um dos elementos. O elemento mudado foi o

indicador de chances, agora o mesmo tem escrito chances abaixo do marcador e isso tornou a mecânica mais fluida, os jogadores logo entendiam que algo envolveria chances, contudo houve divisão no que diz a percebê-las enquanto jogavam, alguns percebiam a alteração numérica e outros só prestavam atenção quando o marcador estava vermelho (Figura 9.b) que indicava a existência de apenas duas chances restantes. A recuperação dessas chances seguiu o mesmo padrão de atenção ao símbolo de chances, nem todo mundo que jogou compreendeu como ocorria a recuperação de chances.

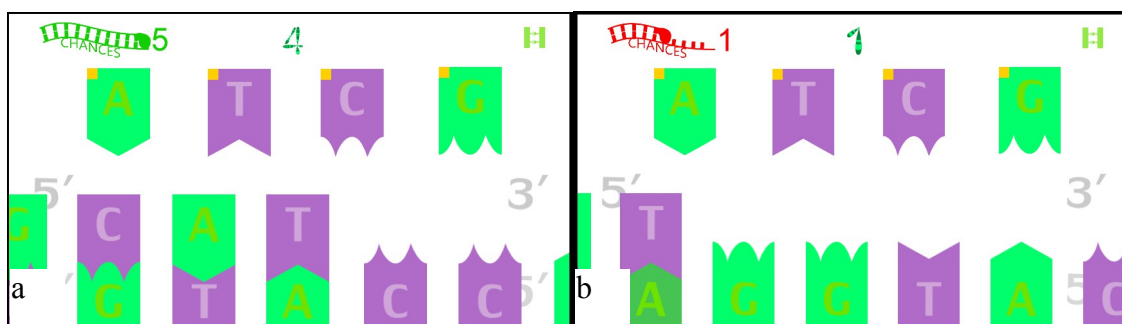


Figura 9 - Versão 18 do jogo. Tela de jogo com a mudança da representação de chances (a) e tela com duas chances apenas (b). Em lilás temos a citosina e a timina, em verde a adenina e a guanina. No canto superior direito é um botão de pause. O elemento gráfico em cima a direita representa o número de chances. O elemento gráfico em cima centralizado é a pontuação.

No que diz respeito as conquistas desde que foram inseridas houveram poucas alterações. Os testadores, no geral, acharam os textos interessantes e requisitavam apenas mudanças estéticas, como alteração de fonte ou tamanho. Um dos textos fala sobre a velocidade de replicação nas bactérias: “As velocidades de replicação encontradas em bactéria são de até 3000 pares de base por segundo!!!”, as reações foram de espanto ou exclamação perante este fato. Esses textos podem ser encontrados no Anexo 1 desse trabalho.

Utilizando o método de design iterativo de NIELSEN (1994 *apud* GOMES; PADOVANI, 2005) pude aqui chegar a um resultado. Nota-se que o desenvolvimento de um jogo usando esse modelo é uma tarefa recompensadora, pois o produto se molda muito melhor as necessidades do público alvo. Apesar de estruturado e bem refinado, comparado as primeiras versões, ainda há o que trabalhar no jogo. A elaboração de um tutorial é de vital importância em próximas versões do projeto, pois observei o comportamento de tentar arrastar as bases de baixo para cima e de tentar arrancar a base errada do encaixe quando há pareamento incorreto. Outro problema observado no

último teste é a falta de sinais visuais que indiquem o desbloqueio de uma conquista. Os usuários atentaram para esse fato e pediram para que seja desenvolvido algo nesse sentido, a sinalização da conquista é algo que HAMARI; ERANTI (2011) explica ser essencial para o bom funcionamento deste tipo de sistema.

O uso do software desenvolvido pode ajudar na consolidação de conhecimentos concordando com a conclusão de BITTENCOURT; GIRAFFA (2003b), em que “os mundos virtuais de aprendizagem contendo os elementos lúdicos, criativos e de sociabilização dos jogadores podem permitir a construção de comunidades de aprendizagem virtual e/ou presenciais a facilitar o desenvolvimento de competências humanísticas, tecnológicas e sociais dos aprendizes”. Para compreendermos a existência desse fator de sociabilização dos conhecimento podemos recorrer a definição de HUIZINGA (2000) onde o jogar “promove a formação de grupos sociais com tendência a rodearem-se de segredo e a sublinharem sua diferença em relação ao resto do mundo por meio de disfarces ou outros meios semelhantes” e no caso de jogos digitais é uma das possibilidades que SALEN; ZIMMERMAN (2012) ressaltam, a facilidade de se criar uma rede de comunicação entre os jogadores. Esse tipo de agregação em comunidade observada nos grupos de jogadores pode atuar de forma benéfica. Normalmente um conhecimento é amplamente compartilhado seja sobre maneiras de alcançar um determinado objetivo ou sobre a história contada no jogo. Esse ato de compartilhar é o agregador daquela respectiva comunidade, culminando em fóruns, blogs, perfis de redes sociais e wikis sobre o jogo. Esse comportamento pode ser amplamente visto na comunidade em torno do jogo Minecraft (MOJANG, 2011) e sua numerosa confraria de fãs, bastando para isso digitar em um mecanismo de busca esse nome.

Considerações Finais

A jornada de desenvolvimento de PI começou em julho de 2014, como uma ideia simples, um jogo sobre replicar DNA. Esse fragmento de pensamento logo se tornou um bocado de desenhos e esquematizações, depois um pequeno projeto e então o que era essa pré-produção foi tomando forma e sendo desenvolvido. Após 18 versões o “Projeto Replicação”, nome original da ideia, é possível e continua em

desenvolvimento, necessitando de ajustes aqui e ali, talvez até mesmo mudando completamente seu rumo.

A algum tempo iniciei meus estudos sobre jogos, o que é e como fazê-los. Durante todo esse caminho aprendi muito e passei por fases de pensamento sobre o jogar, já pensei no jogo como forma perfeita quanto instrumento de aprendizagem e felizmente deixei esse tipo de pensamento. Tenho em mente agora que os jogos são uma boa ferramenta me apoiando em escritos como os de BITTENCOURT; GIRAFFA (2003^a) e PIVEC; DZIABENKO; SCHINNERL (2003) que põe os jogos na classificação de objetos de aprendizagem construtivistas em sua essência. Objetos estes podendo ocupar papéis fundamentais na consolidação dos conhecimentos ou na descoberta de novos conhecimentos.

Como escreve VAN ECK (2006) isso é variável, existirão situações e pessoas que se beneficiarão desse uso não podendo haver a generalização, pois essa generalização será algo fatal quando se argumentar a favor dos mesmos. Felizmente cada vez mais os jogos digitais estão inseridos na sociedade de maneira natural, basta olhar a sua volta e verá smartphones com as telas acesas, pessoas se divertindo e me apresentando um panorama de futuro animador para essa mídia. Nesse futuro os jogos digitais estarão maduros e serão mais uma mídia a ser explorada, não será a perfeita e nem será a horrível.

Bibliografia:

- ARMENTA, M. C. Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 26, n. 2, p. 227–244, 2008.
- AYUSO, G. E.; BANET, E. Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 20, n. 1, p. 133–158, 2002.
- BAHAR, M.; JOHNSTONE, A. H.; HANSELL, M. H. Revisiting learning difficulties in biology. **Journal of Biological Education**, v. 33, n. 2, p. 84–86, 1 mar. 1999.
- BANET, E.; AYUSO, E. Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 13, n. 2, p. 137–153, 1995.
- BITTENCOURT, J. R.; GIRAFFA, L. M. **Modelando ambientes de aprendizagem virtuais utilizando role-playing games** Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. **Anais...2003a** Disponível em: <<http://ceie-sbc.educacao.ws/pub/index.php/sbie/article/view/299>>. Acesso em: 10 fev. 2014
- BITTENCOURT, J. R.; GIRAFFA, L. M. Role-Playing Games, Educação e Jogos Computadorizados na Ciberultura. **I Simpósio de RPG em Educação**, p. 14, 2003b.
- BOURGONJON, J. et al. Parental acceptance of digital game-based learning. **Computers & Education**, v. 57, n. 1, p. 1434–1444, 2011.
- BULLET-PROOF SOFTWARE. Nintendo Game Boy Tetris. Nintendo Co., Ltd., 1989. 1 Cartucho.
- CHAPEL, G.; MARZIN, P. **Etude de connaissances d'élèves de seconde sur les mutations génétiques**. Actes des sixièmes journées de l'ARDIST (numériques). **Anais...** In: SIXIÈMES JOURNÉES DE L'ARDIST. 2009 Disponível em: <<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00593070>>. Acesso em: 13 out. 2014
- DOMINGUES, D. S. et al. A DISCUSSÃO DE TÓPICOS DE ENGENHARIA GENÉTICA E BIOLOGIA MOLECULAR NA ESCOLA: O QUE PENSAM ALUNOS DE ENSINO MÉDIO. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências**, n. 4, 2003.
- DUNCAN, R. G.; REISER, B. J. Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 44, n. 7, p. 938–959, 2007.
- FRIEDRICHSEN, P. M.; STONE, B. **Examining students' conceptions of molecular genetics in an introductory biology course for non-science majors: A self study; 2004; Vancouver, BC** Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. **Anais...2004**
- GOMES, A. S.; PADOVANI, S. Usabilidade no ciclo de desenvolvimento de software educativo. **SBIE Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Juiz de Fora (MG)**, 2005.
- GREGORY, J. **Game Engine Architecture**. [s.l.] CRC Press, 2009.
- HALFBRICK STUDIOS. Jet Pack Joy Ride. Halfbrick Studios, 2011.
- HAMARI, J.; ERANTI, V. Framework for designing and evaluating game achievements. **Proc. DiGRA 2011: Think Design Play**, v. 115, p. 122–134, 2011.


- HARMONIX. Guitar Hero. Harmonix \music Systems Corporation, 2005. 1 DVD.
- HARMONIX, PI STUDIOS. Rock Band. Eletronic Arts, Inc., MTV, 2007. 1 DVD
- HASBRO. Monopoly. HASBRO Inc., 2014.
- HOTT, A. M. et al. Genetics content in introductory biology courses for non-science majors: theory and practice. **BioScience**, v. 52, n. 11, p. 1024–1035, 2002.
- HUIZINGA, J. **Homo Ludens**. 4. ed. [s.l.] Editora Perspectiva S.A., 2000.
- HU WEN ZENG. Piano Tiles (Don't Tap The White Tile). Hu Wen Zeng, 2014.
- INKSCAPE. Inkscape, versão 0.48.4. Inkscape, 2013
- JOAQUIM, L. M. et al. Concepções de estudantes de graduação de biologia da UFPR e UFBA sobre genes e sua mudança pelo ensino de genética. **Atas do VI ENPEC**, n. 5, 2007.
- JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, n. 2, p. 75–83, 1 jun. 1991.
- JOHNSTONE, A. H.; MAHMOUD, N. A. Isolating topics of high perceived difficulty school biology. **Journal of Biological Education**, v. 14, n. 2, p. 163–166, 1 jun. 1980.
- JUNQUEIRA, L. C. U.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. [s.l.] Guanabara-Koogan, 2000.
- KAPTEIJN, M. The functions of organizational levels in biology for describing and planning biology education. **Relating macroscopic phenomena to microscopic particles**, p. 139–150, 1990.
- KARP, G. **Biologia celular e molecular**. 3. ed. [s.l.] MANOLE, 2002.
- KHATTECH, S.; ABBES, S.; ORANGE, C. Argumentation du refus de deux modèles d'ADN : Conceptions et rapport au savoir d'élèves et d'étudiants tunisiens. **Actes des 5 èmes journées de l'ARDIST**, 2007.
- KNIPPELS, M.-C. P. J.; WAARLO, A. J.; BOERSMA, K. T. Design criteria for learning and teaching genetics. **Journal of Biological Education**, v. 39, n. 3, p. 108–112, 1 jun. 2005.
- KOSTER, R. **Theory of Fun for Game Design**. [s.l.] O'Reilly Media, Inc., 2013.
- KUHN, T. S. **La estructura de las revoluciones científicas**. [s.l.] Fondo de cultura económica, 2011.
- LEWIS, J.; LEACH, J.; WOOD-ROBINSON, C. All in the genes? — young people's understanding of the nature of genes. **Journal of Biological Education**, v. 34, n. 2, p. 74–79, 1 mar. 2000.
- LIMA, A. DE C.; PINTON, M. R. G. M.; CHAVES, A. C. L. O ENTENDIMENTO E A IMAGEM DE TRÊS CONCEITOS: DNA, GENE E CROMOSSOMO NO ENSINO MÉDIO. 2007.
- LOSICK, J. D. W. | T. A. B. | S. P. B. | A. G. | M. L. | R. **Biologia Molecular do Gene**. 5. ed. [s.l.] Artmed, 2006.
- LUDEI. Cocoon JS. Ludei Inc., 2014
- LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. DE. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. [s.l.] EPU, 2008.
- MAGIE, P. E. **The Landlord's game**, 1924. Disponível em: <<http://www.google.com/patents/US1509312>>. Acesso em: 9 nov. 2014
- MARBACH-AD, G. Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. **Journal of Biological Education**, v. 35, n. 4, p. 183–189, 2001.


- MARBACH-AD, G.; STAVY, R. Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. **Journal of Biological Education**, v. 34, n. 4, p. 200–205, 2000.
- MOJANG. Minecraft. Mojang AB, 2011.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20–39, 1996.
- NANAON-SHAN. Parappa The Rapper. Sony Computer Entertainment, Inc., 1996. 1 CD
- NIELSEN, J. **Usability Engineering**. [s.l.] Morgan Kaufmann, 1994.
- PEDRANCINI, V. D. et al. Ensino e aprendizagem de Biologia no ensino médio e a apropriação do saber científico e biotecnológico. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 299–309, 2007.
- PIVEC, M.; DZIABENKO, O.; SCHINNERL, I. **Aspects of game-based learning** 3rd International Conference on Knowledge Management, Graz, Austria. **Anais...2003** Disponível em: <http://knowminer.know-center.tugraz.at/corpi/iknow-papers/data-2000-2010/pdf/32_Aspects%20of.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2014
- RESNICK, L. B. Mathematics and science learning: A new conception. **Science**, 1983.
- SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Regras do Jogo: Fundamentos do Design de Jogos**. 1. ed. [s.l.] Edgar Búcher Ltda., 2012. v. 1
- SHELL, J. **The Art of Game Design: A book of lenses**. [s.l.] CRC Press, 2008.
- SCHUYTEMA, P. **Design de games: uma abordagem prática**. 1. ed. [s.l.] Cengage Learning, 2008.
- SEMI SECRET SOFTWARE. Hundreds. Semi Secret Software LLC, 2012.
- SCIRRA. Construct 2, versão 178. Scirra LTD., 2014.
- SILVEIRA, R. DA; AMABIS, J. M. Como os estudantes do ensino médio relacionam os conceitos de localização e organização do material genético. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2003.
- SPIRITONIN MEDIA GAMES. Robot Unicorn Attack. Adult Swim, 2010.
- SUSI, T.; JOHANNESSON, M.; BACKLUND, P. Serious games: An overview. 2007. **The Single Tax Review**. [s.l.] Joseph Dana Miller, 1902.
- TAITO. Space Invaders. Taito Corporation, 1978.
- VAN ECK, R. Digital game-based learning: It's not just the digital natives who are restless. **EDUCAUSE review**, v. 41, n. 2, p. 16, 2006.
- VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205–221, 1979.

Anexos


Anexo 1


Lista de Conquistas:

Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Polimerizador Iniciante
Visual	
Descrição	Na replicação do DNA uma das moléculas mais ativas são as DNA polimerases
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Iniciar o modo de replicação
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	1
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	existem diversas delas com nomes diferentes e funções também diferentes, mas as mais estudadas são as que replicam o DNA de maneira mais extensiva, colocando e removendo bases nos seus pares.
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-
Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Eucariota veloz

Visual	
Descrição	Uma polimerase pareia bases em organismos
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Replicar bases
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	50
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	com célula nucleada em velocidade de 50 pares de base por segundo!! Esse número foi encontrado em estudos do fungo unicelular <i>Sarccharomyces cerevisiae</i> .
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-
Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Mestre Okazaki Eukaria
Visual	A representação visual da conquista
Descrição	O DNA é formado por duas fitas antiparalelas em forma de espiral,
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Replicar bases
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	200
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao

	desbloquear a conquista
No jogo	uma replicação ocorre de maneira linear, na outra por estar ao contrário e a replicação só pode ocorrer em um sentido o DNA tem partes organizadas como um laço e então replicadas, a cada 200 até 300 bases nos eucariotos outro pedaço tem que ser feito, depois de todos os pedaços prontos tudo é ligado e o DNA está replicado.
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-
Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Mestre Okazaki Bacteria
Visual	Em desenvolvimento
Descrição	Bacteria é o domínio onde encontramos a maioria dos organismos vivos conhecidos,
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Replicar bases
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	1000
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	são unicelulares e não possuem núcleo separando o DNA do resto da célula. Nas bactérias Escherichia coli os fragmentos de okazaki encontrados tem entre 1000 e 2000 pares de base.
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-
Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Bacteria veloz
Visual	Em desenvolvimento

Descrição	As velocidades de replicação encontradas em bactéria
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Replicar bases
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	3000
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	são de até 3000 pares de base por segundo!!!
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-
Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Fago Pi174
Visual	
Descrição	Fago é uma denominação que separa as bactérias de uma mesma espécie.
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Replicar bases
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	5000
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	Em bactérias podemos achar dois tipos de DNA, um livre no citoplasma e um outro

	chamado plasmídeo, nele temos a maioria dos estudos acontecendo e você já replicou o equivalente a um plasmídeo de uma bactéria Escherichia coli do fago Pi174 que possui 5000 bases em uma fita de DNA.
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-
Elemento	Descrição
Significativo	São as partes visíveis de uma conquista
Nome	Replicando Vírus
Visual	
Descrição	O vírus de símios SV40 é um vírus de DNA que ocorre em macacos e humanos,
Lógica de desbloqueio	Define o gatilho de desbloqueio da conquista, quantas vezes terá que ser feito e sobre quais condições poderá ser desbloqueada
Pré-requisitos	Estar no modo de replicação
Gatilho (ação/evento)	Replicar bases
Condições	O jogador está jogando o modo de replicação
Multiplicador	5000
Recompensa	A recompensa alcançada pelo jogador ao desbloquear a conquista
No jogo	podendo causar em humanos doenças nos rins e a desmielinização de células nervosas. Seu genoma foi todo sequenciado em 1978 por Walter Fiers e possui em torno de 5000 bases.
Jogo da recompensa	-
Fora do jogo	-