

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

GUILHERME GOMES SOUZA
VÍTOR BARCELLOS DE ANDRADE

JOGO EDUCATIVO SUPERBACTÉRIAS
Ferramenta para apoiar ensino sobre bactérias

RIO DE JANEIRO
2023

GUILHERME GOMES SOUZA
VÍTOR BARCELLOS DE ANDRADE

JOGO EDUCATIVO SUPERBACTÉRIAS
Ferramenta para apoiar ensino sobre bactérias

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto de Computação da
Universidade Federal do Rio de Janeiro como
parte dos requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Geraldo Bonorino Xexéo
Co-orientador: Prof. Farmy Gonçalves Ferreira da Silva
Prof. Suellen de Oliveira

RIO DE JANEIRO

2023

S729j

Souza, Guilherme Gomes

Jogo educativo Superbactérias: ferramenta para apoiar ensino sobre bactérias / Guilherme Gomes Souza e Vítor Barcellos de Andrade. – 2023.

82 f.

Orientador: Geraldo Bonorino Xexéo.

Coorientador: Farmy Gonçalves Ferreira da Silva.

Coorientadora: Suellen de Oliveira.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação)
- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Computação, Bacharel em Ciência da Computação, 2023.

1. Ciências Biológicas. 2. Jogo educativo. 3. Jogo de cartas. 4. Bactérias. 5. Resistência antimicrobiana. I. Andrade, Vítor Barcellos de. II. Xexéo, Geraldo Bonorino (Orient.). III. Silva, Farmy Gonçalves Ferreira da (Coorient.). IV. Oliveira, Suellen de. V. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Computação. VI. Título.

GUILHERME GOMES SOUZA
VÍTOR BARCELLOS DE ANDRADE

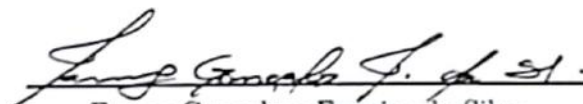
JOGO EDUCATIVO SUPERBACTÉRIAS
Ferramenta para apoiar ensino sobre bactérias

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto de Computação da
Universidade Federal do Rio de Janeiro como
parte dos requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Ciência da Computação.

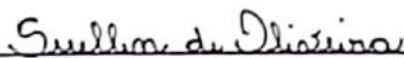
Aprovado em 23 de ago de 2023
BANCA EXAMINADORA:



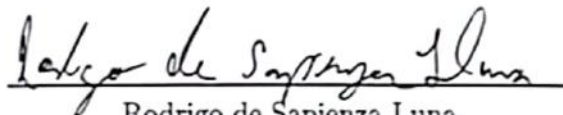
Geraldo Bonorino Xexéo
Professor Associado D.Sc., 1994
(COPPE/UFRJ)



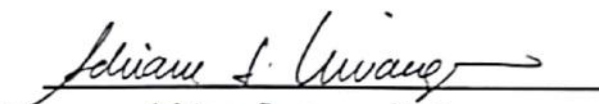
Fanny Gonçalves Ferreira da Silva
Professor M.Sc. (UFRJ)



Suellen de Oliveira
M.Sc. (Centro Universitário Celso Lisboa)



Rodrigo de Sapienza Luna
M.Sc. (IC/UFRJ)



Adriana Santarosa Vivacqua
D.Sc. (UFRJ)

Dedicatória: Dedicamos esse trabalho a nossos professores, que atuaram com protagonismo em nossa formação e nos passaram o senso crítico e comprometimento que caracterizam bons cidadãos da sociedade brasileira.

AGRADECIMENTOS

Vítor Barcellos de Andrade

Quero agradecer a minhas amigas, Júlia Melgaré, Luíza Shimura e Bruna Lombardo, que sempre me incentivaram, deram apoio emocional quando precisei e nunca duvidaram de mim.

Também quero agradecer aos orientadores, Geraldo Xexéo e Farmy Gonçalves, que contribuíram para o trabalho através de reuniões, conversas e muitas revisões de texto.

Agradeço também à professora Suellen de Oliveira, sem a qual este trabalho não existiria.

Por fim, dirijo meus agradecimentos à Double Dash Studios, por ter sido extremamente compreensível quando precisei me ausentar da empresa para me dedicar a este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Guilherme Gomes Souza

Quero agradecer em primeiro lugar a minha mãe que sempre insistiu muito para que eu fizesse uma graduação.

Agradecer também aos meus amigos Yasmin Barbosa, Vítor Barcellos, Julliene Ribeiro e Mayara Poim, que além de ajudarem durante todo o processo de criação desse projeto, também foram vitais para que toda a caminhada do processo de graduação fosse mais agradável.

Claro agradecer também aos orientadores Geraldo Xexéo e Farmy Gonçalves e também à professora Suellen de Oliveira, pelas contribuições no texto, questionários e sugestões e auxílios no pré, pós e até mesmo durante as validações.

Por fim agradecer aos colegas de trabalho num geral, com destaques à Lucas Barros e Diefferson Mouro por segurarem as pontas com as entregas do trabalho.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo principal apresentar uma ferramenta digital de apoio para aulas de ciências biológicas, mais especificamente com enfoque na resistência bacteriana e no surgimento de superbactérias, abordando de forma interativa assuntos como a reprodução bacteriana, suas mutações, abordando de forma interativa assuntos como seus mecanismos de defesa, como funciona sua reprodução, suas mutações e também os perigos do uso irresponsável de medicamentos antimicrobianos. O público alvo do jogo são estudantes do ensino médio. A ferramenta simula um jogo de cartas digital, no qual o aluno faz o papel de um médico tratando uma infecção bacteriana. Além de apresentar essas características das bactérias através de mecânicas e jogabilidade, o jogo também conta com uma narrativa durante alguns pontos específicos. Esse artifício é utilizado para se aprofundar em alguns assuntos sem comprometer a experiência de jogo. O jogador vence uma partida quando extermina todas as bactérias, e perde a partida quando, através de mutações, uma superbactéria surge.

Palavras-chave: ciências biológicas; biologia; jogo educativo; jogo de cartas; ensino médio; bactérias; superbactérias; resistência antimicrobiana.

ABSTRACT

This work aims to present a digital tool to support biology classes, with a specific focus on superbacteria and antimicrobial resistance, interactively addressing subjects like defense mechanisms, binary fission, mutations and the dangers around the irresponsible use of antimicrobial drugs. The game targets high school students. The tool simulates a digital card game, in which the student plays as a doctor treating a bacterial infection. Besides conveying these characteristics about bacteria through its mechanics and gameplay, the game also presents a narrative at specific points. This artifice is used to address some subjects more deeply without compromising the game experience. The player wins a match when they exterminate all bacteria, and loses when, through mutations, a superbacteria emerges.

Keywords: biological sciences; biology; educational game; card game; high school; bacteria; superbacteria; antimicrobial resistance.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES


Figura 1 – EndoGDC, suas seções e seus blocos. Fonte: (TAUCEI, 2019)	19
Figura 2 – Processo Scrum. Fonte: Lakeworks, via Wikimedia Commons 	20
Figura 3 – Método cascata (modelo <i>waterfall</i>) Fonte: Pressman 2010	20
Figura 4 – O ambiente de desenvolvimento do jogo na Unity.	21
Figura 5 – A tela de menu inicial do Tabletop Simulator.	22
Figura 6 – Versão inicial do jogo prototipada no <i>Powerpoint</i> pela professora Suel- len de Oliveira. Fonte: Jogo em Powerpoint Superbactérias	25
Figura 7 – Print do primeiro protótipo desenvolvido. Fonte: Os autores	26
Figura 8 – <i>Print</i> do protótipo desenvolvido no Tabletop Simulator. Fonte: Os autores	26
Figura 9 – Tela da versão atual do jogo. Fonte: Os autores	26
Figura 10 – Canvas Endo-GDC do jogo Superbactérias. Fonte: Os autores	27
Figura 11 – Mecânicas, dinâmicas e estéticas da versão inicial do jogo prototipada no <i>PowerPoint</i> pelos autores do jogo original.	29
Figura 12 – Tela inicial da versão final do jogo.	35
Figura 13 – Texto inicial do <i>gameplay</i> da versão final do jogo.	35
Figura 14 – 4 cartas sorteadas na etapa de compra do primeiro turno.	36
Figura 15 – Estado do tabuleiro após a etapa de compra do primeiro turno.	36
Figura 16 – Estado do tabuleiro após a etapa de ação do primeiro turno.	37
Figura 17 – Fase de compra do segundo turno.	37
Figura 18 – Resultado da fase de ação do segundo turno.	38
Figura 19 – Resultado da fase de ação do terceiro turno.	38
Figura 20 – Tela de vitória jogo.	39
Figura 21 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as classes que repre- sentam as cartas do jogo.	41
Figura 22 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as classes que repre- sentam os baralhos do jogo. Fonte: Os autores	41
Figura 23 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as classes que repre- sentam as mutações das bactérias. Fonte: Os autores	42
Figura 24 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as diferentes fases de cada turno do jogo. Fonte: Os autores	42
Figura 25 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as Views das cartas do jogo. Fonte: Os autores	43
Figura 26 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para os CardSets. Fonte: Os autores	43
Figura 27 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para MutationViews.	44

Figura 28 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para os Sets de GameSteps. Fonte: Os autores	46
Figura 29 – Diagrama mostrando as classes concretas que herdam de GameStep. Fonte: Os autores	49
Figura 30 – Diagrama mostrando a ordem em que as classes concretas de GameStep são organizadas no projeto para dar origem ao funcionamento do jogo. Fonte: Os autores	50
Figura 31 – Gráfico que mostra a quantidade de voluntários de cada idade. Fonte: Site meta-chart alimentado com os dados fornecidos pelos voluntários através do questionário	53
Figura 32 – Gráfico que mostra a quantidade de voluntários de matriculado em cada ano. Fonte: Gerado pelo Google Forms	54
Figura 33 – Gráficos que mostram a quantidade de voluntários com preferência e facilidade por cada matéria. Fonte: Gerado pelo Google Forms	55
Figura 34 – Gráfico que mostra a impressão dos voluntários sobre a sua faixa etária e a proposta do jogo. Fonte: Gerado pelo Google Forms	57
Figura 35 – Gráfico que mostra quantos voluntários já haviam ouvido falar sobre o termo anteriormente. Fonte: Gerado pelo Google Forms	57
Figura 36 – Gráfico que mostra a influência do jogo na percepção sobre os temas chave. Fonte: Gerado pelo Google Forms	58
Figura 37 – Gráfico que mostra a mudança no interesse sobre o tema central: Superbactérias. Fonte: Gerado pelo Google Forms	58
Figura 38 – Gráfico que mostra a percepção dos voluntários sobre os elementos do jogo. Fonte: Gerado pelo Google Forms	59
Figura 39 – Gráfico que mostra a porcentagem de voluntários que relataram algum bug durante o <i>playtest</i> . Fonte: Gerado pelo Google Forms	60

LISTA DE CÓDIGOS

Código 1	Implementação da classe GameStep	45
Código 2	Implementação da classe GameStepsRunner	45
Código 3	Implementação da classe GameStepSet	46
Código 4	Implementação da classe GameStepLinearSet	47
Código 5	Implementação da classe GameStepLoopSet	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	O PROBLEMA DAS SUPERBACTÉRIAS	13
1.2	AS SUPERBACTÉRIAS COMO UM PROBLEMA EDUCACIONAL	13
1.3	METODOLOGIA	14
1.4	ESTRUTURA DO TEXTO	15
2	REVISÃO	16
2.1	O FENÔMENO CULTURAL DOS VIDEOGAMES E SUA ATUAÇÃO NA EDUCAÇÃO	16
2.2	MDA	16
2.3	ENDO-GDC	18
2.4	SCRUM	19
2.5	UNITY	21
2.6	TABLETOP SIMULATOR	21
3	PROPOSTA	23
3.1	MOTIVAÇÃO	23
3.2	O JOGO ORIGINAL	23
3.3	CONCEITO	25
3.4	ENDO-GDC	27
3.5	OBJETIVOS PEDAGÓGICOS	27
3.6	O JOGO SEGUNDO O MODELO MDA	28
3.6.1	Mecânicas	28
3.6.2	Dinâmicas	31
3.6.3	Estéticas	31
3.7	ESTRUTURA DO JOGO	32
3.8	CASO DE USO	34
4	IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO SUPERBACTÉRIAS	40
4.1	ARQUITETURA MODEL-VIEW-CONTROLLER	40
4.1.1	Models	40
4.1.2	Controllers	41
4.1.3	Views	42
4.2	SISTEMA GAMESTEPS	44

5	AVALIAÇÃO DO JOGO COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL	51
5.1	METODOLOGIA	51
5.2	PERFIL DOS VOLUNTÁRIOS	52
5.2.1	Voluntários/Idade	53
5.2.2	Voluntários/Ano	53
5.2.3	Voluntários/Preferência/Facilidade	54
5.3	PERGUNTAS NÃO RELACIONADAS AO PERFIL	55
5.3.1	O que você aprendeu com o uso do jogo?	55
5.3.2	O que você não entendeu do jogo?	56
5.3.3	O que você removeria do jogo?	56
5.3.4	O que você mudaria ou adicionaria no jogo?	56
5.3.5	Você achou o jogo apropriado para a sua faixa etária?	56
5.3.6	Quais dos termos abaixo você já tinha ouvido falar antes do jogo?	56
5.4	RESULTADOS	57
5.4.1	Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco relevante e 5 muito relevante, como você avalia a capacidade do jogo em mudar sua percepção sobre os seguintes temas?	57
5.4.2	Depois de jogar o Superbactérias, a sua curiosidade sobre o tema aumentou?	58
5.5	CRÍTICAS E MELHORIAS	59
5.5.1	Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito baixo e 5 muito alto, como você avalia os seguintes pontos do jogo	59
5.5.2	Você teve algum problema técnico pra executar ou durante a execução do jogo? (Travamentos, imagens fora do lugar, mensagens de erro)	59
6	CONCLUSÃO	61
6.1	TRABALHOS FUTUROS	61
	REFERÊNCIAS	63
	ANEXO A – CARTILHA COM REGRAS DO JOGO ANALÓGICO ORIGINAL	65

1 INTRODUÇÃO

1.1 O PROBLEMA DAS SUPERBACTÉRIAS

As superbactérias representam uma séria questão de saúde pública global, representando uma das maiores ameaças à saúde humana e animal atualmente. A resistência bacteriana, responsável por 1,27 milhão de mortes em 2019, constitui-se como uma das principais causas de mortalidade mundial e com maior impacto nos países de baixa renda, isto é, aqueles com Produto Interno Bruto (PIB) abaixo de 750 dólares atualmente (MURRAY et al., 2022).

Adicionalmente, em condições normais, as bactérias podem desenvolver um novo mecanismo de defesa, por meio de mutação, em cerca de dez dias, enquanto a descoberta de um novo antimicrobiano pode levar de 1 a 10 anos. Em 2017, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que estamos enfrentando uma crise global de escassez de antimicrobianos (GUO et al., 2022).

As superbactérias são cepas bacterianas que possuem resistência contra a maioria dos antimicrobianos e outros medicamentos comumente utilizados no tratamento de infecções causadas por elas. O uso inadequado e desnecessário de antimicrobianos, bem como o descarte inadequado de medicamentos e o uso excessivo de antimicrobianos na agricultura, criam uma pressão seletiva que favorece o desenvolvimento e seleção de bactérias resistentes. Esse processo inadvertidamente leva à criação de cepas de superbactérias, tornando difícil o tratamento eficaz de infecções causadas por esses organismos no futuro (JACOME; GONZALES-ZUBIATE, 2019).

É essencial evitar certas práticas a fim de não promover o surgimento de superbactérias. Dentre elas estão: negligenciar as práticas conhecidas de prevenção de infecções hospitalares; descartar antimicrobianos e outros medicamentos de forma inadequada, contaminando o solo e a água; fazer uso de antimicrobianos ou outros medicamentos sem prescrição médica, ou de maneira desnecessária (ZHOU et al., 2014). Tais práticas contribuem para o surgimento de superbactérias, apesar de muitas pessoas não estarem conscientes desse fato.

1.2 AS SUPERBACTÉRIAS COMO UM PROBLEMA EDUCACIONAL

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o número de óbitos relacionados à resistência bacteriana pode alcançar 10 milhões nos próximos 35 anos (JACOME; GONZALES-ZUBIATE, 2019). Portanto, é absolutamente crucial que as futuras gerações sejam conscientizadas sobre as medidas de prevenção do surgimento de superbactérias. Uma abordagem para reverter essa perspectiva preocupante é a implementação de cam-

panhas e iniciativas educacionais direcionadas a crianças e adolescentes, como mostra o estudo Rousounidis et al. (2011).

Além disso, Agarwal, Yewale e Dharmapalan (2015) realizaram uma pesquisa com pais e cuidadores de crianças e adolescentes que aponta que, apesar dos participantes terem noção dos riscos associados ao uso excessivo de antimicrobianos, o que prevalece é a falta de conhecimento sobre o uso e indicações desses remédios. Mais interações com pediatras e o envolvimento da mídia pode ajudar a melhorar o conhecimento sobre antimicrobianos, bem como as práticas adotadas por pais e cuidadores, tendo como consequência o controle do problema da resistência antimicrobiana.

Zhang et al. (2018) propõem uma intervenção educacional em escolas para promover a construção de conhecimentos em crianças, adolescentes e seus pais e cuidadores sobre o uso racional de antimicrobianos.

Um outro estudo qualitativo realizado com uma equipe de farmacêuticos na Escócia (TONNA et al., 2020) destacou uma lacuna na ênfase dada ao conceito de Gestão Antimicrobiana (FISHMAN, 2006) durante a formação desses profissionais. Esse resultado reforça a possibilidade de que profissionais de outras áreas também apresentem déficits no conhecimento sobre esse tema. Esse problema também foi mostrado por Abbo et al. (2013), em um estudo onde 98% dos graduandos/graduados entrevistados acreditavam que as instituições deveriam dedicar mais esforços no ensino de Gestão Antimicrobiana durante o curso, e que 32% dos entrevistados não acreditava ter facilidade para encontrar fontes confiáveis de informação para tratar infecções.

Em conclusão, o problema das superbactérias, além de ser uma questão de saúde, também é um problema educacional, que merece soluções dentro da área de ensino. Por isso, este trabalho se propõe a apresentar um jogo educacional sobre superbactérias, de forma a conscientizar estudantes sobre o uso racional de remédios antimicrobianos.

1.3 METODOLOGIA

Com o objetivo de alcançar essa meta, o jogo foi desenvolvido com base nos princípios do modelo MDA (Mechanics-Dynamics-Aesthetics) de Game Design.

Além disso, durante o processo de desenvolvimento, foram utilizadas ferramentas teóricas, como o Game Design Canvas Endo-GDC (TAUCEI, 2019), que permitiu um processo colaborativo de criação, e a metodologia ágil Scrum (SUTHERLAND, 2014), que proporcionou entregas iterativas e práticas ao longo do desenvolvimento do projeto.

Como ferramenta de desenvolvimento para criação de jogos foi usada a Unity (UNITY, 2023), e o Tabletop Simulator (TABLETOPSIMULATOR, 2023) foi usado como ferramenta de prototipagem para discutir as regras.

O projeto foi desenvolvido com base em um protótipo pré-existente construído no PowerPoint (OLIVEIRA et al., 2021a). Os principais elementos pedagógicos desse protótipo foram aproveitados e incorporados à versão final apresentada neste trabalho.

1.4 ESTRUTURA DO TEXTO

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No Capítulo 2, apresentamos conceitos necessários para o entendimento do nosso jogo educativo Superbactérias e argumentamos acerca das escolhas tomadas durante a fase de concepção e a fase de desenvolvimento do jogo. No Capítulo 3, apresentamos a proposta do jogo, elucidando os seus objetivos pedagógicos, a estrutura e o game design do jogo. No Capítulo 4, entramos em detalhes na implementação do jogo e argumentamos sobre as decisões de engenharia de software que foram tomadas no seu desenvolvimento. No Capítulo 5, apresentamos a avaliação do projeto, explicando a metodologia utilizada e os resultados encontrados. Por fim, no Capítulo 6, fazemos as considerações finais sobre o trabalho e sobre propostas futuras.

2 REVISÃO

Neste capítulo abordamos o conceito de MDA, a ferramenta Endo-GDC destinada à construção teórica do jogos, o gerenciamento de projeto em Scrum, e também as ferramentas Unity e Tabletop Simulator destinadas ao desenvolvimento do jogo

2.1 O FENÔMENO CULTURAL DOS VIDEOGAMES E SUA ATUAÇÃO NA EDUCAÇÃO

Os videogames têm se destacado como um fenômeno cultural significativo. Com o aumento contínuo de sua sofisticação e acessibilidade ao longo dos anos, eles se tornaram uma parte integrante da cultura popular, especialmente entre adolescentes e jovens adultos. Sua popularidade tem crescido de maneira constante, com um impulso adicional após o surgimento da pandemia. (VUORRE, 2021).

Videogames possuem um tremendo potencial educacional. Um bom jogo educativo não apenas alimenta o jogador com informações, mas o estimula a utilizar o conhecimento apresentado para resolver problemas através dos desafios propostos durante uma partida. Squire e Jenkins (2003) mostram que estudantes que aprendem em um contexto de solução de problemas tendem a reter mais informações. Além disso, o estudo também argumenta que os jogos educativos facilitam aos estudantes aplicarem os conhecimentos adquiridos ao contexto do seu dia-a-dia.

Apesar de ainda haver a necessidade de mais comprovações científicas, o uso de videogames na educação rende melhores resultados nas áreas de ciências, matemáticas e linguagens do que mídias convencionais. Além disso, usar jogos em primeira pessoa para treinar habilidades de atenção perceptiva e usar jogos de puzzles espaciais para treinar habilidades de percepção espacial em duas dimensões são promissores (MAYER, 2019).

Assim, no cenário educacional atual, onde a tecnologia desempenha um papel cada vez mais importante, os jogos educativos são uma opção promissora para apoiar e enriquecer o processo de ensino-aprendizagem.

No entanto, é imprescindível enfatizar que a incorporação de jogos na educação requer que os educadores compreendam como aproveitar o potencial dessa tecnologia e como integrar os jogos aos ambientes de aprendizagem convencionais de forma adequada (SHAFFER et al., 2005).

2.2 MDA

O modelo MDA (*Mechanics-Dynamics-Aesthetics*) é uma metodologia teórica para a análise de jogos, classificando seus componentes em três categorias distintas: mecânicas,

dinâmicas e estéticas. Essas categorias permitem uma compreensão mais aprofundada dos elementos fundamentais, das interações em jogo e das experiências estéticas proporcionadas pelo jogo (HUNICKE et al., 2004).

As mecânicas de um jogo referem-se às ações, comportamentos, mecanismos e regras fundamentais que compõem sua estrutura. Elas representam as ações básicas que os jogadores podem realizar durante o jogo. Por exemplo, em um jogo de cartas, comprar uma carta do baralho e colocá-la na mesa são exemplos de mecânicas. Da mesma forma, em um jogo de plataforma *sidescroller*, como Mario, as mecânicas podem incluir andar e pular. Essas mecânicas formam a base das interações e possibilidades disponíveis para os jogadores durante o jogo.

As dinâmicas de um jogo são os comportamentos que surgem das interações entre o jogador e as mecânicas do jogo, assim como das interações entre as próprias mecânicas. Por exemplo, em um jogo baseado em turnos, a mecânica que estabelece que cada jogador joga após o outro gera a dinâmica de que cada jogador tem seu próprio turno para jogar. Em um jogo de cartas, a dinâmica pode envolver a habilidade do jogador em memorizar as cartas do baralho, acompanhar as cartas jogadas na mesa e inferir quais cartas ainda podem estar no baralho e nas mãos dos outros jogadores (conhecido informalmente como "contar cartas"). Já em um jogo de plataforma *sidescroller*, como Mario, a dinâmica que emerge das mecânicas de andar e pular é que o jogador pode superar obstáculos se tiver habilidade suficiente para pular sobre eles, ou pode atacar com armas, ou contornar os obstáculos por outros caminhos. Todas as dinâmicas se baseiam no uso das mecânicas com certa intenção. Essas dinâmicas tornam o jogo mais complexo e desafiador, proporcionando diferentes experiências de jogo (ABBOTT, 2010).

As estéticas de um jogo referem-se às emoções, sensações e experiências que surgem na perspectiva do jogador, seja emocionalmente, sensorialmente ou narrativamente. Elas descrevem o que torna um jogo divertido, analisando os elementos que compõem seu apelo. Por exemplo, no jogo Mario, uma das estéticas gira em torno do desafio. As fases atuam como cursos de obstáculos, em que o jogador deve evitar inimigos e buracos para chegar até o fim no tempo limite. O jogador está emocionalmente envolvido em alcançar o final. Por isso, o jogo precisa fornecer informações claras sobre qual erro foi cometido quando o personagem perde uma vida. Além disso, o jogador pode ficar frustrado se ele acreditar que não tem chances de chegar até o final da fase, e o jogo pode perder seu interesse (KUSUMA et al., 2018) (TEKINBAS; ZIMMERMAN, 2005).

O modelo MDA foi escolhido nesse trabalho por promover um entendimento mais preciso do jogo em desenvolvimento. Ele torna mais claras as interseções entre o *game design* e o desenvolvimento, e fortalece o processo iterativo dos desenvolvedores ao tornar fácil a decomposição dos aspectos de design e das funcionalidades do jogo.

2.3 ENDO-GDC

O Endo-GDC é um Game Design Canvas específico para descrever jogos educacionais durante a fase de concepção. Ele consiste em 12 seções que estimulam a reflexão sobre diferentes aspectos do jogo (TAUCEI, 2019), e especialmente sobre os objetivos pedagógicos do jogo. Essas seções estão divididas em 6 blocos distintos:

- bloco jogador, cinza:
 - seção problema;
 - seção jogador/aluno;
- bloco aprendizado, em laranja:
 - seção conteúdo pedagógico;
 - seção objetivos de aprendizado;
- bloco narrativa, em rosa:
 - seção história do jogo;
 - seção objetivos do jogo;
- bloco gameplay, em amarelo:
 - seção mecânicas;
 - seção dinâmicas;
 - seção estética;
 - seção inspirações
- bloco experiência do usuário, em verde:
 - seção feedbacks educativos;
- bloco tecnologia, em azul:
 - seção restrições.

Como o Endo-GDC foi escolhido durante a etapa de conceitualização do projeto, os desenvolvedores tiveram a oportunidade de propor um problema a ser abordado. Além disso, esse canvas reforçou o conteúdo pedagógico que é abordado no jogo em desenvolvimento, garantindo que o objetivo do trabalho não fosse desvirtuado que o jogo integre o conteúdo abordado ao seu próprio funcionamento.

O Endo-GDC também permitiu equilibrar de forma mais satisfatória a parte de entretenimento com o conteúdo pedagógico, pois inclui seções dedicadas a mecânicas, dinâmicas e estéticas do jogo. Isso apoia o objetivo que o jogo seja educativo e, ao mesmo tempo, envolvente e divertido para os jogadores.



Figura 1 – EndoGDC, suas seções e seus blocos. Fonte: (TAUCEI, 2019)

2.4 SCRUM

Scrum é um *framework* ágil amplamente utilizado para o gerenciamento de projetos. Criado na década de 1990, ele se estabeleceu como uma das metodologias ágeis mais populares (STATEOFAGILE, 2021). O Scrum se concentra na organização e desenvolvimento de projetos, adotando princípios como *sprints*, entregas incrementais, busca contínua por melhorias, *feedbacks* imediatos e avaliação de resultados. Embora seja frequentemente aplicado em equipes de desenvolvimento de software, o Scrum pode ser usado em projetos de diferentes naturezas que exigem colaboração em equipe.

No Scrum, uma prática recomendada é a criação de um *backlog* durante o início do projeto, que consiste em uma lista de tarefas organizada por prioridade. O responsável por montá-lo é o *product owner*, cujo papel é propor a visão do projeto e assegurar que seja algo realizável pela equipe, além de considerar a viabilidade comercial (no caso de um produto). O *product owner* também é responsável por garantir que cada entrega feita pela equipe agregue valor ao projeto.

Sprints são períodos de tempo curtos nos quais a equipe se dedica à execução de um conjunto de tarefas acordadas, que trarão valor ao projeto. A Figura 2 ilustra o seu funcionamento. Cada *sprint* começa com o planejamento detalhado das tarefas a serem realizadas, com a equipe assumindo um compromisso genuíno de concluí-las. Ao final

do período determinado, a *sprint* é encerrada com uma reunião em que a equipe revisa o trabalho realizado, demonstra o progresso alcançado e realiza uma reflexão sobre os acertos e desafios encontrados durante o processo (SUTHERLAND, 2014).

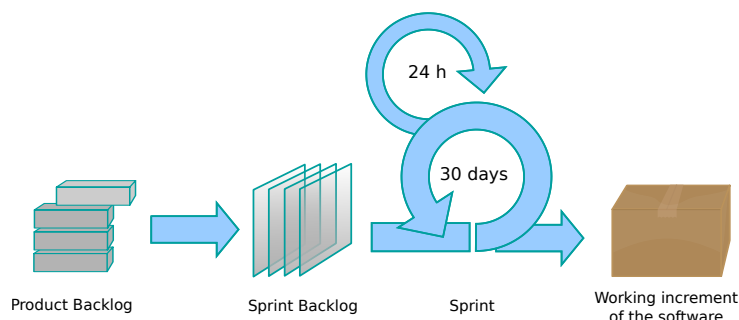


Figura 2 – Processo Scrum. Fonte: Lakeworks, via Wikimedia Commons

O método Scrum é frequentemente contrastado com o método cascata (também conhecido como modelo *waterfall* ou método tradicional), fornecendo uma abordagem alternativa. No método cascata, ilustrado na Figura 3, o projeto é planejado por completo durante a fase de concepção, seguindo um cronograma fixo, com entregas sequenciais em fases distintas. Esse método é inflexível e não se adapta bem a mudanças que possam ocorrer ao longo do projeto, pois cada alteração requer novos planejamentos extensos. Além disso, o método cascata apresenta uma vulnerabilidade, uma vez que o valor real do projeto pode não ser completamente conhecido durante a fase inicial de planejamento. (BECK et al., 2001)

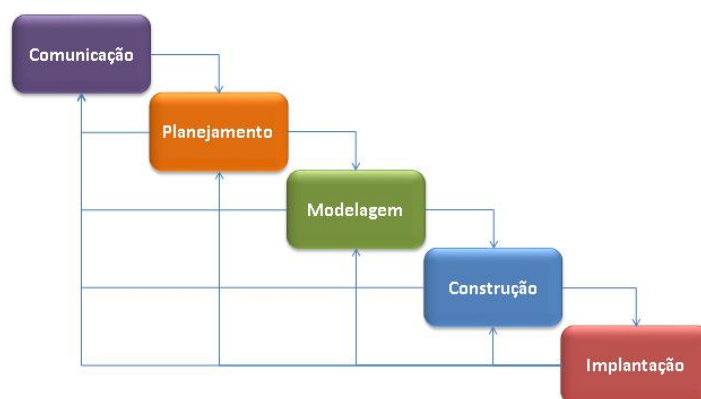


Figura 3 – Método cascata (modelo *waterfall*) Fonte: Pressman 2010

Em contraste, o método Scrum é flexível em relação a mudanças e cada *sprint* é projetada para agregar valor contínuo ao produto em desenvolvimento. Os *stakeholders* participam ativamente do processo de revisão e fornecem *feedbacks* constantes, permitindo ajustes e melhorias ao longo do tempo.

Por todas as vantagens elencadas acima, o Scrum foi escolhido para ser adotado nesse projeto.

2.5 UNITY

A Unity é uma plataforma amplamente adotada no desenvolvimento de jogos, fornecendo uma ampla gama de ferramentas e recursos que simplificam o trabalho dos desenvolvedores. Com a Unity, é possível criar animações, capturar as entradas do jogador e gerar *builds* eficientes para diversas plataformas (UNITY, 2023).

A escolha da Unity como *engine* do projeto ofereceu uma base sólida e familiar para o desenvolvimento do jogo. Através da ampla gama de funcionalidades disponíveis na plataforma, pudemos implementar as mecânicas e dinâmicas do jogo de maneira eficiente. Além disso, a experiência prévia de um dos membros da equipe com a Unity acelerou o processo de desenvolvimento. A Figura 4 expõe o ambiente de desenvolvimento do editor da Unity.

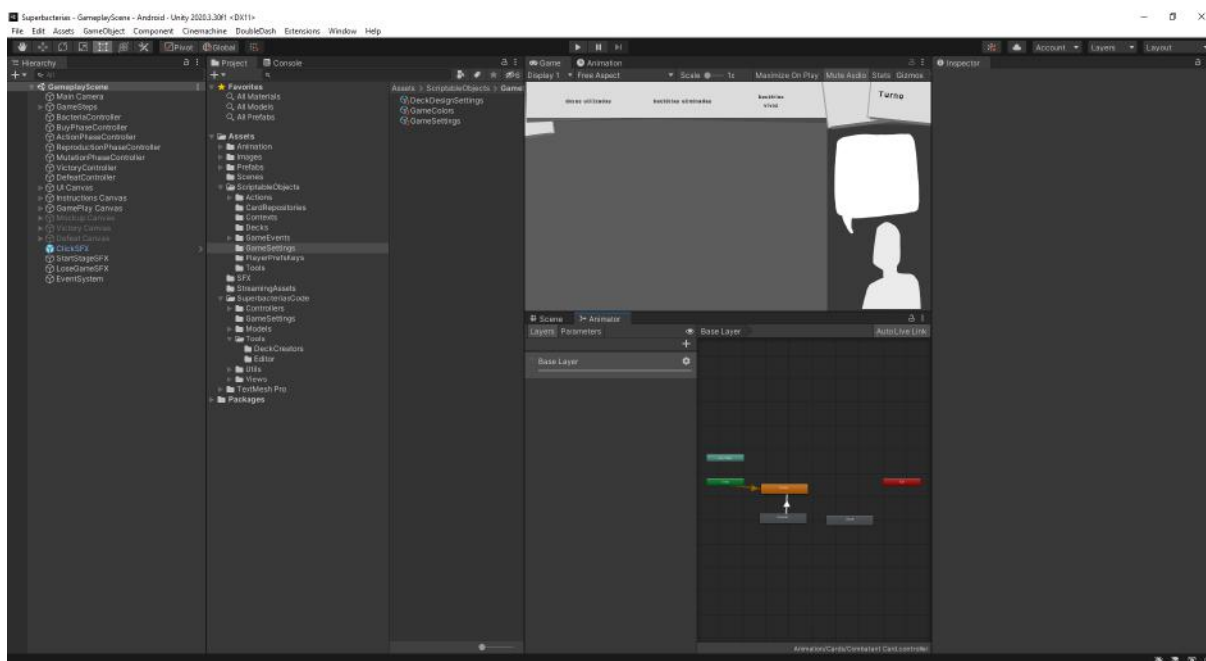


Figura 4 – O ambiente de desenvolvimento do jogo na Unity.

2.6 TABLETOP SIMULATOR

No projeto, o tempo de desenvolvimento de novas mecânicas, além de eventuais ajustes no seu funcionamento, estava sendo longo demais. Por isso, surgiu a necessidade de um ambiente de prototipação mais ágil e mais flexível a mudanças, para economizar tempo. Para atender a esse propósito, foi selecionado o Tabletop Simulator (TABLETOPSIMULATOR, 2023), um simulador de jogos de tabuleiro, como uma ferramenta auxiliar nessa etapa do trabalho. Essa escolha permitiu importar facilmente o baralho e realizar algumas partidas, mesmo que a implementação correspondente ainda não estivesse concluída na plataforma Unity. Assim, o Tabletop Simulator ofereceu um ambiente que permitiu facil-

mente montar os baralhos, visualizar a aparência das cartas e compartilhar o progresso do projeto com as partes interessadas, incluindo todos os envolvidos no desenvolvimento do jogo.

O Tabletop Simulator ofereceu a vantagem de modificar rapidamente as regras do jogo, sem interferir no desenvolvimento em andamento. Essa flexibilidade permitiu ajustes e iterações constantes, melhorando a experiência de jogo e facilitando a identificação de problemas e possíveis melhorias. Além disso, o simulador possibilitou uma prototipagem ágil, permitindo a criação e teste eficientes de diferentes iterações do jogo. Essa abordagem contribuiu significativamente para o desenvolvimento iterativo e aperfeiçoamento das mecânicas e dinâmicas do jogo, enquanto proporcionava uma interação acessível e prática com os envolvidos no projeto.

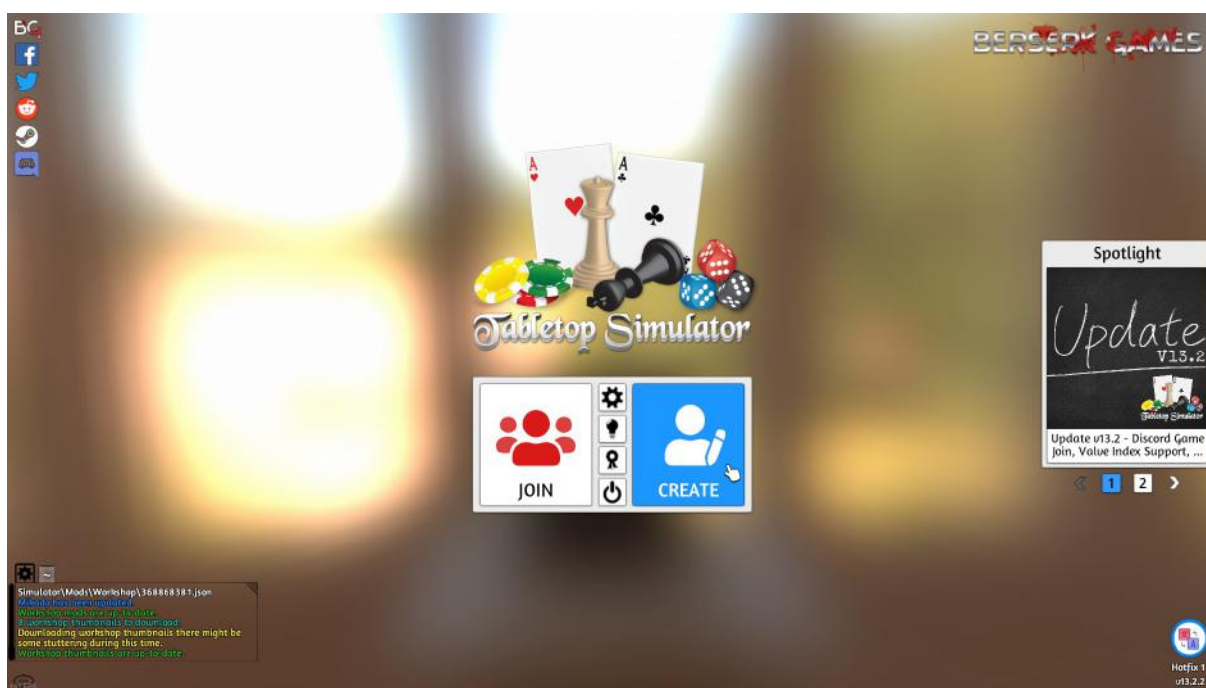


Figura 5 – A tela de menu inicial do Tabletop Simulator.

3 PROPOSTA

Como apontado por (FISHMAN, 2006) a educação é um dos principais pilares para o sucesso no gerenciamento antimicrobiano, porém até setores mais especializados como farmacêuticos (TONNA et al., 2020) ou até físicos e enfermeiros (RAZZAQUE, 2021) possuem conhecimentos defasados sobre o tema, o que demonstra que apesar dos esforços atuais para conter o surgimento de superbactérias, a população ainda possui um conhecimento crítico insuficiente sobre essa questão. Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar um jogo eletrônico educativo destinado a estudantes do Ensino Médio. Essa ferramenta lúdica e interativa tem como propósito ensinar de maneira envolvente o conceito de superbactérias, como ocorre o seu surgimento e as medidas necessárias para combatê-las, bem como a importância do uso responsável de antimicrobianos. Ao proporcionar uma experiência de aprendizagem engajadora, o jogo capacita a população a adquirir conhecimentos essenciais para evitar práticas que favorecem o desenvolvimento de superbactérias, estimulando o pensamento crítico e a tomada de decisões conscientes.

3.1 MOTIVAÇÃO

Através do orientador deste trabalho, Geraldo Xexéo, foi estabelecido o contato com a professora e pesquisadora, Suellen de Oliveira, que havia desenvolvido um jogo feito no PowerPoint (OLIVEIRA et al., 2021a) para ensinar a estudantes sobre resistência antimicrobiana durante a pandemia. Então, foi sugerido que os integrantes do grupo aproveitassem esse trabalho para expandir a iniciativa e implementar uma versão digital e melhorada desse jogo. A versão no PowerPoint já havia sido apresentada em sala de aula, e portanto, já havia passado por uma pequena validação. Logo, a parceria foi aceita.

3.2 O JOGO ORIGINAL

O jogo original, descrito por Oliveira et al. (2021a), representava uma das quatro atividades de uma oficina de educação sexual (OLIVEIRA et al., 2021a). A cartilha utilizada nessa oficina pode ser vista no ???. Nela, estão descritas as regras desse jogo. Dois jogadores assumiam o papel das bactérias em um jogo contra os antimicrobianos. Usando um baralho físico de Uno (MATTEL, 2023) removendo todas as cartas de fundo preto (apenas as cartas coloridas sobravam). Estas cartas foram divididas em dois baralhos, um que representaria as bactérias e outro os antimicrobianos. O início da partida era marcado quando um jogador mediador distribuía 5 cartas de bactérias pra cada jogador. Os jogadores então colocavam as bactérias viradas pra cima. Após isso, o mediador dava 4 opções de cartas de antimicrobianos para cada jogador escolher 2 delas e jogar contra as

bactérias do adversário. Em seguida, a cor das cartas de antimicrobianos escolhidas eram comparadas com a cor das cartas de bactérias por cada jogador. As bactérias que possuíam cores iguais às cores do antimicrobiano possuíam mecanismos de resistência a eles e por isso sobreviviam. Já as demais bactérias eram eliminadas, tendo seu verso virado pra cima. As bactérias sobreviventes se reproduziam por reprodução binária, portanto cada jogador receberia um número de cartas variado nessa etapa. As novas cartas poderiam ser de cores diferentes, o que representava um processo de mutação entre uma geração e outra. Caso o jogador não tivesse nenhuma bactéria viva, ele recomeçava o jogo, desvirando as cartas da primeira fileira, que correspondiam à primeira geração de bactérias. Esse processo, tirando a distribuição inicial de bactérias, se repetia por 4 rodadas. O jogador pontuava por quantidade de bactérias vivas e por quantidade de mutações adquiridas. No fim, o jogador com mais pontos venciam. Posteriormente, uma versão do jogo fez parte da iniciativa *CienciArte no Ensino* (OLIVEIRA et al., 2021b). Nesta nova versão o jogo possuía um baralho próprio com 60 cartas, 44 de bactérias e 16 de antimicrobianos, além de contar com novas regras e novas condições de vitória.

Com o advento da pandemia causada pelo Coronavírus (HISCOTT et al., 2020) começou a se pensar em como continuar a distribuir a atividade mesmo com a limitação de isolamento. Surgiu então a ideia de se fazer uma versão digital do jogo, com o seu primeiro protótipo no PowerPoint.

No jogo feito no *PowerPoint*, o usuário é situado no papel de um médico e precisa combater cartas de bactérias jogando cartas de antimicrobianos contra elas. Os mecanismos de resistência das bactérias são representados por suas cores, e, de forma análoga, os tipos de tratamentos dos antimicrobianos também são suas cores. Assim, quando uma bactéria vermelha, por exemplo, é atacada por um antimicrobiano também vermelho, isso quer dizer que ela possui mecanismos de resistência contra esse tratamento, e, portanto, ela sobrevive. Mas todas as bactérias de cores diferentes morrem. Além disso, o jogo funciona em rodadas, que possuem duas fases: a fase de ação do jogador e a fase de ação do tabuleiro. Na fase de ação do jogador, ele escolhe um antimicrobiano. Já na fase de ação do tabuleiro, as bactérias sobreviventes se reproduzem por reprodução binária (dobram em número) e também sofrem mutações (adquirindo cores adicionais, que representam novos mecanismos de resistência adquiridos). Quando não há mais bactérias presentes no tabuleiro, o jogo termina, selando a vitória do jogador e a derrota das bactérias. De maneira análoga, se os slides do *PowerPoint* acabarem e ainda houver bactérias no tabuleiro, o jogador perde.

No entanto, essa versão apresenta muitas limitações. O jogador poderia quebrar o fluxo de jogo clicando fora dos antimicrobianos e avançando de slide. A quantidade limitada de páginas inviabilizava a construção de uma grande quantidade de cenários possíveis. Portanto, o fator de rejogabilidade era baixo, já que o jogador experencia todos os cenários

possíveis do jogo em poucas gameplays. Além disso, o próprio trabalho de montar as fases e escolhas do jogador é demasiado custoso e pouco propenso a modificações.

Na Figura 6, pode ser vista uma partida em andamento no protótipo no *Powerpoint*. Vemos uma bactéria amarela se reproduzindo e adquirindo um novo mecanismo de resistência, representado pela cor verde que se junta a ela. Em seguida, o jogador escolhe utilizar um antimicrobiano amarelo, que não tem efeito já que todas as bactérias em campo já possuem esta cor e portanto possuem mecanismos de resistência contra esse tratamento.



Figura 6 – Versão inicial do jogo prototipada no *Powerpoint* pela professora Suellen de Oliveira. Fonte: Jogo em Powerpoint Superbactérias

3.3 CONCEITO

O jogo situa a jogadora no papel de uma médica que está atendendo pacientes infectados. A jogadora precisa realizar tratamentos com remédios antimicrobianos para eliminar as infecções. O desafio é acertar o tratamento correto que irá derrotar as bactérias, sem permitir que estas adquiram mecanismos de resistência aos tratamentos.

A concepção inicial do nosso trabalho era que ele fosse um jogo educativo, pois os integrantes do grupo, além da paixão por jogos, já possuíam experiência prévia em *game dev*, por fazer parte do grupo GDP-UFRJ. Além disso, acreditamos que projetar um jogo é uma boa forma de pôr em prática os ensinamentos adquiridos durante a graduação em Ciência da Computação, como arquitetura de software, *frameworks* de metodologias ágeis, engenharia de software, linguagens de programação, *game engines*, e mais. Optamos por pegar a primeira versão virtual do jogo, feita em PowerPoint, e fazer uma versão desenvolvida em Unity, dessa forma resolveríamos as principais dores do jogo inicial: aleatoriedade, quantidade de cenários possíveis, e também o trabalho envolvido em qualquer escalabilidade.

Na Figura 7 temos a primeira versão feita na Unity, com a jogadora no papel de médica (como está na versão final) e sem as artes da versão final.

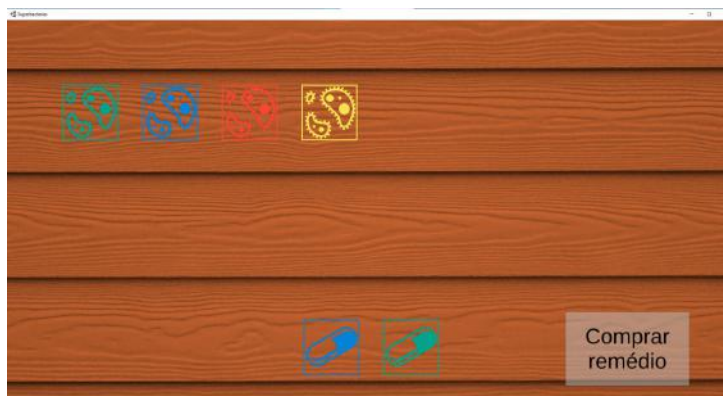


Figura 7 – Print do primeiro protótipo desenvolvido. Fonte: Os autores

Na Figura 8 é mostrado como usamos a ferramenta do Tabletop Simulator para prototipar, mudar, testar e validar versões do jogo sem investir grandes quantidades de tempo, o que nos ajudou a chegar na versão demonstrada na Figura 9.



Figura 8 – *Print* do protótipo desenvolvido no Tabletop Simulator. Fonte: Os autores

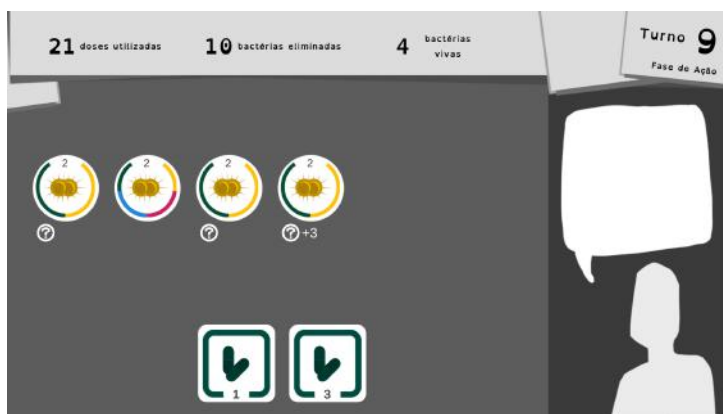


Figura 9 – Tela da versão atual do jogo. Fonte: Os autores

3.4 ENDO-GDC

O canvas Endo-GDC foi utilizado na concepção do jogo, contendo os seus objetivos pedagógicos, mecânicas, dinâmicas, estéticas e outros pontos do seu funcionamento. O canvas pode ser visto na Figura 10.

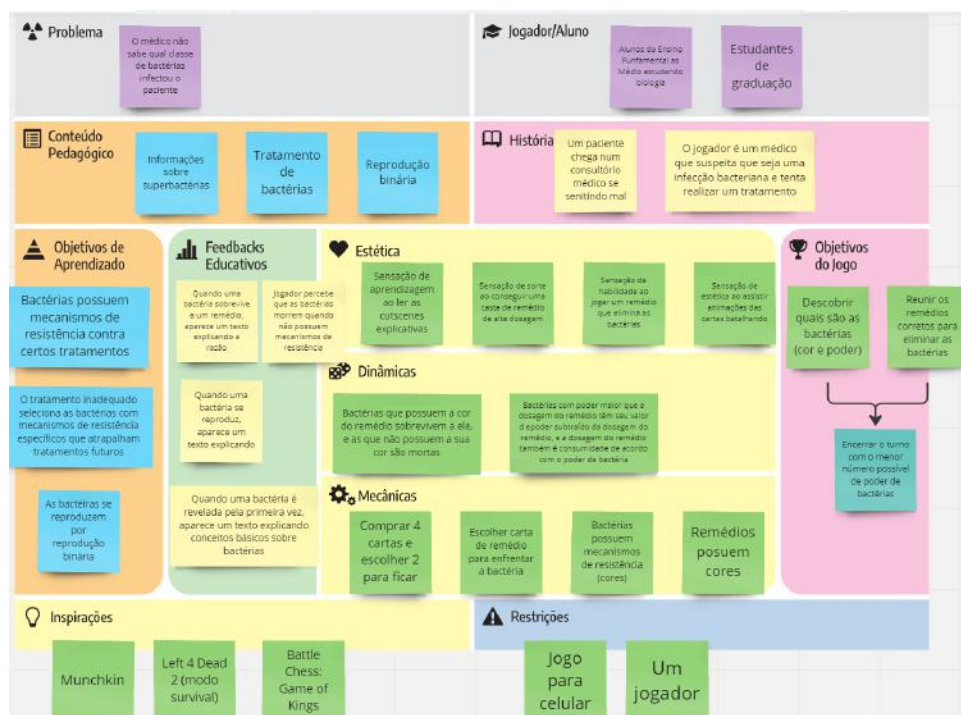


Figura 10 – Canvas Endo-GDC do jogo Superbactérias. Fonte: Os autores

3.5 OBJETIVOS PEDAGÓGICOS

Esta seção abordará o conteúdo pedagógico do nosso jogo e também quais os objetivos pretendemos alcançar. Além da experiência lúdica, e através dela, temos como objetivo também combater a defasagem do conhecimento da população na importância do Gerenciamento de Antimicrobianos, já que a Educação é uma das 6 engrenagens que movem esse mecanismo (FISHMAN, 2006).

O foco das informações trazidas e demonstradas no nosso jogo foram as mais relevantes para a conscientização e pensamento crítico do público alvo a respeito do tema. Essas informações são:

- **Uso desnecessário e inapropriado de antimicrobianos:** O jogo demonstra que, mesmo que um tratamento seja efetivo no combate de uma infecção, as bactérias que possuem mecanismos de resistência a ele sobrevivem, e continuam sendo capazes de se reproduzir. Ou seja, é simulada a pressão seletiva que é exercida sobre as bactérias quando submetidas a um tratamento antimicrobiano.

- **Necessidade de novos remédios e vacinas:** Esperamos que o jogador perceba que, uma vez que uma bactéria possui mecanismos de resistência contra um certo remédio, ela não pode ser eliminada com esse tratamento e precisa de novos remédios para lidar com a infecção. Além disso, uma das condições de derrota - o surgimento de uma superbactéria - tem o intuito de mostrar ao jogador que nenhum remédio do baralho é capaz de derrotar essa bactéria, e de gerar assim anseio por um novo medicamento.
- **Diagnósticos Aprimorados:** As bactérias se encontram inicialmente viradas para baixo no tabuleiro e o jogador não possui informações sobre seus mecanismos de resistência. A mecânica de revelar a cor de uma bactéria após um antimicrobiano da mesma cor ser utilizado e também a carta da Nota da OMS têm como propósito demonstrar a necessidade de um diagnóstico preciso no tratamento de bactérias.

3.6 O JOGO SEGUNDO O MODELO MDA

O modelo MDA no projeto promoveu um entendimento mais preciso do jogo em desenvolvimento pois tornou mais claras as interseções entre o game design e o desenvolvimento.

Uma tabela contendo as mecânicas, dinâmicas e estéticas foi criada para a versão no Powerpoint, que pode ser vista na Figura 11. Mas essa tabela, após sofrer modificações sucessivas, atingiu uma versão final para o jogo Superbactérias, que é descrita nas subseções abaixo.

3.6.1 Mecânicas

- Escolher um antimicrobiano (jogar uma carta).
 - Precisamos que o jogo simule o comportamento do médico, que escolhe o melhor tratamento para o paciente.
- O antimicrobiano escolhido mata as bactérias que **não** são resistentes a ele.
 - Precisamos que a jogadora infira que o tratamento é ineficaz contra bactérias que possuem mecanismos de resistência contra ele.
- Quando uma bactéria é atacada por um antimicrobiano para o qual possui mecanismo de resistência, a sua cor é revelada.
 - Queremos que o jogador descubra as informações das bactérias através da experimentação e da tentativa e erro.
- Todas as bactérias sobreviventes se reproduzem por divisão binária.
 - Precisamos que o jogo simule a reprodução por divisão binária.

Mecânicas	Dinâmicas	Estética
<ul style="list-style-type: none"> - O jogo se divide em rodadas - Cada rodada possui duas fases: ação do jogador e ação do tabuleiro - Na ação do jogador, ele escolhe um antimicrobiano - Na ação do tabuleiro, as bactérias sobreviventes se multiplicam e sofrem mutação - Bactérias se multiplicam por divisão binária - Ao sofrerem mutação, bactérias ganham uma cor nova (novo mecanismo de resistência) - Antimicrobiano escolhido mata bactérias com cor diferente da dele - A cada fase de ação do jogador, aparece um número aleatório entre 1 e 4 de antimicrobianos para ele escolher com cores aleatórias que não se repetem na mesma rodada - O jogador vence quando todas as bactérias são derrotadas pelos antimicrobianos 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejar quais bactérias sobreviveriam para cada antimicrobiano disponível na fase de ação do jogador - Jogo por turnos - Surgimento de uma superbactéria (bactéria com todas as cores) - Número de bactérias do tabuleiro depende de quantas bactérias estavam vivas nas rodadas anteriores 	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia - Competição contra bactérias - Sensação de ter feito uma escolha certa ao ver o número de bactérias diminuir - Sensação de ter feito uma escolha errada ao ver o número de bactérias aumentar exponencialmente

Figura 11 – Mecânicas, dinâmicas e estéticas da versão inicial do jogo prototipada no *PowerPoint* pelos autores do jogo original.

- Quando uma bactéria se reproduz, existe uma chance de ela sofrer mutação
 - Precisamos que o jogo simule, simplificadamente, a mutação.
- Na mutação, uma bactéria pode ganhar uma nova cor, ganhar mais poder, perder poder (mutação prejudicial) ou não acontecer nada (mutação neutra).
 - O jogo mostra que uma mutação é apenas uma modificação, não necessariamente uma "melhora", podendo inclusive ser prejudicial à bactéria.
- O jogo é por turnos, compostos por fase de compra, fase de ação, fase de reprodução e fase de mutação.
 - O jogo é dividido em etapas claras para facilitar o entendimento do jogador.
- O baralho de tratamentos tem antimicrobianos com 1 a 4 de poder, contendo 4 duplicatas de cada antimicrobianos com cada valor e com cada uma das quatro cores. Além disso, também possui 10 cartas de Nota da OMS, totalizando 74 cartas.
- O jogador compra apenas uma carta por turno, mas pode escolher qual comprar entre duas cartas retiradas do topo do baralho, mas no primeiro turno, pode comprar duas entre quatro cartas mostradas.

- Ao ser comprada, uma carta de Nota da OMS realiza seu efeito imediatamente, que é revelar todas as informações acerca da bactéria desconhecida mais à esquerda no campo.
 - O jogo simula informações externas chegando ao conhecimento do médico que o auxiliam no tratamento.
- Ao executar o efeito de uma carta de Nota da OMS, o jogador pode comprar mais uma carta do baralho de tratamentos.
 - O jogo convida a jogadora a planejar suas ações e a prever os seus resultados para os próximos turnos.
- O baralho de bactérias tem bactérias com 1 a 4 de poder, contendo 4 duplicatas de cada bactéria com cada valor e com cada uma das quatro cores, totalizando 64 cartas.
- Ao iniciar o jogo, duas cartas de bactérias são sorteadas do baralho de bactérias e são postas em campo.
 - O paciente vem com uma infecção aleatória dentre um conjunto pré-montado de bactérias.
- As cartas de bactéria (oriundas da compra na primeira rodada, ou de reprodução nas subsequentes) sempre vão para o tabuleiro com a sua face (que contém suas informações de poder e mecanismos de resistência) voltada para baixo.
- O jogador perde exatamente três turnos após o surgimento da primeira superbactéria.
 - O jogo permite que se passem três turnos após o surgimento de uma superbactéria para que a jogadora entenda a dificuldade que a resistência bacteriana traz aos tratamentos de infecções.
- O jogador perde quando o número de bactérias atinge 12.
 - Por conta da reprodução por divisão binária, chega um momento em que é impossível de vencer o jogo caso as bactérias acumulem muito poder.
- Se ao final do tratamento do antimicrobiano, houver zero bactérias sobreviventes, o jogador venceu.
- As bactérias só sofrem mutação a partir do terceiro turno. Porém, nesse turno, a chance de haver mutação é certa.

- Para evitar que a jogadora fique sobrecarregada com muitas informações, o jogo só permite que haja mutações a partir do terceiro turno. No entanto, a chance de ocorrer uma mutação nesse momento é certa, para garantir que o jogador experimente um dos principais objetivos pedagógicos do jogo.
- Cartas de Nota da OMS só aparecem a partir do quarto turno.
 - Como o item anterior, as cartas de OMS só aparecem a partir do quarto turno para evitar a sobrecarga de informações na jogadora.

3.6.2 Dinâmicas

- A cada turno, o jogador precisa lidar com o dobro de bactérias que ele não eliminou no turno anterior, graças à reprodução por divisão binária.
- Se o jogador permitir que as bactérias acumulem mais de 4 de poder, as suas chances de vencer são pequenas, pois ele só pode aplicar antimicrobianos com no máximo 4 de dose por turno.
- O jogador pode estar perdendo, mas dar sorte de as bactérias ganharem mutações prejudiciais, e virar o jogo a seu favor.
- O jogador pode se lembrar da cor de uma bactéria de uma pilha e inferir a cor de todo o resto da pilha. De forma análoga, também pode inferir sobre o poder da pilha.
- Quando surge uma superbactéria, o jogador tenta eliminá-la mas não consegue.

3.6.3 Estéticas

- O jogo desafia o raciocínio lógico e a habilidade de planejamento do jogador.
- Quando o jogador escolhe um antimicrobiano, ele precisa prever quais bactérias serão mortas e quais irão sobreviver.
- O jogador pode entender a importância do uso correto de antimicrobianos no combate às superbactérias.
- O jogador aprende o que deu errado quando perde uma partida, e pode melhorar seu desempenho em partidas futuras.
- O jogador pode sentir que desbloqueou um final especial ao perder para uma superbactéria.

3.7 ESTRUTURA DO JOGO

Foi criada uma outra versão baseada no protótipo de *PowerPoint*, porém usando a *game engine* Unity. Esta versão conta com um tabuleiro, cartas de bactérias que possuem cor, poder e mutações, e cartas de antimicrobianos que possuem cor e poder (dose). O jogo possui dois baralhos distintos: o baralho da jogadora (médica) e o baralho do tabuleiro (bactérias). O primeiro possui 64 cartas de antimicrobianos, com 4 cópias possuindo poder entre 1 e 4 e de cada uma das quatro cores, e mais 10 cartas de Nota da OMS, totalizando 74 cartas. O baralho de bactérias, de forma análoga, possui 64 cartas de bactérias, com 4 cópias possuindo de 1 a 4 de poder e de cada uma das cores.

A partida se passa em turnos, alternando entre a vez do jogador e a vez do tabuleiro (bactérias). Cada turno é composto pelas seguintes fases: compra, ação, reprodução e mutação.

O primeiro turno da partida inicia-se pela geração das bactérias, em que o "tabuleiro" puxa 2 cartas do baralho de bactérias e as coloca viradas para baixo, sem que o jogador saiba quais são essas cartas. Isso representa a infecção que acomete o paciente.

Além disso, na fase de compra do primeiro turno da partida, o jogador puxa 4 cartas do baralho de antimicrobianos, e deve escolher 2 delas para ir para a sua mão. As outras duas que não forem escolhidas voltam para o fundo do baralho.

Depois disso, nos turnos subsequentes, as etapas ocorrem da seguinte maneira, repetindo-se até o final do jogo:

- **Vez do jogador:**

- **Fase de Compra:** O jogador olha duas cartas do topo do baralho de tratamentos e escolhe uma para comprar.
- **Fase de Ação:** O jogador escolhe uma carta de antimicrobiano da sua mão para jogar no tabuleiro. O remédio atinge as bactérias da esquerda pra direita, pela ordem em que elas estão dispostas no tabuleiro. Primeiro é checado se a bactéria possui mecanismo de resistência ao remédio jogado. Caso possua, a cor da bactéria é revelada, caso contrário o valor de poder da bactéria é descontado do valor de poder (dose) do remédio. Caso a dose do remédio chegue a 0, Ele para de atacar as bactérias e a fase de ação termina. Caso o valor de poder da bactéria atacada chegue a 0 antes do poder do remédio chegar a 0, a bactéria é eliminada e o remédio age na nova bactéria mais à esquerda.

- **Vez do tabuleiro:**

- **Fase de Reprodução:** As bactérias sobreviventes se reproduzem por divisão binária.

- **Fase de Mutação:** As bactérias geradas através da divisão binária sofrem mutação, caso sejam eleitas para isso pelo algoritmo probabilístico do jogo.

Durante a fase de compra, quando uma carta de Nota da OMS for apresentada ao jogador, o seu efeito é resolvido imediatamente, que consiste em revelar as informações (mutações e valor de poder) da bactéria com propriedades desconhecidas mais à esquerda no tabuleiro.

O final da partida só acontece quando uma condição de derrota ou de vitória acontece. Nesse momento um texto explicando o motivo da vitória ou da derrota é apresentado ao jogador.

- **Condição de vitória: Derrotar todas as bactérias em campo**

- **Texto explicativo:** "Você venceu! Parabéns por derrotar as bactérias!"

- **Condição de derrota 1: O número de bactérias vivas atingir o valor 12**

- **Texto explicativo:** "Que pena! As bactérias levaram a melhor. As bactérias ficaram numerosas demais e saíram do controle."

- **Condição de derrota 2: Surgir uma superbactéria no tabuleiro**

- **Texto explicativo:** "Que pena! As bactérias levaram a melhor. O surgimento de uma superbactéria impediu o tratamento."

Para evitar que o jogador fique sobrecarregado com muitas informações logo de início, a mutação só acontece a partir do terceiro turno. No entanto, nesse turno, a chance de haver mutação é certa, para garantir que o jogador experimente esse conteúdo importante do jogo. A carta de Nota da OMS só aparece a partir do quarto turno.

Existem momentos chaves do jogo onde aparecem na tela textos explicativos referentes ao que acabou de acontecer no jogo, com o intuito de tornar claro para o jogador o que está acontecendo. Esses momentos e seus respectivos textos informativos estão listados abaixo:

- **A jogadora compra cartas de tratamento pela primeira vez:** "Clique sobre um antimicrobiano para usá-lo no tratamento das bactérias. Caso uma bactéria possua mecanismos de resistência contra ele, a sua cor será revelada! Caso contrário, ela será suscetível ao antimicrobiano selecionado."
- **A cor de uma bactéria é revelada pela primeira vez:** "Uma das bactérias possuía mecanismos de resistência contra o antimicrobiano aplicado, e por isso a sua cor foi revelada! Agora, haverá um aumento do número de bactérias resistentes a essa classe de antimicrobianos na população. As bactérias não dependem dos

antimicrobianos para terem os seus mecanismos de resistência. Mas os antimicrobianos podem promover a seleção das bactérias resistentes. Os principais mecanismos de resistência aos antimicrobianos são: alteração de permeabilidade, degradação enzimática, alteração no sítio alvo, bomba de efluxo e alteração enzimática."

- **A primeira reprodução binária acontece:** "Está ocorrendo a reprodução bacteriana por divisão binária! Os genes de resistência estão sendo compartilhados, e as bactérias resistentes estão aumentando em número!"
- **A primeira mutação acontece:** "Através da mutação, bactérias podem adquirir novos mecanismos de resistência! Na mutação, a sequência de aminoácidos da proteína pode ser alterada em decorrência da adição, deleção ou substituição de um nucleotídeo."
- **A primeira carta de Nota da OMS aparece:** "Você recebeu uma nota da OMS! Através dessa nota, você é capaz de revelar todas as informações de uma bactéria."
- **Uma superbactéria aparece pela primeira vez:** "Uma das bactérias acaba de se tornar uma superbactéria! Isso quer dizer que ela possui mecanismos de resistência contra todas as classes de antimicrobianos. Ou seja, nenhum tratamento ao nosso alcance irá funcionar nela."
- **Quando as bactérias acumulam pelo menos 8 de poder somado:** "Ah não! As bactérias estão fortes demais! A partir de agora será difícil controlar o seu avanço."

3.8 CASO DE USO

Nesta seção, será exibido um caso de uso de uma partida da versão final do jogo.

Ao abrir o jogo, é exibida a tela de menu inicial, que pode ser vista na Figura 12. Para jogar, o jogador toca em "Jogar".

O jogo exibe a tela de *gameplay*. Primeiramente, toca-se uma animação com um texto na tela escrito "Derrote as bactérias!", que pode ser visto na Figura 13.

Então, inicia-se etapa de compra do primeiro turno, na qual o jogador deve olhar 4 cartas do seu baralho e escolher 2 para comprar. As 4 cartas sorteadas podem ser vistas na Figura 14.

O jogador escolhe comprar as cartas de antimicrobianos vermelho e azul com o valor 4 de poder. O estado do tabuleiro, depois dessa escolha, pode ser visto na Figura 15.

Em seguida, na etapa de ação, o jogador escolhe jogar a carta de antimicrobiano azul com valor 4 de poder, para atacar as bactérias. Uma das bactérias tem a sua cor revelada - azul - a mesma cor do antimicrobiano utilizado. Por possuir o mecanismo de resistência azul, essa bactéria não sofre o efeito da carta utilizada. Mas a outra bactéria não era

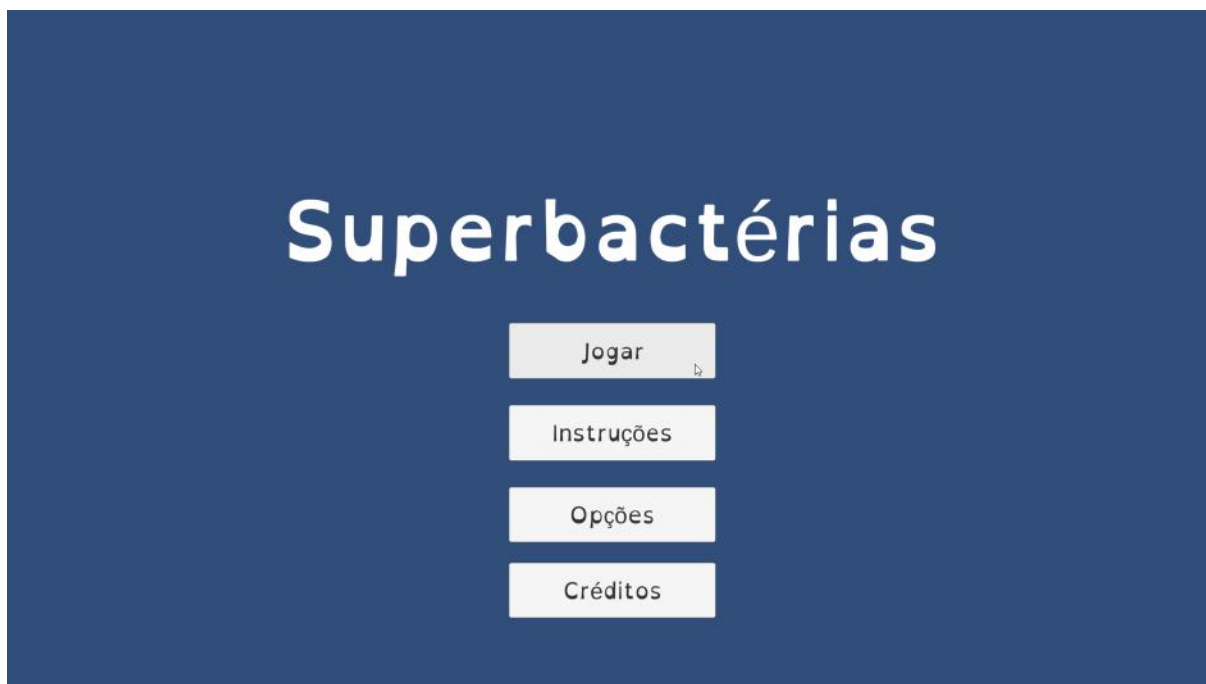


Figura 12 – Tela inicial da versão final do jogo.



Figura 13 – Texto inicial do *gameplay* da versão final do jogo.

azul, e, por ter o valor 2 de poder, é derrotada. O resultado dessa jogada pode ser visto na Figura 16.

Em seguida, o turno prossegue com a etapa de reprodução - a bactéria sobrevivente se reproduz - e com a etapa de mutação - onde a bactéria gerada tem uma chance de sofrer mutação - mas dessa vez ela não sofre mutação.



Figura 14 – 4 cartas sorteadas na etapa de compra do primeiro turno.

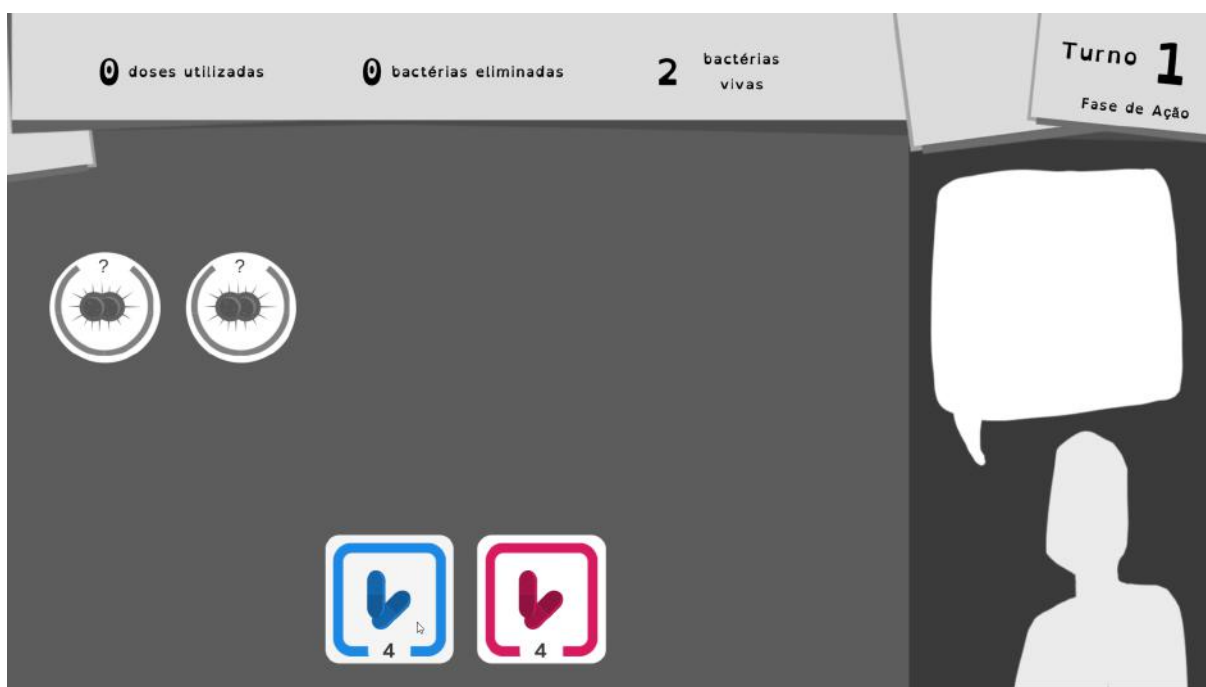


Figura 15 – Estado do tabuleiro após a etapa de compra do primeiro turno.

O turno seguinte inicia-se com a etapa de compra, que pode ser vista na Figura 17. A carta escolhida pelo jogador é a carta de antimicrobiano verde com valor 3 de poder.

Na etapa de ação seguinte, o jogador lança a carta de antimicrobiano vermelho com valor 4 de poder nas bactérias, derrotando uma das bactérias azuis com poder 3, e deixando a outra viva, sobrando 2 de poder nela. O resultado dessa jogada pode ser visto na

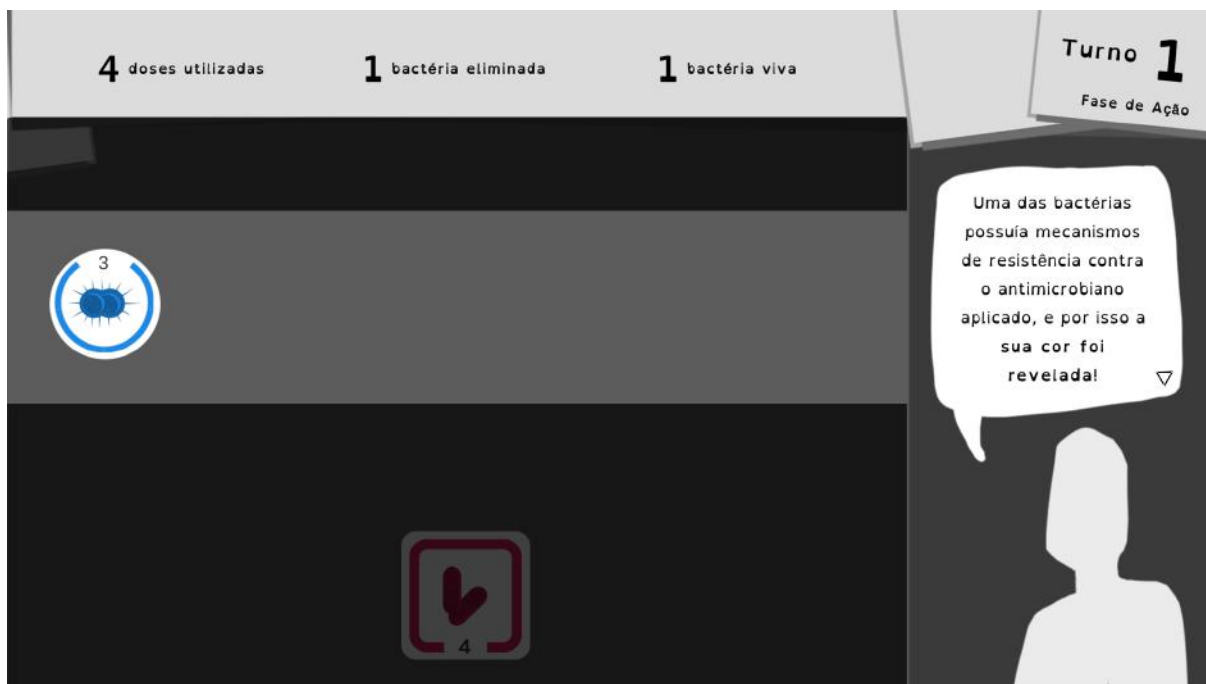


Figura 16 – Estado do tabuleiro após a etapa de ação do primeiro turno.



Figura 17 – Fase de compra do segundo turno.

Figura 18. No restante do turno, a bactéria sobrevivente azul com valor 2 de poder se reproduz, dando origem a outra igual.

No terceiro turno, o jogador compra uma carta de antimicrobiano vermelho com valor 4 de poder. E, na fase de ação, é essa carta que ele escolhe para jogar contra as bactérias. As duas bactérias azuis com valor 2 de poder são derrotadas, como pode ser visto na

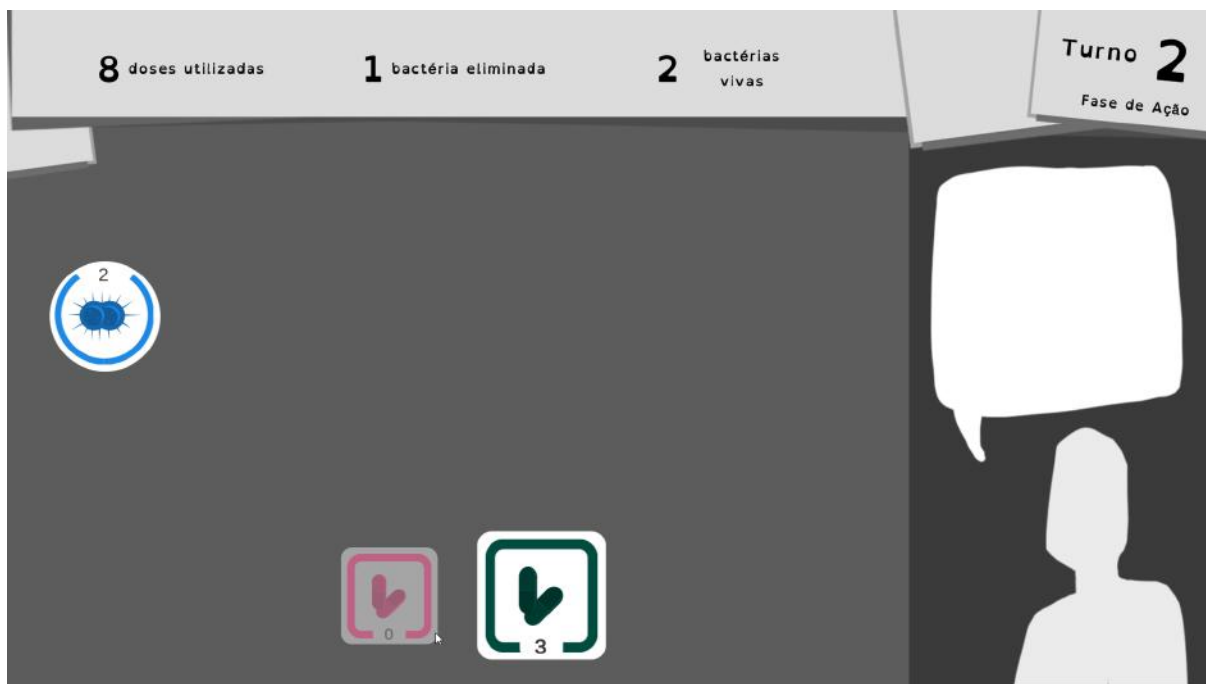


Figura 18 – Resultado da fase de ação do segundo turno.

Figura 19. Por fim, o jogador vence a partida, por ter derrotado todas as bactérias. A tela de vitória exibida pode ser vista na Figura 20.



Figura 19 – Resultado da fase de ação do terceiro turno.

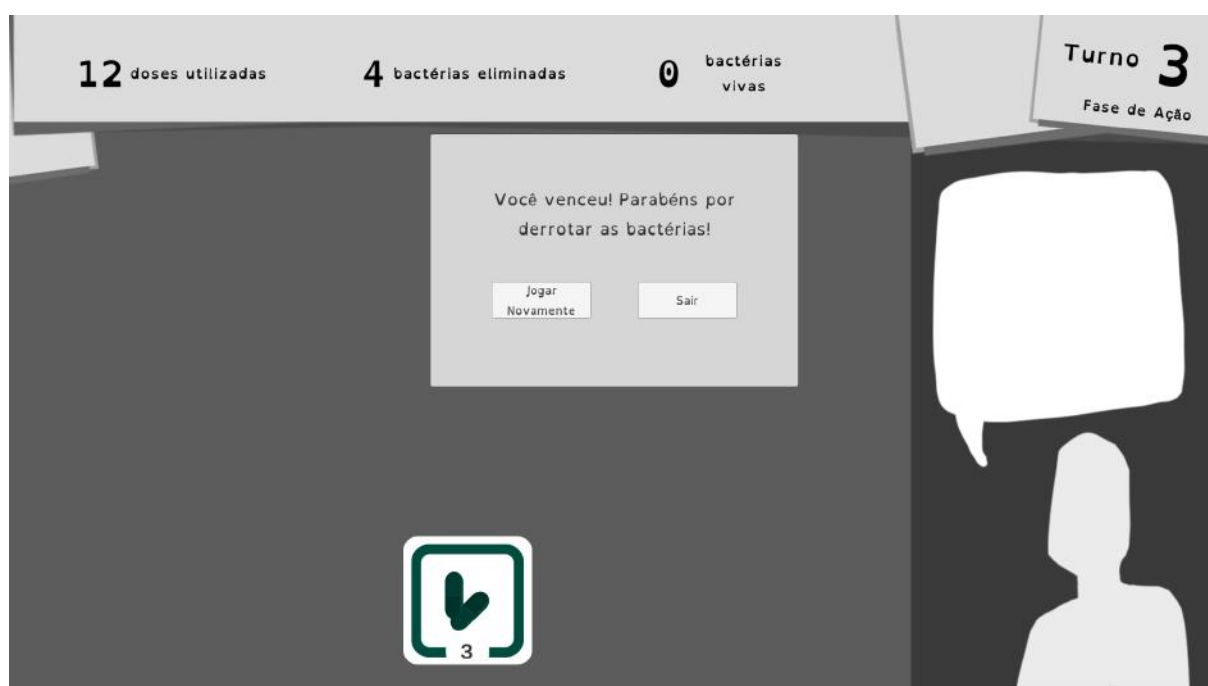


Figura 20 – Tela de vitória jogo.

4 IMPLEMENTAÇÃO DO JOGO SUPERBACTÉRIAS

Neste capítulo, será feita uma exposição dos principais sistemas presentes no jogo, e serão apresentados os principais pontos da sua implementação. Na seção 4.1, expomos como o design pattern MVC foi utilizado no projeto; e na seção 4.2 entramos em detalhes sobre o sistema GameSteps.

4.1 ARQUITETURA MODEL-VIEW-CONTROLLER

Os programas que ditam o gameplay principal do jogo, isto é, bactérias, antimicrobianos, turnos, mutações, baralhos, etc, foram modelados de acordo com o *design pattern* Model-View-Controller (MVC). Portanto, a arquitetura separa as representações internas das informações (model) da forma como elas são apresentadas aos jogadores (view) e da lógica usada para processar essas informações (controller).

Os diagramas nas próximas subseções exibem como as classes estão organizadas de acordo com esse *design pattern*. Também será possível notar que, quando há uma relação de dependência entre uma classe e outra, há uma preferência por essa dependência ser uma classe abstrata. Essa decisão de engenharia de software foi motivada pelo princípio "Dependency Inversion"(inversão de dependência), um dos cinco princípios SOLID. Dependendo de interfaces e classes abstratas garante que o código esteja bem preparado para sofrer extensões, facilitando a sua manutenibilidade.

4.1.1 Models

As classes sob a categoria Model são as representações de como as informações do jogo estão modeladas. Ou seja, são a modelagem do problema.

A Figura 21 mostra que as cartas herdam de uma classe abstrata Card, que se especializa em CombatantCard e SurgeCard. CombatantCards são as cartas de antimicrobianos e bactérias, ou seja, as cartas que "lutam"umas contra as outras. As SurgeCards são aquelas cujo efeito é resolvido imediatamente, no momento em que são puxadas do baralho durante a fase de compra. No jogo, a única implementação de SurgeCard é a RevealerCard, que é a carta de Nota da OMS.

Além disso, a classe CardRepository é um ScriptableObject responsável por armazenar um dado conjunto de cartas em tempo de execução. No jogo, são utilizados dois CardRepositories: um para as bactérias vivas e outro para as cartas que estão na mão do jogador.

A Figura 22 exhibe as duas classes de baralhos existentes: o baralho de tratamentos (cartas que o jogador compra) e o baralho de bactérias, ambas herdando da classe abstrata Deck.

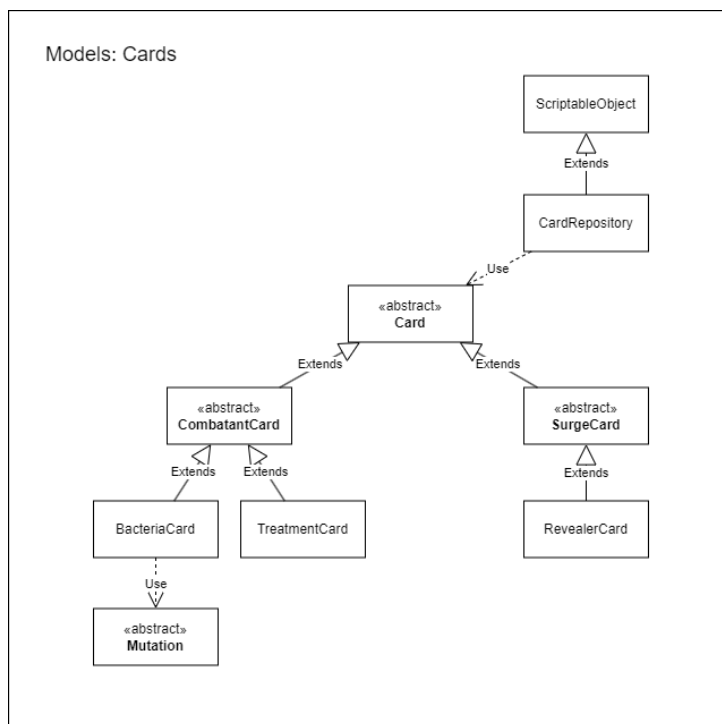


Figura 21 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as classes que representam as cartas do jogo.

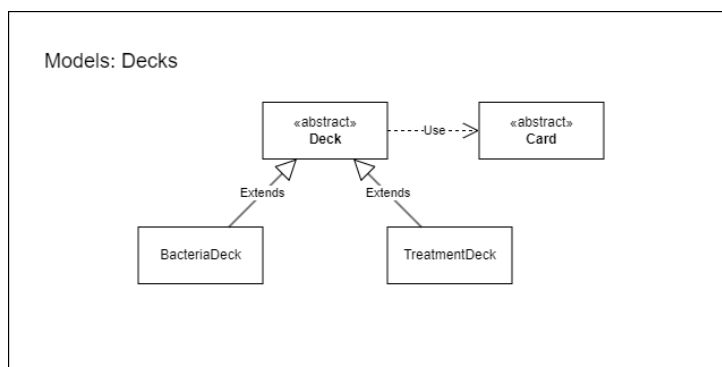


Figura 22 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as classes que representam os baralhos do jogo. Fonte: Os autores

A Figura 23 mostra a arquitetura dos diferentes tipos de mutações que as bactérias podem possuir no jogo. Mutações prejudiciais são aquelas em que a bactéria perde poder. Mutações neutras não afetam a bactéria em nada. Já as mutações benéficas se especializam em dois tipos diferentes: aquelas que concedem uma cor nova (um novo mecanismo de resistência) e aquelas que dão mais poder.

4.1.2 Controllers

As classes sob a categoria Controller implementam a lógica sob a qual as informações modeladas nas classes Model são manipuladas. É aqui que está codificado o game design.

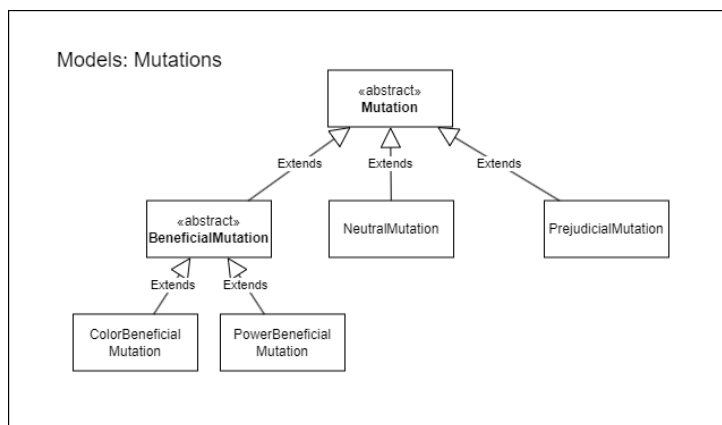


Figura 23 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as classes que representam as mutações das bactérias. Fonte: Os autores

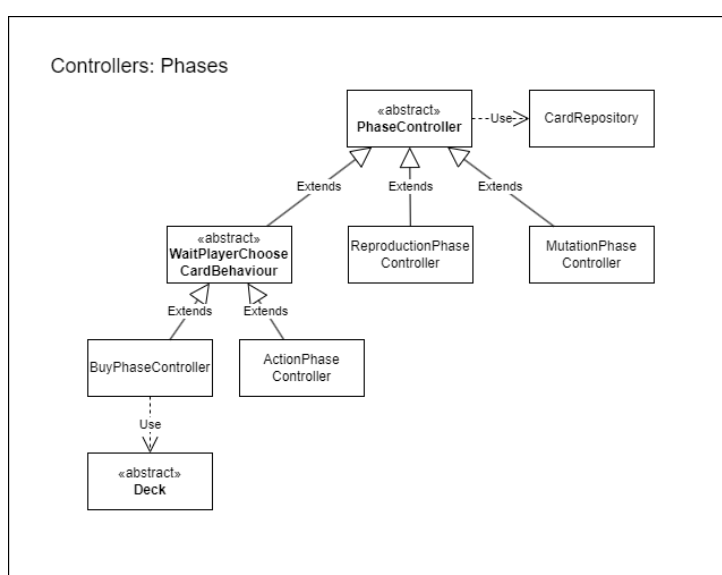


Figura 24 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as diferentes fases de cada turno do jogo. Fonte: Os autores

A Figura 24 mostra as quatro diferentes fases de cada turno: fase de compra, fase de ação, fase de reprodução e fase de mutação. Todas elas herdam de uma classe abstrata em comum: PhaseController. Porém, as classes BuyPhaseController e ActionPhaseController herdam de uma classe abstrata intermediária, a WaitPlayerChooseCardBehaviour. Esta implementa a lógica de esperar o input do jogador antes de prosseguir com o jogo.

4.1.3 Views

As classes sob a categoria View implementam a lógica sob a qual as informações modeladas nas classes Model são exibidas na tela, ou seja, fazem a ponte entre o game design e a engine Unity.

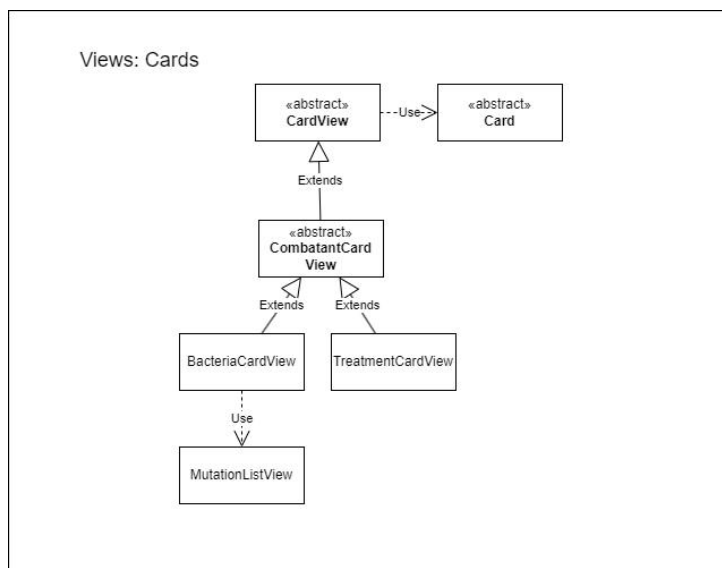


Figura 25 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para as Views das cartas do jogo. Fonte: Os autores

A Figura 25 mostra que existem duas Views principais para as cartas: BacteriaCardView e TreatmentCardView. Ambas herdam de CombatantCardView, que herda de CardView. Essas classes possuem a responsabilidade de, tendo as informações de uma dada carta, exibi-la na tela do jogo.

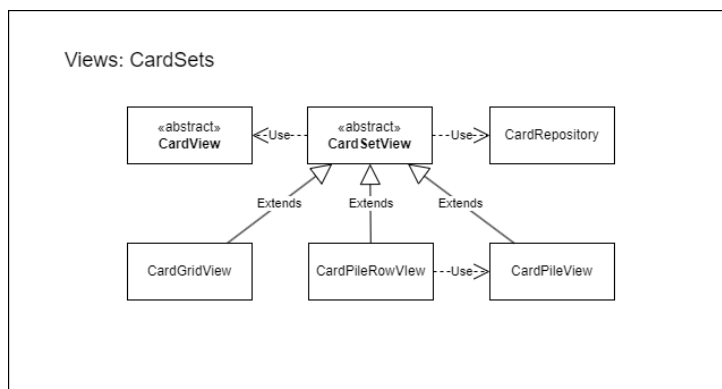


Figura 26 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para os CardSets. Fonte: Os autores

A Figura 26 mostra a arquitetura escolhida para os CardSets. Essas classes implementam a lógica de exibir na tela um conjunto de várias CardViews. Esses conjuntos se especializam em diferentes tipos: CardGridView exibe cartas numa grid que pode ser customizada de acordo com alguns parâmetros; CardPileRowView cuida de exibir uma linha de pilhas de cartas; e CardPileView cuida de exibir cartas numa pilha. CardPileRowView e CardPileView são usadas nas pilhas de bactérias. É interessante notar que todo CardSet utiliza um CardRepository, pois ele necessariamente pega as cartas de um dado repositório e as exibe na tela.

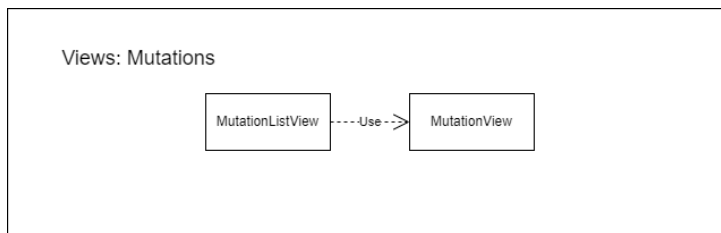


Figura 27 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para MutationViews.

Por fim, a Figura 27 mostra a arquitetura para as Views das mutações das bactérias. É um diagrama simples, possuindo apenas duas classes, `MutationListView`, uma lista de Views de mutações, que é utilizada pela `BacteriaCardView` para mostrar a lista de mutações de uma dada bactéria, e `MutationView`, que é utilizada pela `MutationListView` para mostrar uma mutação individual.

4.2 SISTEMA GAMESTEPS

Foi criado o sistema de `GameSteps` para ser possível customizar mais facilmente o funcionamento geral do jogo e suas etapas. Através desse programa, os desenvolvedores conseguem definir etapas de inicialização, animações, condições, e outras lógicas como estruturas de repetição sem acoplamento de código, com fácil manutenibilidade e com flexibilidade.

Cada implementação da classe abstrata `GameStep` pode ser virtualmente qualquer coisa que os devs precisem executar numa etapa definida do jogo. Por exemplo, se queremos que os baralhos sejam inicializados ao início do gameplay, então podemos criar uma implementação de `GameStep` responsável por isso e configurá-la para ser chamada ao começo do jogo. Também podemos criar um `GameStep` que executa outros `GameSteps` dentro dele: ele pode receber uma lista de outros `GameSteps` e os executar enquanto uma condição for verdadeira (imitando o funcionamento de um *while-loop*).

O sistema de `GameSteps` se destaca pelo uso do princípio "Single Responsibility" (responsabilidade única) do SOLID. Ou seja, ao invés de criar uma classe monolítica chamada `GameManager` (como geralmente é feito) que cuida de quase tudo do jogo, os funcionamentos foram decompostos em classes atômicas e desacopladas com uma única responsabilidade. Isso garante que ao modificar um dado ponto do jogo, não exista o risco de outra coisa quebrar em outro lugar.

Código 1 – Implementação da classe GameStep

```
namespace SuperbacteriasCode.Controllers.GameSteps.Base
{
    public abstract class GameStep : MonoBehaviour
    {
        public abstract Task<bool> RunStepLogic();
    }
}
```

A classe GameStepsRunner é a responsável por executar todos os GameSteps do jogo, recebendo uma lista de GameSteps (classe abstrata, respeitando o princípio "Dependency Inversion") e executá-la em ordem. A customização por trás de tudo está na forma como essa lista será montada e ordenada. Como pode ser visto no Código 2, essa lista é serializada e portanto pode ser inicializada a priori pelos desenvolvedores através do Inspector da Unity (a solução de injeção de dependência da engine).

Código 2 – Implementação da classe GameStepsRunner

```
namespace SuperbacteriasCode.Controllers.GameSteps
{
    public class GameStepsRunner : MonoBehaviour
    {
        [SerializeField] private List<GameStep> _steps;

        public async void RunSteps()
        {
            foreach (var step in _steps)
            {
                if (!await step.RunStepLogic())
                {
                    return;
                }
            }
        }
    }
}
```

Para criar estruturas de repetição com GameSteps, foram criadas as classes GameStepSet (um GameStep abstrato que possui um conjunto de outros GameSteps), GameStepLinearSet (extensão de GameStepSet, utiliza o conjunto de GameSteps para executá-los de forma linear) e GameStepLoopSet (outra extensão de GameStepSet, utiliza o conjunto de GameSteps para executá-los enquanto uma dada condição for verdadeira). Como essas classes herdam de GameStep, elas podem ser alimentadas ao GameStepsRunner para criar estruturas mais complexas de funcionamento. A arquitetura escolhida para essas classes

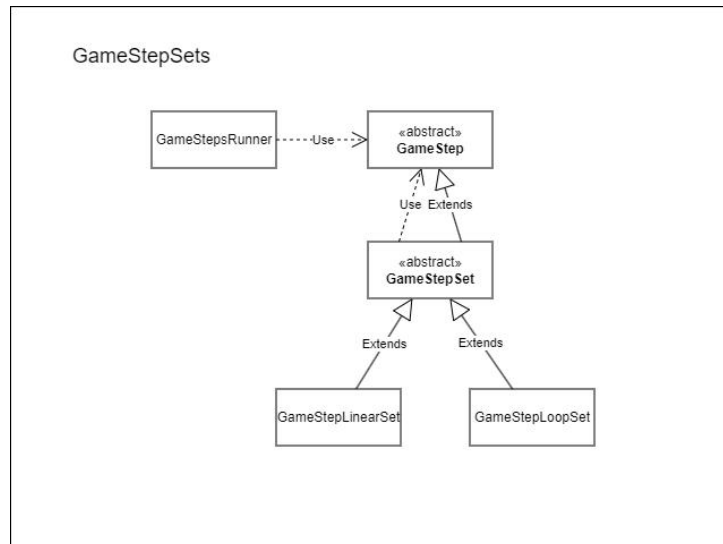


Figura 28 – Diagrama mostrando a arquitetura escolhida para os Sets de GameSteps.
Fonte: Os autores

está exibida na Figura 28. A implementação dessas classes pode ser vista no Código 3, Código 4 e Código 5.

Código 3 – Implementação da classe GameStepSet

```

namespace SuperbacteriasCode.Controllers.GameSteps.GameStepSets.Base
{
    public abstract class GameStepSet : GameStep
    {
        [SerializeField] protected List<GameStep> _gameSteps = new();
    }
}
  
```


Código 4 – Implementação da classe GameStepLinearSet

```
namespace SuperbacteriasCode.Controllers.GameSteps.GameStepSets.  
Implementation  
{  
    public class GameStepLinearSet : GameStepSet  
    {  
        public override async Task<bool> RunStepLogic()  
        {  
            foreach (var step in _gameSteps)  
            {  
                if (!await step.RunStepLogic())  
                {  
                    return false;  
                }  
            }  
            return true;  
        }  
    }  
}
```

Código 5 – Implementação da classe GameStepLoopSet

```

namespace SuperbacteriasCode.Controllers.GameSteps.GameStepSets.
    Implementation
{
    public class GameStepLoopSet : GameStepSet
    {
        [SerializeField] private BoolReactiveScriptable
            _loopWhileCondition;

        public override async Task<bool> RunStepLogic()
        {
            while (_loopWhileCondition != null && _loopWhileCondition.
                Value)
            {
                foreach (var step in _gameSteps)
                {
                    if (!await step.RunStepLogic())
                    {
                        return false;
                    }
                }
            }

            return true;
        }
    }
}

```

A Figura 29 mostra as demais classes concretas que herdam de GameStep que se responsabilizam por funcionamentos específicos do jogo Superbactérias. A Figura 30 mostra a forma e ordem em que essas classes concretas são passadas ao GameStepsRunner para serem executadas. Os GameSteps dentro de GameStepLoopSet são executados em loop enquanto a condição IsGameActive é verdadeira. Essa condição se torna falsa quando uma condição de vitória ou derrota é atingida. E os GameSteps dentro de GameStepLinearSet são executados em sequência.

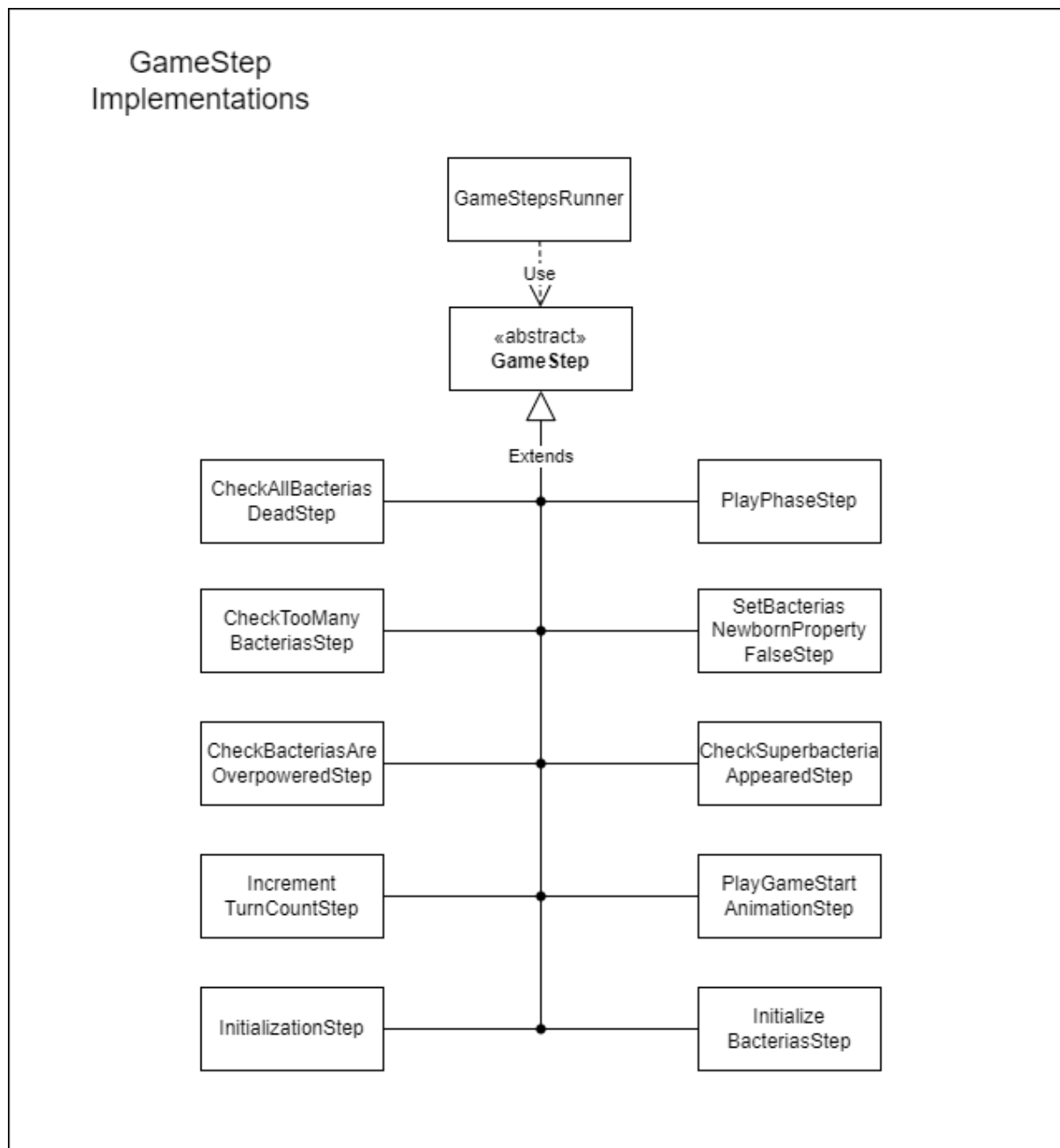


Figura 29 – Diagrama mostrando as classes concretas que herdaram de GameStep. Fonte: Os autores

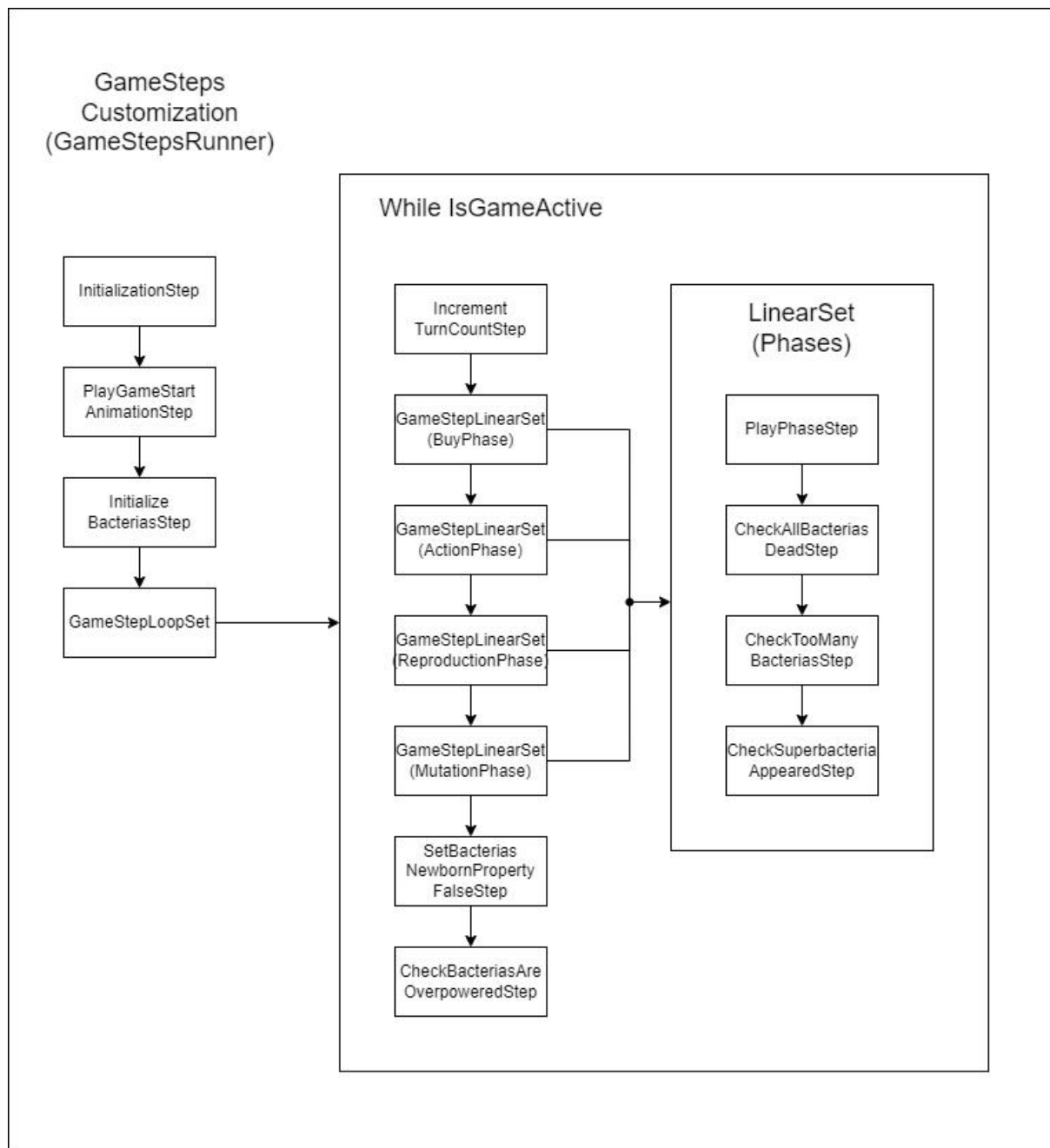


Figura 30 – Diagrama mostrando a ordem em que as classes concretas de GameStep são organizadas no projeto para dar origem ao funcionamento do jogo. Fonte: Os autores

5 AVALIAÇÃO DO JOGO COMO FERRAMENTA EDUCACIONAL

Neste capítulo, apresentamos a validação do jogo Superbactérias como uma ferramenta pedagógica para conscientizar acerca do problema global das superbactérias. Avaliamos a adequação do jogo e seu impacto na conscientização sobre resistência bacteriana no meio escolar.

5.1 METODOLOGIA

A metodologia de validação foi realizar sessões de *playtest* do jogo com turmas de Ensino Médio, em que cada participante, depois de jogar o jogo, preenche um formulário de *feedback* elaborado pelos autores desse trabalho.

Embora o jogo virtual tenha sido planejado num contexto de pandemia, o cenário atual permitia que apresentássemos o jogo presencialmente em sala. Tivemos a preferência de irmos presencialmente pra conseguir ministrar o *playtest* de forma a maximizar o entendimento dos objetivos e minimizar a chance de voluntários incapazes de jogar por motivos técnicos.

O planejamento inicial das sessões era da seguinte maneira: 10 minutos reservados para preparação dos dispositivos que executariam o jogo; 25 minutos para os voluntários explorarem o jogo; e 15 minutos para os participantes responderem o formulário, totalizando 50 minutos de *playtest*. Apesar disso, um dos pontos a serem observados era se esse planejamento temporal estaria de acordo com o tempo efetivo que a dinâmica precisaria. Além disso, cada sessão possuiria pelo menos um autor do trabalho presente em sala de aula para esclarecer dúvidas em relação ao jogo e ao objetivo do estudo.

As validações ocorreram em 2 datas, e em 2 colégios diferentes diferentes:

- Colégio Estadual Amaro Cavalcanti, no dia 04/08/2023, com um clube de ciências formado por alunos do primeiro e segundo ano.
- Colégio Estadual Rui Barbosa, no dia 08/08/2023, na parte da manhã com turmas de primeiro e segundo ano.

A realidade foi bem diferente do que o esperado. Em ambas as escolas, os estudantes não possuíam acesso a *wifi*, portanto o download do jogo para seus dispositivos foi feito através do pacote de dados dos alunos dispostos a gastarem e também a partir do pacote de dados dos autores, compartilhando via *hotspot*. O fato de existir muitos dispositivos baixando ao mesmo tempo sobrecarregou o *hotspot*, causando lentidão no download e atraso no tempo de preparação dos dispositivos (planejado inicialmente como uma etapa de 10 minutos). A dificuldade de acesso à Internet dificultou também o acesso dos alunos ao questionário, em ambas as validações. Na segunda validação o problema do acesso à

Internet foi mais agravado ainda, pois o pacote de dados do autor presente acabou durante a dinâmica, o que acarretou em 30 minutos adicionais apenas tentando contratar um novo serviço de dados para que os dispositivos ficassem prontos.

O plano inicial também contava com a validação acontecer em 4 dias diferentes, com mais 2 dias de validação no CE Rui Barbosa. Mas ao final do segundo dia de validação já tínhamos 44 respostas, o que sinalizava que dentre todos os alunos dispostos a atividade, 44 optaram por jogar o jogo e responder ao questionário, e definimos que era uma quantidade suficiente de respondentes, baseado em análise estatística das possibilidades.

A fórmula para cálculo do tamanho da amostra, considerando margem de erro (E) e nível de confiança (C), é dada por:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{E^2}$$

Supondo uma margem de erro de 5% ($E = 0.05$) e nível de confiança de 95%, a amostra ideal seria cerca de 385 voluntários. No entanto, dadas as limitações da população e recursos, a amostra de 44 é uma escolha pragmática.

A diferença nas margens de erro é evidente. Para a amostra de 44, a margem de erro (E) é dada por:

$$E = Z \cdot \sqrt{\frac{p \cdot (1 - p)}{n}}$$

Assumindo $p = 0.5$ (máxima incerteza) e $n = 44$, o cálculo resulta em uma margem de erro aproximada de 0.135 ou 13.5%.

Comparando essa margem de erro com o tamanho teórico da amostra (385 voluntários), a margem de erro seria cerca de 4.9%.

A diferença nas margens de erro reflete a maior incerteza associada à amostra de 44, devido ao seu tamanho menor. Contudo, considerando as limitações práticas, como condições precárias de acesso à Internet para estudantes da rede estadual e a estimativa de obtenção máxima de 100 voluntários, que baixaria a margem de erro para 9.54%, a margem de erro de 13.5% foi considerada, após conversa com os orientadores, aceitável. Portanto, o esforço necessário para coletar uma amostragem maior não se justificou.

5.2 PERFIL DOS VOLUNTÁRIOS

A nossa pesquisa seguiu a proposta visando estudantes do Ensino Médio, com base na versão original que utilizava a bactéria da gonorreia como objeto de estudo (OLIVEIRA et al., 2021a). Mesmo considerando a faixa etária relativamente homogênea no Ensino Médio, coletar dados sobre a variação de idades nos permitiu compreender melhor o perfil dos alunos voluntários.

Foi perguntado, no formulário, se os voluntários já haviam estudado previamente os temas abordados no jogo, a fim de identificar os casos em que os estudantes nunca haviam

ouvido falar sobre resistência antimicrobiana, já que, além de ser um problema de saúde, o problema das superbactérias também é um problema educacional.

Além disso, buscamos correlacionar a facilidade e familiaridade dos alunos com as matérias que compõem o currículo atual do Ensino Médio. Essa análise nos permitirá avaliar a interseção entre a temática do jogo e o conteúdo educacional oferecido na escola.

5.2.1 Voluntários/Idade

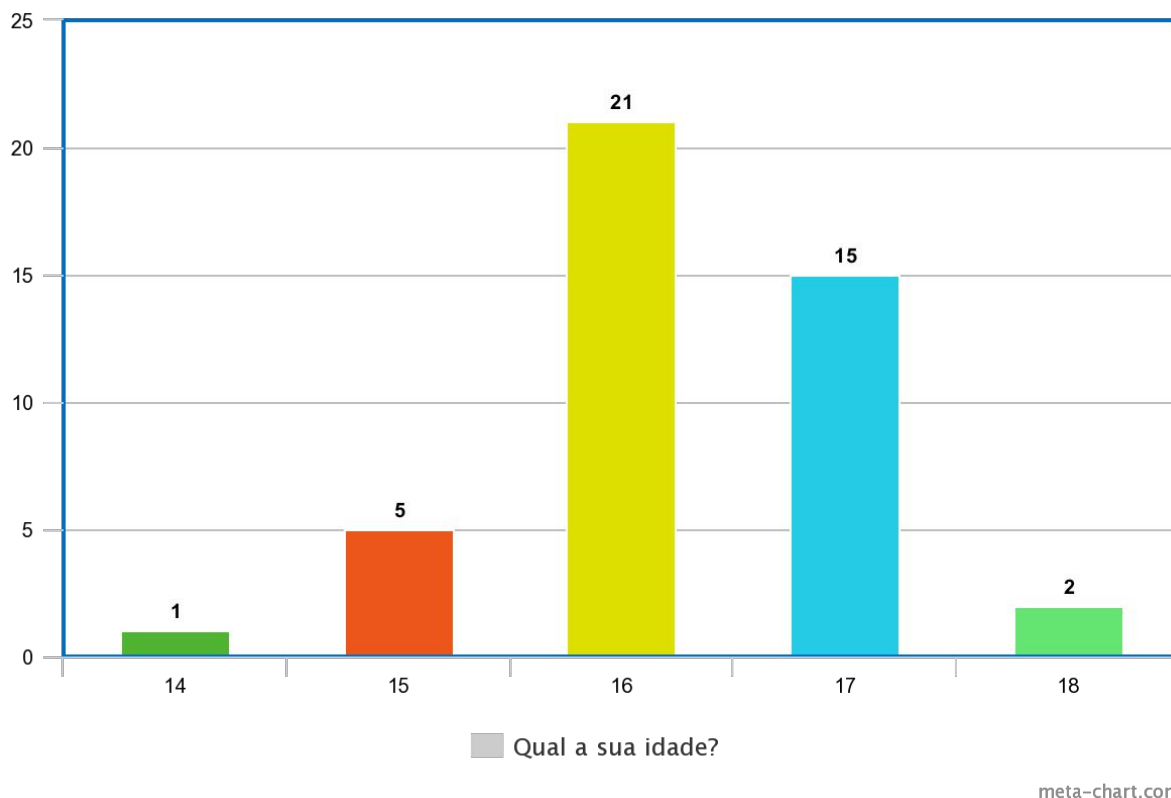


Figura 31 – Gráfico que mostra a quantidade de voluntários de cada idade. Fonte: Site meta-chart alimentado com os dados fornecidos pelos voluntários através do questionário

Como é possível ver na Figura 31 a faixa etária dos voluntários variou de 14 a 18 anos. Com a grande maioria de voluntários entre 16 e 17 anos.

5.2.2 Voluntários/Ano

A Figura 32 reforça que a validação foi feita apenas em turmas do 1^o e 2^o ano, embora a validação tenha sido planejada para todo o ensino médio. Por isso o formulário contava com uma opção de 3^o ano mesmo que esta resposta não tenha sido utilizada.

Qual o seu ano?

44 respostas

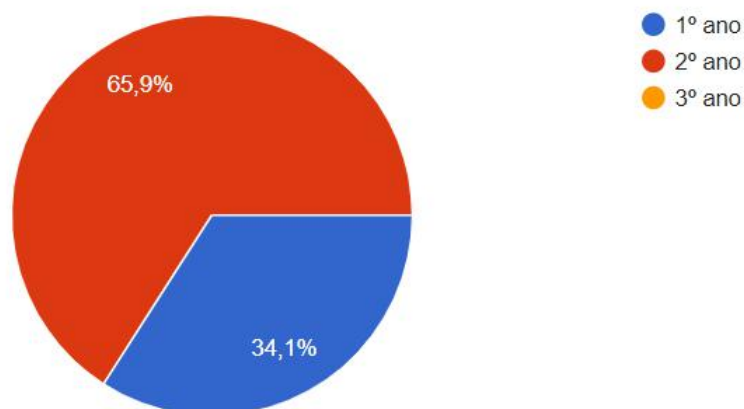


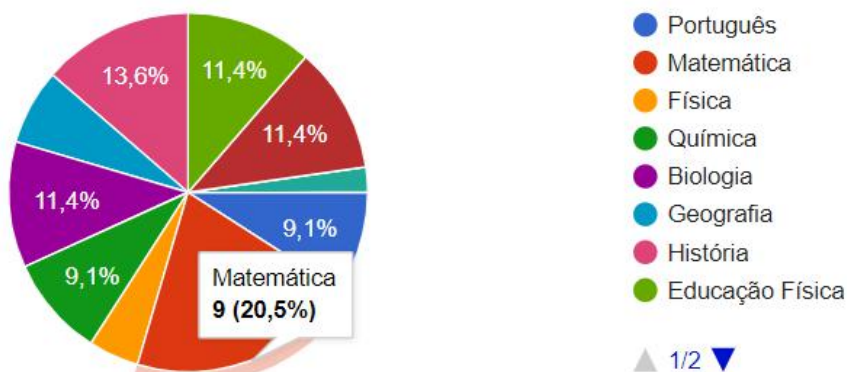
Figura 32 – Gráfico que mostra a quantidade de voluntários de matriculado em cada ano.
Fonte: Gerado pelo Google Forms

5.2.3 Voluntários/Preferência/Facilidade

A Figura 33 mostra que a maioria dos voluntários tem preferência mais facilidade com a matéria de Matemática, com 20.5% de interesse e 29.5% de facilidade. Em segundo lugar no interesse temos História e em facilidade Biologia.

Qual matéria você possui mais facilidade na escola?

44 respostas



Qual matéria você possui mais interesse?

44 respostas

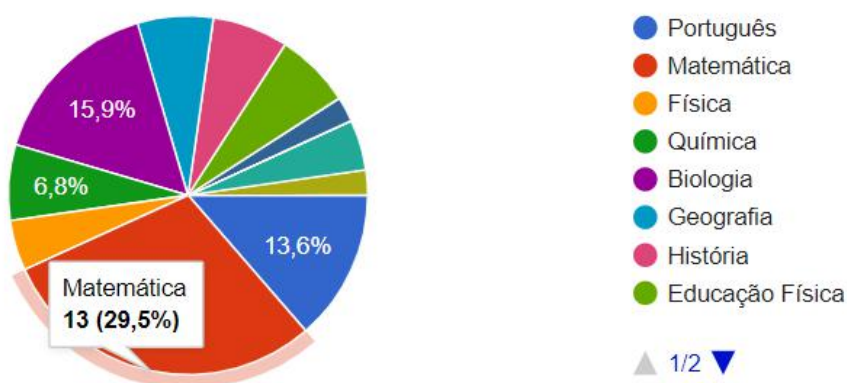


Figura 33 – Gráficos que mostram a quantidade de voluntários com preferência e facilidade por cada matéria. Fonte: Gerado pelo Google Forms

5.3 PERGUNTAS NÃO RELACIONADAS AO PERFIL

É importante destacar que haverá uma análise quantitativa das respostas discursivas desde que elas se mostrem com uma grande similaridade em um número expressivo da amostra (acima de 40%). Sendo assim, a parte discursiva será composta em grande maioria por divisão das repostas em categorias e as que mais apareceram dentro da categoria.

5.3.1 O que você aprendeu com o uso do jogo?

Escolhemos começar a pesquisa com essa pergunta para não correremos o risco de influenciar essa resposta com as questões múltipla escolha que aparecem mais à frente.

Praticamente todas as respostas possuíam uma referência a particularidades das bactérias ("bactérias se multiplicam", "bactérias se reproduzem", "aprendi a matar bactérias") ou "aprendi sobre bactérias" de uma forma mais geral.

5.3.2 O que você não entendeu do jogo?

A maioria dos voluntários disse ter entendido tudo sobre o jogo. Entre os destaques estão os voluntários que disseram não entender o que as cores dos remédios e/ou bactérias significavam.

5.3.3 O que você removeria do jogo?

A maioria das respostas consistia em dizer que não removeria nada. Tivemos 4 respostas dizendo que removeriam elementos conectados as explicações: "Eu removeria os bonecos", "modo lento de história", "As explicações repetidamente", "O bonequinho q fica falando. Ele podia aparecer só nas duas primeiras partidas"

5.3.4 O que você mudaria ou adicionaria no jogo?

Aqui tivemos algumas sugestões. Sobre adicionar mais fases, sugestões de balanceamento com mais remédios ou mais bactérias e até sugestões de game design como efeitos colaterais de remédio. Aqui também se repetiu a observação sobre explicações das cores de remédios e bactérias.

5.3.5 Você achou o jogo apropriado para a sua faixa etária?

42 dos 44 voluntários acreditam que o jogo seja apropriado para sua faixa etária, como é possível ver na Figura 34.

5.3.6 Quais dos termos abaixo você já tinha ouvido falar antes do jogo?

Na figura Figura 35 Podemos ver que boa parte dos alunos já havia ouvido falar sobre o termo superbactérias. Isso já era esperado, pois um dos grupos de voluntários (26 respostas) já havia jogado o jogo original com a professora Suellen. Mas apenas 9 de todos os alunos, inclusive os que faziam parte das turmas que já haviam jogado o jogo original, lembravam de já ter ouvido falar do termo reprodução por divisão binária. Reforçando a necessidade de se discutir o tema e também a importância de ferramentas pedagógicas para auxiliar na conscientização do problema das superbactérias.

Você achou o jogo apropriado para a sua faixa etária?

44 respostas

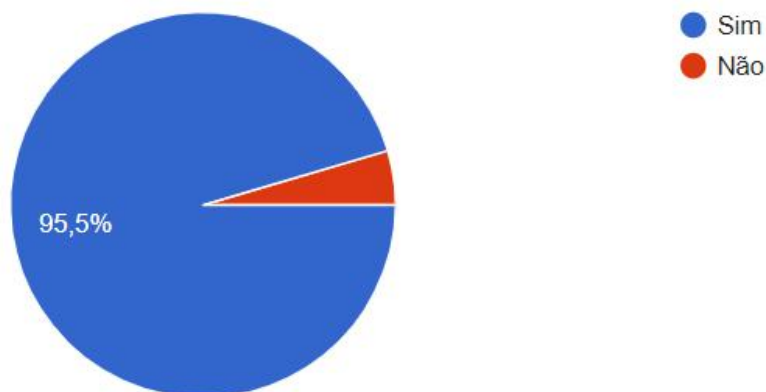


Figura 34 – Gráfico que mostra a impressão dos voluntários sobre a sua faixa etária e a proposta do jogo. Fonte: Gerado pelo Google Forms

Quais dos termos abaixo você já tinha ouvido falar antes do jogo?

43 respostas

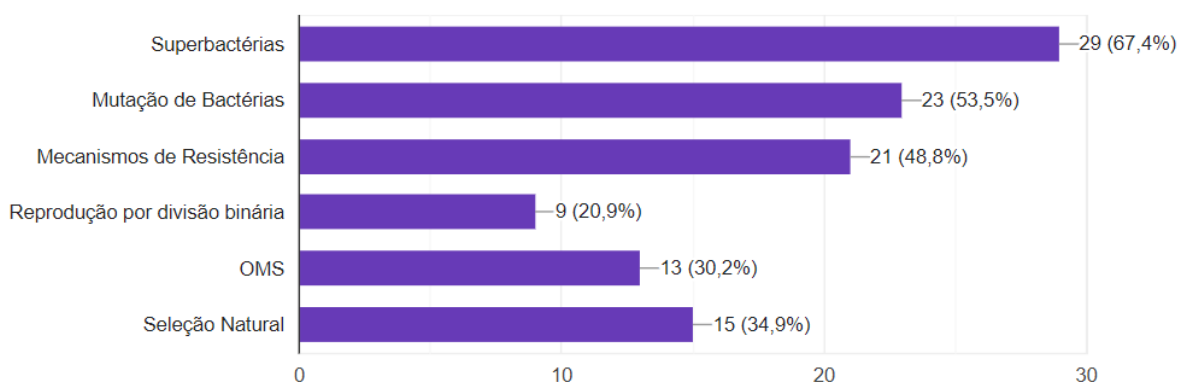


Figura 35 – Gráfico que mostra quantos voluntários já haviam ouvido falar sobre o termo anteriormente. Fonte: Gerado pelo Google Forms

5.4 RESULTADOS

5.4.1 Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco relevante e 5 muito relevante, como você avalia a capacidade do jogo em mudar sua percepção sobre os seguintes temas?

Na Figura 36 é possível ver um impacto positivo em 3 dos 4 temas chaves, mas o tópico **Uso desnecessário e inapropriado de antimicrobianos** não teve sofrido um

impacto tão positivo quanto os outros, podendo assim ser um tópico de mais atenção em futuras versões do jogo.

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 pouco relevante e 5 muito relevante, como você avalia a capacidade do jogo em mudar sua percepção sobre os seguintes temas?

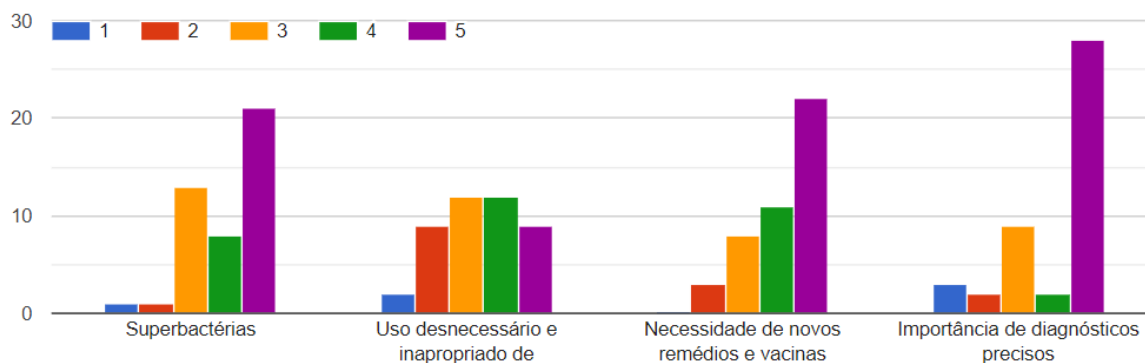


Figura 36 – Gráfico que mostra a influência do jogo na percepção sobre os temas chave. Fonte: Gerado pelo Google Forms

5.4.2 Depois de jogar o Superbactérias, a sua curiosidade sobre o tema aumentou?

44 respostas

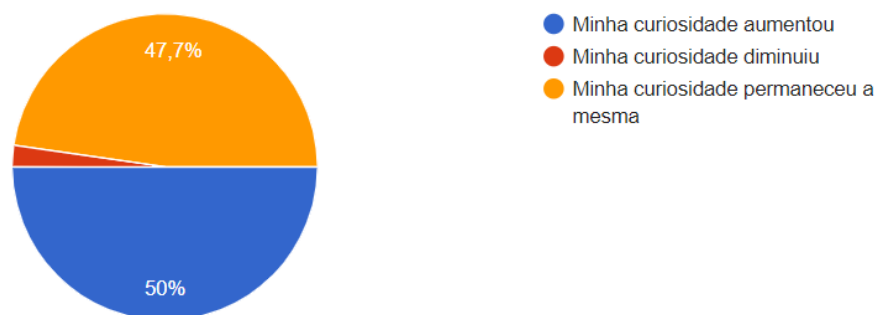


Figura 37 – Gráfico que mostra a mudança no interesse sobre o tema central: Superbactérias. Fonte: Gerado pelo Google Forms

50% dos voluntários teve aumento de interesse pelo tema após a demonstração do jogo e apenas 1 voluntário teve seu interesse reduzido. Isso mostra que como ferramenta educacional o jogo tem utilidade para instigar a curiosidade dos alunos sobre o tema abordado.

5.5 CRÍTICAS E MELHORIAS

As melhorias que identificamos mas ainda não havíamos atingindo a maturidade de desenvolvimento foram:

- **Acessibilidade Visual e Auditiva:** Não há preocupação com componentes inclusivos. Não levamos em conta por exemplo a questão do daltonismo na escolha da paleta de cores, foram baseadas no jogo analógico original que se baseou nas cores do Uno. (OLIVEIRA et al., 2021a)
- **UX/UI:** Animações entre eventos, tamanho de fonte, estudos sobre a escolha da fonte.

5.5.1 Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito baixo e 5 muito alto, como você avalia os seguintes pontos do jogo

Utilizamos dessa pergunta no questionário para identificarmos de maneira quantitativa em quais pontos o jogo estava satisfatório e quais ele poderia melhorar. Como é visto na Figura 38 o ponto mais forte do jogo foi o aprendizado, se mostrando um bom aliado como ferramenta pedagógica.

Em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito baixo e 5 muito alto, como você avalia os seguintes pontos do jogo

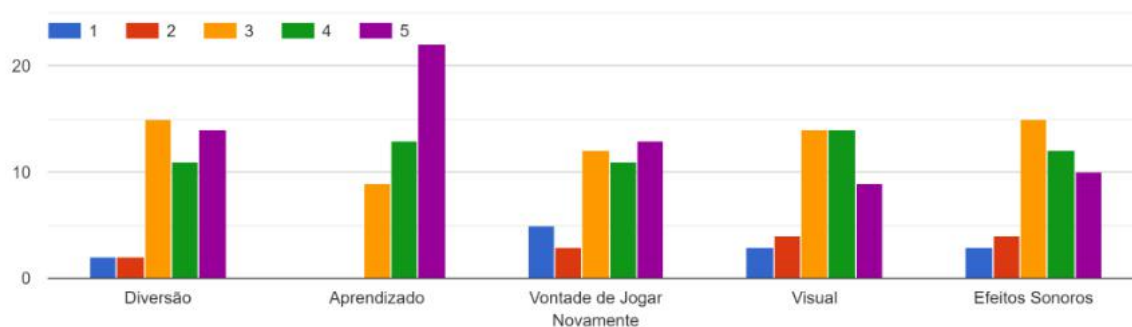


Figura 38 – Gráfico que mostra a percepção dos voluntários sobre os elementos do jogo.
Fonte: Gerado pelo Google Forms

5.5.2 Você teve algum problema técnico pra executar ou durante a execução do jogo? (Travamentos, imagens fora do lugar, mensagens de erro)

Mais de 40% dos voluntários experimentaram algum tipo de problema técnico na execução do jogo, o que destaca uma atenção necessária para resolução de bugs e otimizações.

44 respostas

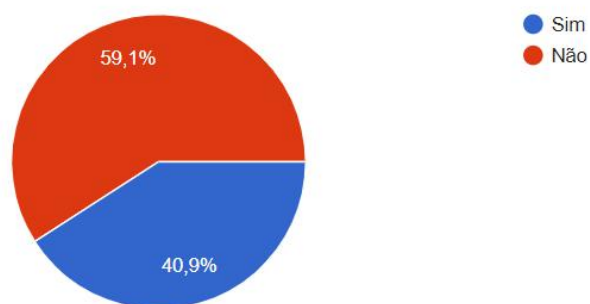


Figura 39 – Gráfico que mostra a porcentagem de voluntários que relataram algum bug durante o *playtest*. Fonte: Gerado pelo Google Forms

6 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma proposta de jogo educacional com o objetivo de conscientizar estudantes do Ensino Médio acerca do problema global das superbactérias e da resistência antimicrobiana. Entende-se que esse problema abrange, além da área da saúde, a área da educação. O jogo, em seu estado atual, foi desenvolvido para celulares Android e simula um profissional da área da saúde administrando um tratamento contra bactérias que possuem variados mecanismos de resistência antimicrobiana. Dessa forma, o principal objetivo pedagógico do jogo é mostrar ao jogador que o uso indiscriminado de antimicrobianos exerce uma pressão seletiva favorecendo a proliferação de bactérias que já possuem mecanismos de resistência contra os antimicrobianos utilizados, comprometendo a eficácia de tratamentos futuros que utilizem antimicrobianos da mesma classe.

Para validar a hipótese de que o jogo funciona como ferramenta educacional, foram ministradas algumas sessões de *playtest* com turmas de estudantes do Ensino Médio, que jogaram o jogo e responderam um formulário de *feedback*. A análise dos resultados mostrou que, mesmo com parte do grupo já tendo jogado a versão analógica do jogo, uma porcentagem significativa (79.1%) ainda não possuía conhecimento sobre alguns temas que o jogo aborda, como foi o caso da reprodução por divisão binária. Além disso, 50% dos voluntários indicaram que o interesse deles sobre o assunto aumentou após jogar o jogo. O Superbactérias recebeu pontuações boas em todos os seus elementos, com destaque para o aprendizado onde dos 44 voluntários, 9 deram nota 3, 13 nota 4, e 22 nota 5, com notas variando entre 1 e 5, resultando numa média de 4,29. Esses indicadores mostram a capacidade de jogos lúdicos instigarem o conhecimento dos alunos sobre os temas que os jogos abordam. Além disso, também mostra que embora o Superbactérias seja apenas um projeto de jogo, teve avaliação como um jogo divertido e didático.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Apesar do jogo estar funcionando, ainda existem aprimoramentos a serem feitos. Na sua forma atual, as artes do jogo ainda possuem um aspecto de protótipo, com bastante espaço para melhoria. Alguns participantes relataram travamentos durante as partidas, além de sugerir mais fases para jogar. O jogo não está presente na loja *Play Store* para aplicativos Android, e também não foi possível disponibilizar uma versão para dispositivos iPhone. Também houve casos de participantes reclamando que o jogo estava muito fácil, e outros dizendo que estava muito difícil, evidenciando que o jogo precisa de mais uma passada de balanceamento. Outra ideia dada por estudantes é que o jogo poderia permitir que o jogador inventasse os seus próprios antimicrobianos, simulando um verdadeiro biólogo fazendo pesquisa científica. Por fim, o jogo também poderia apresentar

um vídeo de tutorial antes da primeira partida para garantir que o jogador entenda o seu funcionamento antes de jogar.

REFERÊNCIAS

- ABBO, L. M. et al. Medical students' perceptions and knowledge about antimicrobial stewardship: how are we educating our future prescribers? **Clinical infectious diseases**, Oxford University Press, v. 57, n. 5, p. 631–638, 2013.
- ABBOTT, T. Mda framework– unconnected connectivity. **Gamasutra, December**, v. 12, 2010.
- AGARWAL, S.; YEWALE, V. N.; DHARMAPALAN, D. Antibiotics use and misuse in children: a knowledge, attitude and practice survey of parents in india. **Journal of clinical and diagnostic research: JCDR**, JCDR Research & Publications Private Limited, v. 9, n. 11, p. SC21, 2015.
- BECK, K. et al. **Manifesto for Agile Software Development**. 2001. Disponível em: <https://agilemanifesto.org/>.
- FISHMAN, N. Antimicrobial stewardship. **American journal of infection control**, Elsevier, v. 34, n. 5, p. S55–S63, 2006.
- GUO, B. et al. The structural characteristics and mechanisms of antimicrobial carbon dots: a mini review. **Mater. Adv.**, RSC, v. 3, p. 7726–7741, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1039/D2MA00625A>.
- HISCOTT, J. et al. The global impact of the coronavirus pandemic. **Cytokine & growth factor reviews**, Elsevier, v. 53, p. 1–9, 2020.
- HUNICKE, R. et al. Mda: A formal approach to game design and game research. In: SAN JOSE, CA. **Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI**. [S.l.], 2004. v. 4, n. 1, p. 1722.
- JACOME, M. P. O.; GONZALES-ZUBIATE, F. A. How to stop the spreading of super bacteria? **Brasil Para Todos-Revista Internacional**, v. 7, n. 1, p. 10–14, 2019.
- KUSUMA, G. P. et al. Analysis of gamification models in education using mda framework. **Procedia Computer Science**, Elsevier, v. 135, p. 385–392, 2018.
- MATTEL. 2023. Disponível em: <https://shop.mattel.com/pt-br/products/uno-jogo-de-cartas-original-w2085-pt-br>.
- MAYER, R. E. Computer games in education. **Annual review of psychology**, Annual Reviews, v. 70, p. 531–549, 2019.
- MURRAY, C. J. L. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. **The Lancet**, Elsevier, v. 399, p. 629–655, 2022. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(21\)02724-0/fulltext#seccesstitle10](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)02724-0/fulltext#seccesstitle10).
- OLIVEIRA, S. et al. **As superbactérias causadoras da gonorreia**. 2021. CienciArte no Ensino-Coleção Saúde e Ambiente/fascículo 5, LITEB/IOC/Fiocruz, Rio de Janeiro. 11 p.

OLIVEIRA, S. et al. **As superbactérias causadoras da gonorreia**. 2021.

RAZZAQUE, M. S. Implementation of antimicrobial stewardship to reduce antimicrobial drug resistance. **Expert Review of Anti-infective Therapy**, Taylor & Francis, v. 19, n. 5, p. 559–562, 2021.

ROUSOUNIDIS, A. et al. Descriptive study on parents' knowledge, attitudes and practices on antibiotic use and misuse in children with upper respiratory tract infections in cyprus. **International journal of environmental research and public health**, Molecular Diversity Preservation International (MDPI), v. 8, n. 8, p. 3246–3262, 2011.

SHAFFER, D. W. et al. Video games and the future of learning. **Phi delta kappan**, SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, v. 87, n. 2, p. 105–111, 2005.

SQUIRE, K.; JENKINS, H. Harnessing the power of games in education. **Insight**, v. 3, n. 1, p. 5–33, 2003.

STATEOFAGILE. **15th Annual State Of Agile Survey**. 2021. Disponível em: <https://digital.ai/resource-center/analyst-reports/state-of-agile-report/#ufh-c-473508-state-of-agile-report>.

SUTHERLAND, J. **The art of doing twice the work in half the time**. [S.l.]: Currency, 2014.

TABLETOPSIMULATOR. 2023. Disponível em: https://store.steampowered.com/app/286160/Tabletop_Simulator/.

TAUCEI, B. B. Endo-gdc: Desenvolvimento de um game design canvas para concepção de jogos educativos endógenos. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

TEKINBAS, K. S.; ZIMMERMAN, E. **The game design reader: A rules of play anthology**. [S.l.]: MIT press, 2005.

TONNA, A. P. et al. Views and experiences of community pharmacy team members on antimicrobial stewardship activities in scotland: A qualitative study. **International journal of clinical pharmacy**, Springer, v. 42, p. 1261–1269, 2020.

UNITY. 2023. Disponível em: <https://unity.com/pt>.

VUORRE, M. A large-scale study of changes to the quantity, quality, and distribution of video game play during the covid-19 pandemic. OSF, Feb 2021. Disponível em: osf.io/n7mzv.

ZHANG, Y. et al. A school-based educational intervention for school-aged children and caregivers about rational use of antibiotics in urban areas of shaanxi province: a study protocol for a randomized controlled research. **International journal of environmental research and public health**, MDPI, v. 15, n. 9, p. 1912, 2018.

ZHOU, B. L. Z. et al. Knowledge, attitudes and practices concerning self-medication with antibiotics among university students in western china. **Tropical Medicine and International Health**, v. 19, n. 7, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/tmi.12322>.

ANEXO A – CARTILHA COM REGRAS DO JOGO ANALÓGICO ORIGINAL

CienciArte[©]



no ensino

Saúde e
ambiente

5

AS SUPERBACTÉRIAS
CAUSADORAS DA
GONORREIA

Suellen de Oliveira

Lucas Heleno Lopes

Pedro Vitiello

Aline Ferreira Tolentino

Thamyris Viana dos Santos

Rafaela Nóbrega

Eleonora Kurtenbach

Robson Coutinho Silva



<https://www.rawpixel.com/image/288642/free-photo-image-awareness-bacteria>

Micrografia da bactéria *Neisseria gonorrhoeae*

**ENSINO
QUALQUER NÍVEL**

Atividade 1:

O que é evolução biológica afinal?

Atividade 2:

Jogo: As superbactérias

Atividade 3:

A bactéria *Neisseria gonorrhoeae* e a gonorreia



Apresentação da série CienciArte no Ensino

A série de fascículos “CienciArte no Ensino” é uma publicação do Setor de Inovações Educacionais do Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos (LITEB) do Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz com vários parceiros institucionais.

A série busca promover o diálogo entre a ciência e a arte, reforçando o conceito de “ArtScience”. Convidamos alunos e professores a participar desse diálogo para descobrir e compreender, de maneira simples e lúdica, maravilhas da cultura e da natureza. Os fascículos poderão servir como guia para as atividades propostas; porém, mais importante do que segui-los à risca, é criar condições para que a pesquisa científica aconteça de maneira agradável, livre e criativa.

Apresentação da oficina

Esta oficina pode ser utilizada como recurso pedagógico para o ensino de evolução biológica, com ênfase no processo de seleção de bactérias resistentes aos antimicrobianos utilizados no tratamento de diversas doenças. Para isso, analisaremos o caso das superbactérias causadoras da gonorreia.

Preparativos

Para desenvolver essa experiência será necessário:

- **Imagens** da atividade 1. Você pode utilizar as imagens sugeridas neste material ou escolher as suas próprias imagens. Elas poderão ser projetadas, se houver equipamento disponível ou impressas. Outra opção é o recorte de jornais e revistas.

- **Lápis ou caneta** para registro das atividades.

Observação: Os materiais necessários para o preparo da terceira atividade serão definidos por você!

Registro das atividades:

As fichas que acompanham este fascículo devem ser disponibilizadas para cada equipe de estudantes durante a realização do jogo, de modo a facilitar a compreensão do processo observado e a contagem dos pontos.

CienciArte [®] no ensino		REGISTRO DE ATIVIDADES	FICHA 1
Tipos de bactérias da primeira rodada:		Antimicrobiano:	
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
Bactérias sobreviventes na primeira rodada:			
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Total de bactérias sobreviventes:			



Atividade 1: O que é evolução biológica afinal?

Identificando o conhecimento prévio

O que seus alunos já sabem sobre a evolução biológica?

Ao convidar seus estudantes para participar da oficina, aconselhamos que eles sejam conduzidos para um local espaçoso e agradável, como o pátio ou a quadra da escola. Para começar, você pode fazer a seguinte pergunta:

O que é evolução biológica afinal?

As opções para respondê-la podem estar escritas em cartazes elaborados por você e fixados em locais distintos. Peça para analisarem as possíveis respostas e selecionarem uma delas, posicionando-se próximo ao cartaz com a opção escolhida.

Opções de respostas sugeridas:

- 1) *Descendência com modificação;*
- 2) *Descendência com melhoria;*
- 3) *Descendência com prejuízo.*

Em seguida, você pode pedir para que eles expliquem para o grupo por que escolheram determinada opção, estimulando-os a compartilhar suas concepções. Aqui cabe a você mediar a discussão conduzindo-os à construção da definição do conceito de evolução biológica.

Dica:

A Universidade de São Paulo (USP) preparou um site chamado “Entendendo a evolução para professores”, com duas seções: “Aprendendo evolução” e “Ensinando evolução”. Vale a pena conferir! O site está disponível em: <https://evosite.ib.usp.br/evohome.html>



E aqui está a definição apresentada no site:

“Evolução biológica, em termos simples, é descendência com modificação. Essa definição engloba evolução em pequena escala (mudanças em frequência gênica em uma população de uma geração para a próxima) e evolução em larga escala (a progênie de espécies diferentes de um ancestral comum após muitas gerações). A evolução nos ajuda a entender a história da vida.”



Atividade 1: O que é evolução biológica afinal?

Será que seus estudantes realmente compreenderam o conceito de evolução biológica?

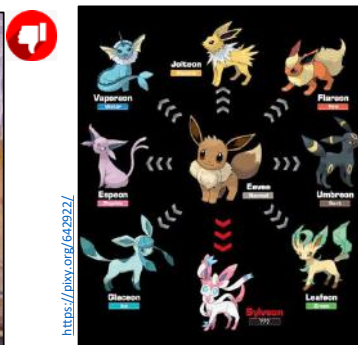
1- Para checar a compreensão dos alunos, você pode distribuir, em uma superfície plana (exemplo: uma mesa), algumas imagens para que possam identificar se elas exemplificam ou não o processo de evolução biológica, através da colocação de um símbolo de  e , respectivamente. Para isso, você pode dividir a turma em pequenos grupos para que discutam entre eles e definam as respostas.

2- Para cada imagem, sugerimos pedir que um representante de cada equipe explique como a figura foi classificada. Em seguida, revelar se acertaram ou não as respostas, apresentando a devida justificativa.



<https://pixabay.com/pt/photos/mulheres-pirafikavan-pessoas-315040/#>

Aumento do pescoço durante a vida de uma pessoa



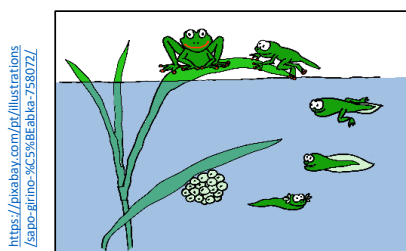
<https://pixiv.org/642922/>

Evolução Pokémon



https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Nectarine_Fruit_Development.JPG

Desenvolvimento de um fruto



<https://pixabay.com/pt/illustrations/sapo-girino-%C5%9Eabak-758072/>

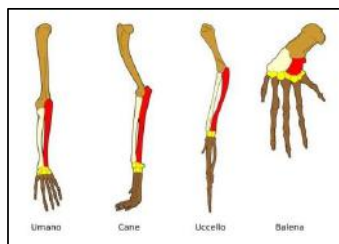
Metamorfose dos anfíbios



<https://pohere.com/es/photo/755456>

Hipertrofia muscular

<https://snapycat.com/o/357397a3423127651c480bd9f0e306691cc908/homolog%20vertebratis-1.svq>

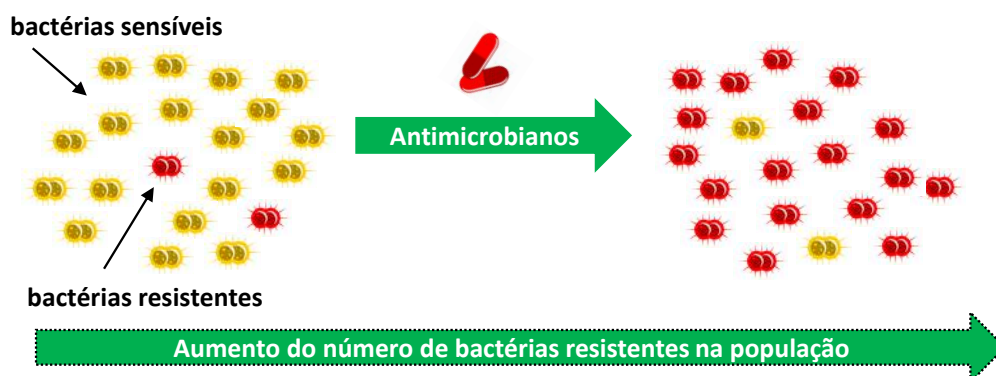


Órgãos homólogos



Atividade 2: Jogo: As superbactérias

A seleção de bactérias resistentes aos antimicrobianos



OBJETIVO: Simular o processo de seleção natural de bactérias resistentes à ação de antimicrobianos através de um jogo competitivo.

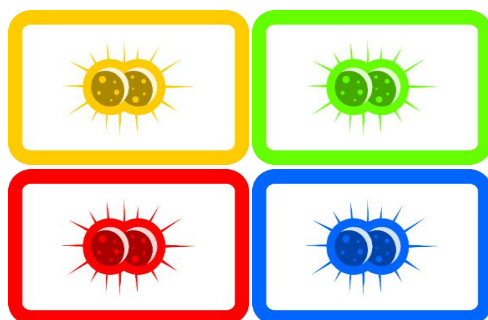
PÚBLICO-ALVO:

O jogo é indicado para maiores de 10 anos.

O JOGO:

O jogo apresenta quatro rodadas nas quais duas equipes de jogadores representam bactérias enfrentando os antimicrobianos.

É composto por 60 cartas, 44 representando bactérias e 16 representando antimicrobianos. As cartas são coloridas; cada uma das suas cores (amarelo, azul, verde e vermelho) representa um antimicrobiano com determinado mecanismo de ação (4 cartas de cada cor) ou uma cepa bacteriana com um mecanismo de resistência contra o antimicrobiano da mesma cor (11 cartas de cada cor).



Cartas contendo ilustrações da bactéria *Neisseria gonorrhoeae*. Cada cor representa uma cepa resistente a um determinado antimicrobiano.



Cartas contendo ilustrações de antimicrobianos. Cada cor representa um tipo de mecanismo de ação distinto.



Atividade 2: Jogo: As superbactérias

COMO JOGAR?

Primeira rodada (atividades sequenciais):

- 1) Separando as cartas em duas pilhas, uma contendo as bactérias e outra contendo os antimicrobianos.
- 2) Embaralhando e distribuindo cinco cartas contendo bactérias para cada equipe. As cartas deverão ser posicionadas uma ao lado da outra, com a face que contém a ilustração virada para cima.
- 3) Oferecendo duas cartas contendo antimicrobianos para cada equipe. Os jogadores deverão escolher um dos antimicrobianos representados nas cartas para tratar a infecção provocada pelas bactérias das cartas da equipe adversária. Para isso, as equipes deverão comparar as cores das cartas das bactérias da equipe adversária com as cartas dos antimicrobianos oferecidas por você, selecionando, preferencialmente, a carta do antimicrobiano que possa matar o maior número de bactérias, ou seja, com cor diferente das bactérias das cartas da equipe adversária.
- 4) Ao receber a carta selecionada pela equipe adversária, os estudantes deverão verificar se ela tem a mesma cor que alguma de suas bactérias, o que significa que as bactérias em questão possuem um mecanismo de resistência para aquele antimicrobiano, portanto, ela sobreviverá e será mantida no jogo.
- 5) As cartas das bactérias que tiverem cores diferentes do antimicrobiano recebido representam microrganismos sem nenhum mecanismo de resistência contra esse antimicrobiano. Portanto, o uso do medicamento provocará a morte da bactéria, que deverá ser representada pela retirada da carta do jogo.

Segunda rodada: Cada bactéria sobrevivente se reproduzirá por divisão binária, sendo o processo de reprodução representado pela distribuição de uma nova carta da pilha de bactérias, para cada sobrevivente. As bactérias da nova geração deverão ser posicionadas em uma nova fileira abaixo das sobreviventes. Logo, a quantidade de cartas distribuídas para cada equipe depende do número de bactérias sobreviventes na rodada anterior. Caso não tenha tido nenhuma bactéria sobrevivente, a equipe receberá novamente cinco cartas, que deverão substituir as bactérias da primeira geração, posicionadas na primeira fileira. O aparecimento de bactérias de cores diferentes representa a aquisição de um novo tipo de mecanismo de resistência, adquirido através de mutação(ões).

Oferecendo novamente duas cartas de antimicrobianos a cada equipe, eles poderão escolher qual deles será utilizado contra as bactérias do adversário naquela rodada. O antimicrobiano selecionado atuará apenas contra as bactérias recebidas naquela rodada. Após isso, serão mantidas apenas as cartas das bactérias que apresentam um mecanismo de resistência contra aquele antimicrobiano. As bactérias que “morrerem” deverão ser removidas.



Atividade 2: Jogo: As superbactérias

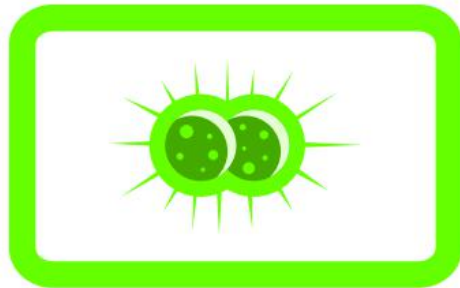
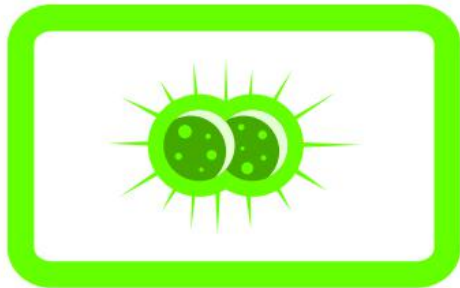
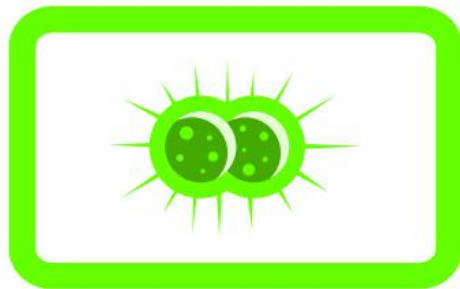
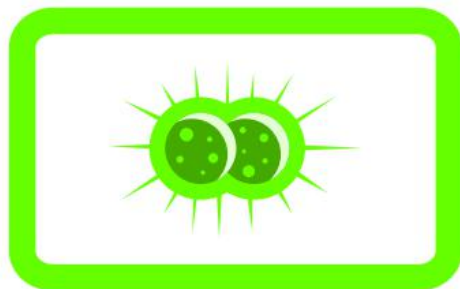
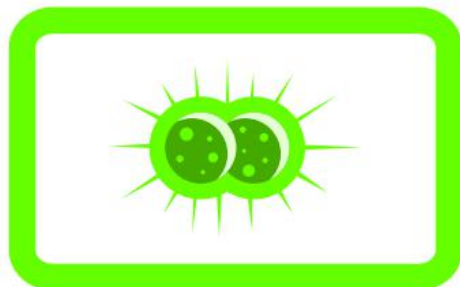
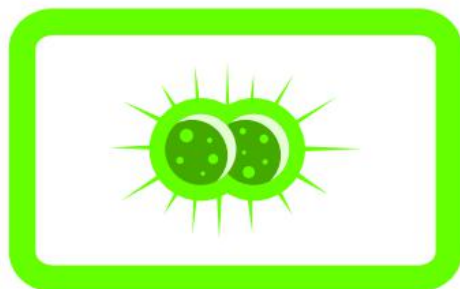
Terceira e quarta rodada: Devem ser conduzidas de maneira semelhante à segunda rodada.

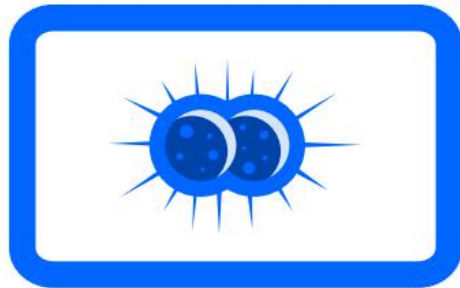
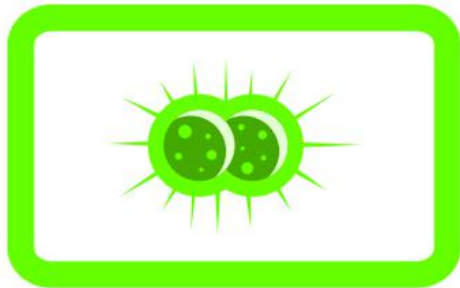
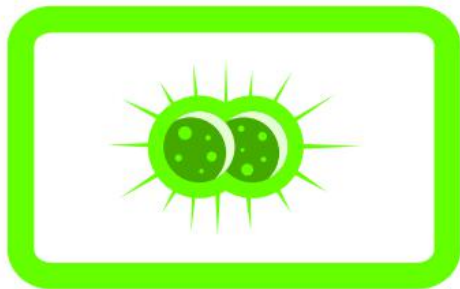
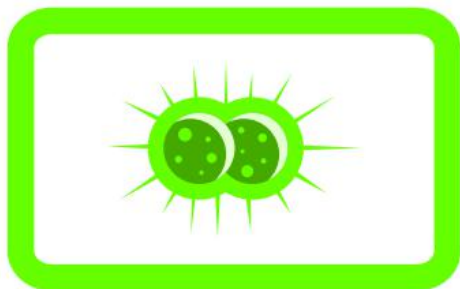
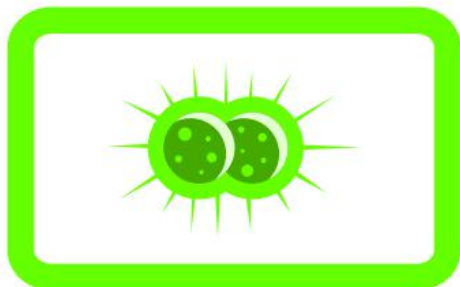
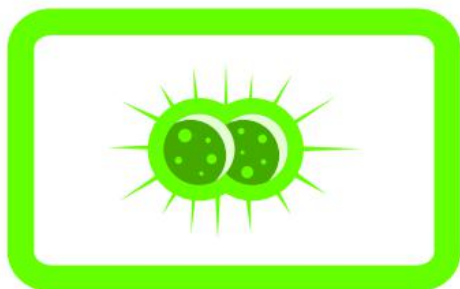
Vence o jogo a primeira equipe que conseguir formar uma população de bactérias contendo os quatro tipos de resistência aos antimicrobianos, ou seja, a primeira equipe que conseguir manter viva uma bactéria de cada cor, mesmo que seja uma cor por rodada.

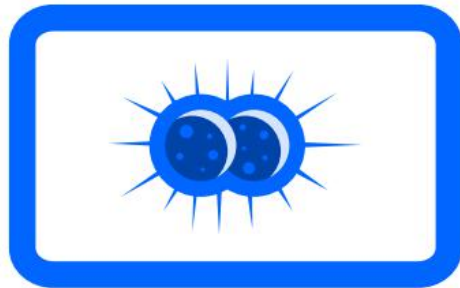
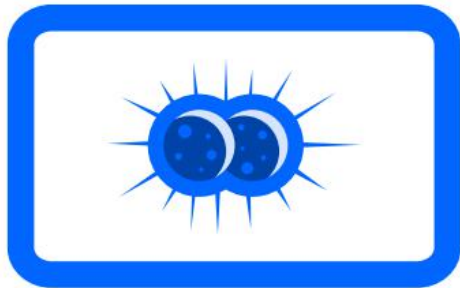
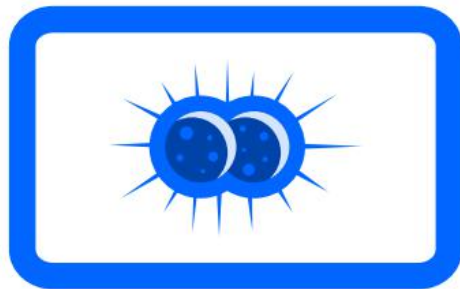
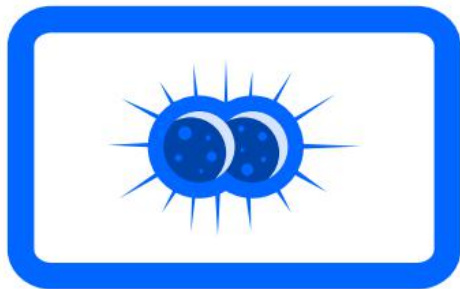
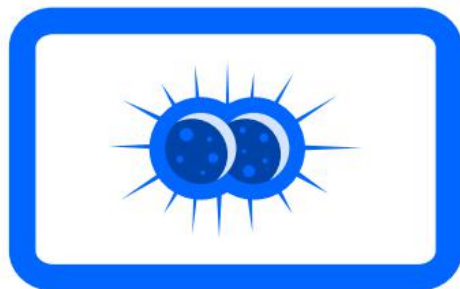
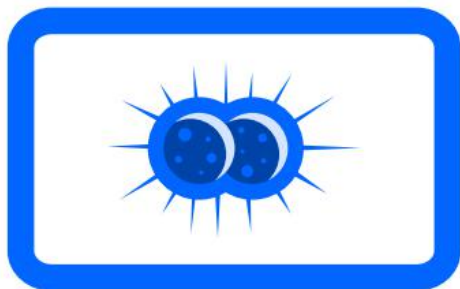
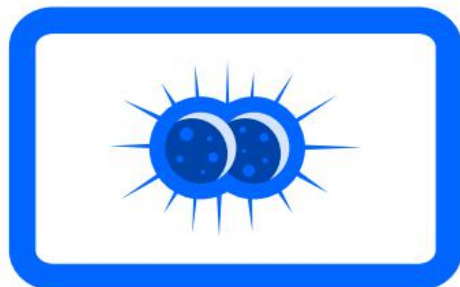
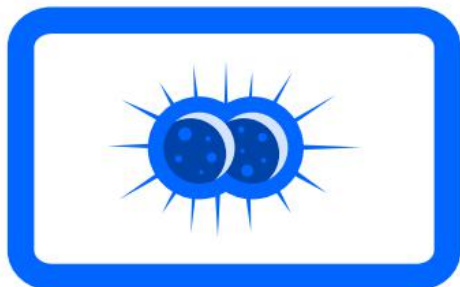
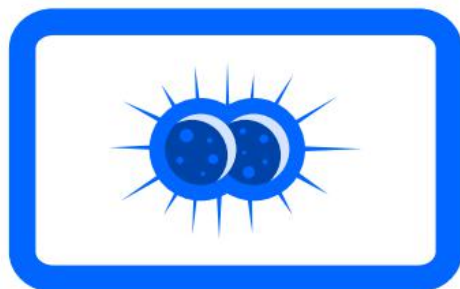
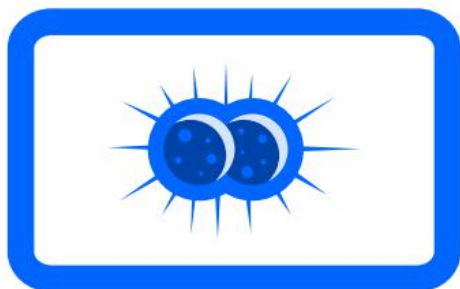
Se após concluir as quatro rodadas nenhuma das equipes tiver conseguido atingir o objetivo citado acima, a equipe vencedora será aquela com o maior número de pontos.

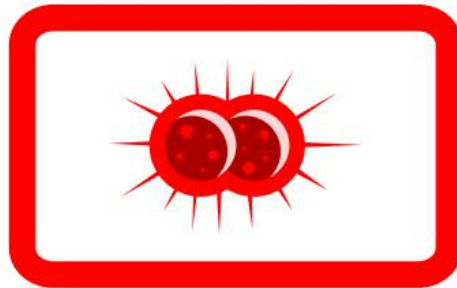
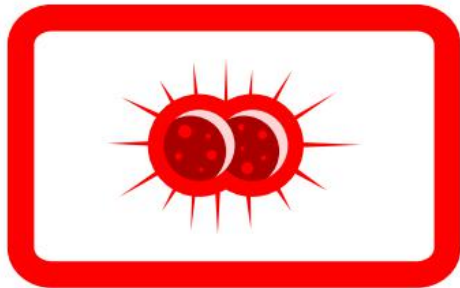
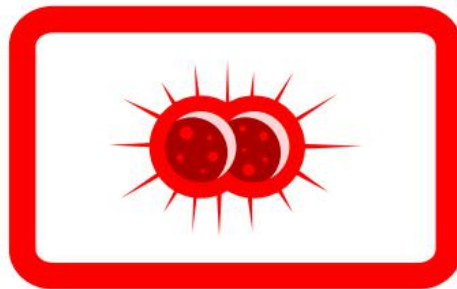
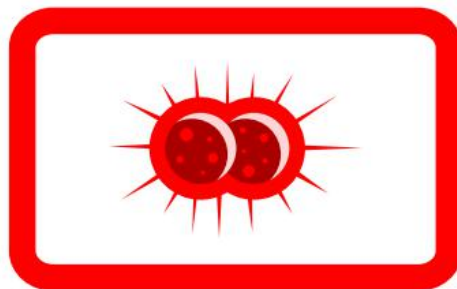
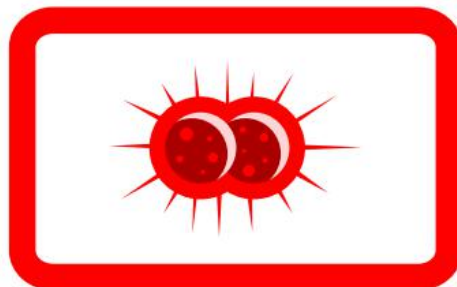
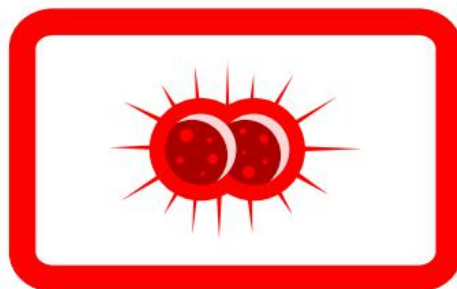
CONTAGEM DOS PONTOS:

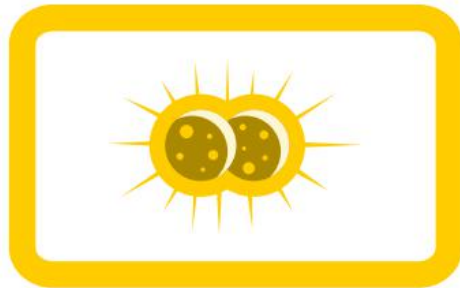
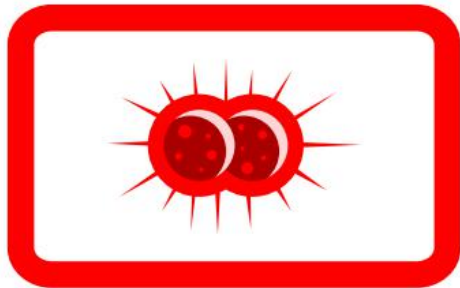
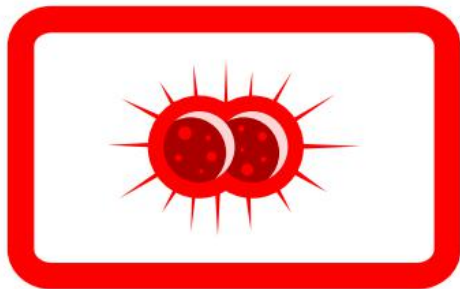
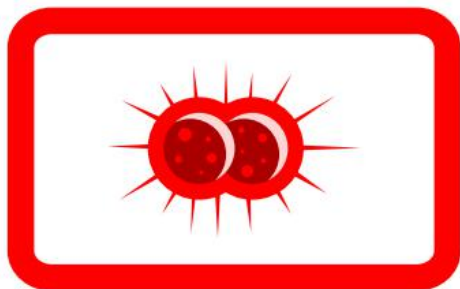
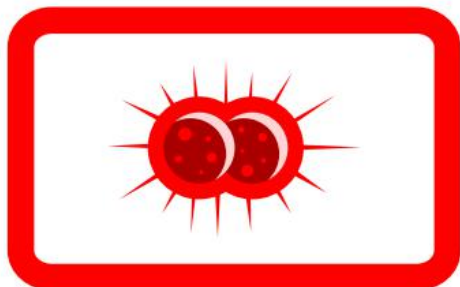
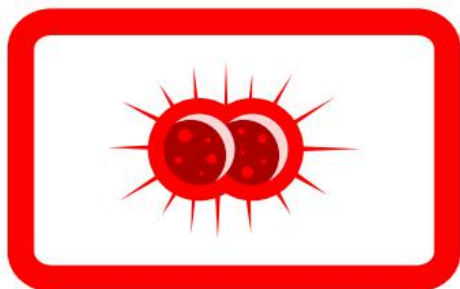
- ❖ **Número de rodadas com pelo menos uma bactéria viva:** Dez pontos por rodada.
- ❖ **Número de bactérias vivas a cada rodada:** Dez pontos por bactéria.
- ❖ **Número de tipos de resistência adquiridas:** Cinquenta pontos para cada tipo de resistência.



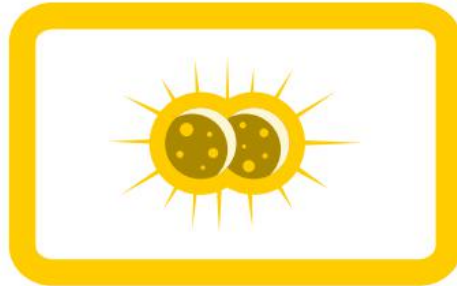
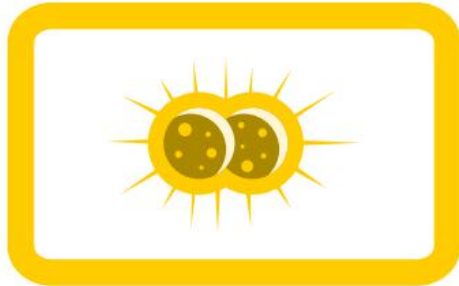
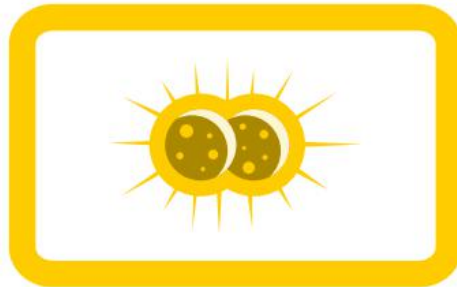
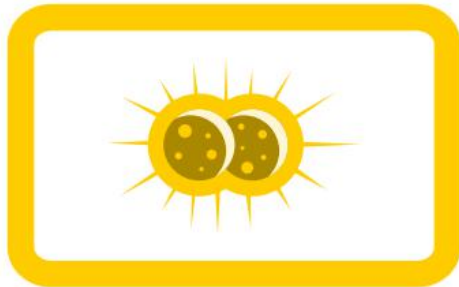
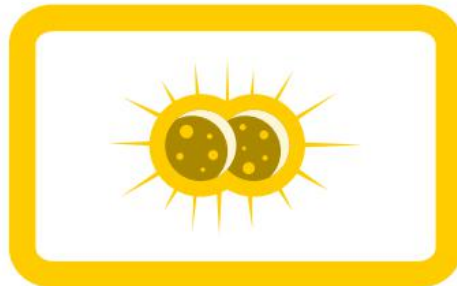
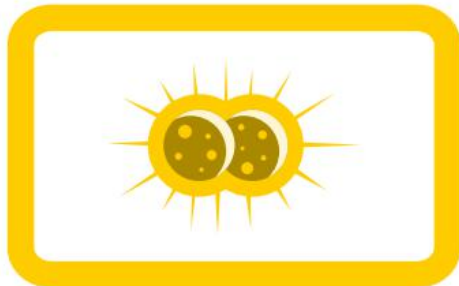
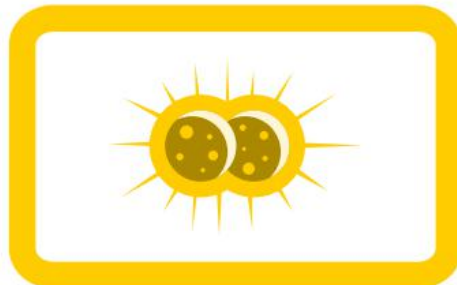
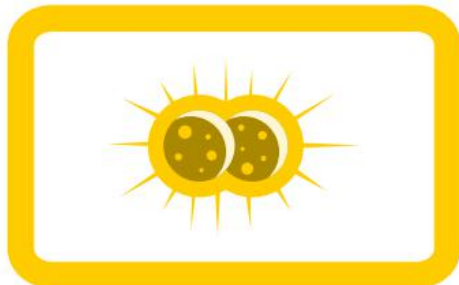
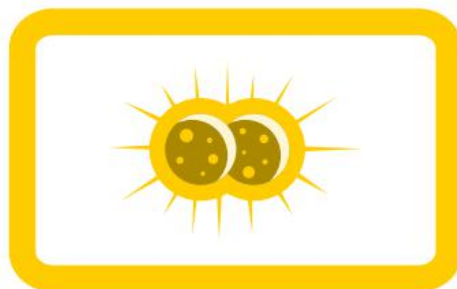
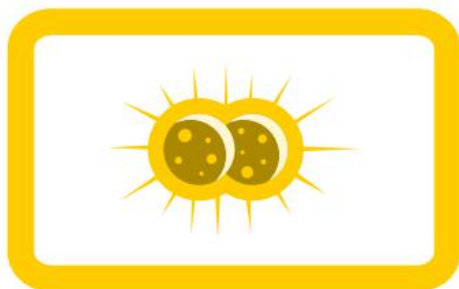








CARTAS DO JOGO



Tipos de bactérias da primeira rodada:

--	--	--	--	--

Antimicrobiano:

--

Bactérias sobreviventes na primeira rodada:

--	--	--	--	--

Total de bactérias sobreviventes:

Lembrete:

O total de bactérias sobreviventes é o mesmo de bactérias que irão se reproduzir por divisão binária.

Tipos de bactérias da segunda rodada:

--	--	--	--	--

Antimicrobiano:

--

Bactérias sobreviventes na segunda rodada:

--	--	--	--	--

Total de bactérias sobreviventes:

Tipos de bactérias da terceira rodada:

--	--	--	--	--

Antimicrobiano:

--

Bactérias sobreviventes na terceira rodada:

--	--	--	--	--

Total de bactérias sobreviventes:

Tipos de bactérias da quarta rodada:

--	--	--	--	--

Antimicrobiano:

--

Bactérias sobreviventes na quarta rodada:

--	--	--	--	--

Total de bactérias sobreviventes:

Contagem de pontos:

Número de rodadas com pelo menos uma bactéria viva:

(Dez pontos por rodada)

$$\underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

Número de bactérias vivas a cada rodada:

(Dez pontos por bactéria)

$$\underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

Número de tipos de resistência adquiridas:

(Cinquenta pontos por cada tipo de resistência)

$$\underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} + \underline{\quad} = \underline{\quad}$$

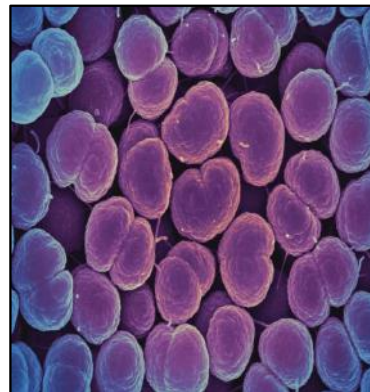


Atividade 3:

A bactéria *Neisseria gonorrhoeae* e a gonorreia

A infecção pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae* pode provocar a gonorreia — uma Infecção Sexualmente Transmissível (IST). A transmissão também pode ocorrer da mãe para o filho no momento do parto, podendo provocar conjuntivite neonatal e cegueira no bebê.

A bactéria pode infectar a mucosa do sistema genital, do sistema intestinal (do reto ou da orofaringe) e a conjuntiva no olho, de forma assintomática ou sintomática. Também há risco de haver quadros sistêmicos com complicações cardíacas e nervosas.



Neisseria gonorrhoeae

Que tal convidar os estudantes a investigarem sobre a doença?



O tratamento da doença é feito através da administração de antimicrobianos. No entanto, cepas de *N. gonorrhoeae* resistentes aos antimicrobianos têm sido identificadas em diversos países, comprometendo a eficácia do tratamento. O processo de adaptação das populações de *N. gonorrhoeae* aos antimicrobianos se deu por meio de mutações, seguida da exposição às pressões seletivas impostas pelo uso de antimicrobianos. Nesse processo, as bactérias que apresentavam mecanismos de resistência a esses antimicrobianos sobreviveram, mantendo-se na população. Essas características foram passadas para seus descendentes por divisão binária, um mecanismo de reprodução assexuada. Além disso, puderam adquirir genes de outras bactérias através de processos como conjugação e transformação, o que agravou a disseminação dos genes de resistência aos antimicrobianos.

Mas como essas bactérias fazem para sobreviver na presença do antimicrobiano?

Essas bactérias conquistaram a capacidade de sobreviver na presença de antimicrobianos através do desenvolvimento de diversos mecanismos de resistência, tais como: alteração da permeabilidade celular; alterações morfológicas no local onde os fármacos deveriam se ligar; aumento do número de bombas de efluxo, que direcionam o medicamento para fora da célula; ou até mesmo a produção de enzimas que neutralizam ou degradam o antimicrobiano antes que ele chegue ao seu alvo.

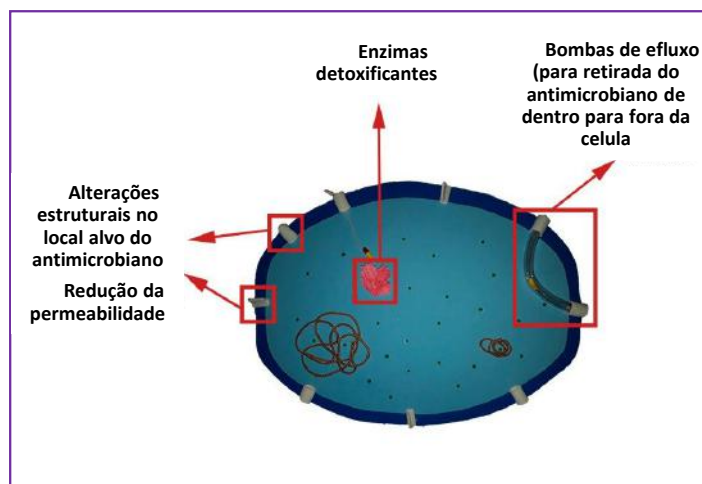
AGORA É COM VOCÊ!

Como você pode abordar os mecanismos de resistência com seus alunos?



Sugestão de atividade

Você poderá dividir a turma em equipes e desafiar os estudantes a construírem modelos didáticos que possam representar os mecanismos de resistência aos antimicrobianos da bactéria *Neisseria gonorrhoeae*. Para confecção do modelo abaixo foram utilizados materiais de baixo custo, como isopor, EVA, barbante, miçangas, cola de isopor, tesoura e mangueira de silicone.



Exemplo de modelo didático representando os mecanismos de resistência presentes em uma célula bacteriana

Para saber mais

Acessando o link a seguir você poderá conhecer o material “Resistência bacteriana aos antibióticos: o que você deve saber e como prevenir”:
<https://portal.fiocruz.br/noticia/cartilha-alerta-para-os-riscos-da-resistencia-aos-antibioticos>

Expediente:

Organizadores: Tania C. Araújo-Jorge, Felipe do E. S. Silva-Pires, Cristina X. de A. Borges, Valéria da Silva Trajano; **Projeto gráfico:** Heloisa Diniz – Serviço de produção e Tratamento de Imagem/IOC; **Impressão:** WalPrint Gráfica e Editora Ltda., Rio de Janeiro; **Tiragem:** 1000 exemplares.

Instituto Oswaldo Cruz
Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos



Ministério da Saúde

FIUCRUZ
Fundação Oswaldo Cruz

Este material foi produzido pelo LITEB (FIOCRUZ), em parceria com o museu Espaço Ciência Viva. Pode ser reproduzido para fins educacionais, desde que seja assegurada a citação:

Oliveira, S.; Lopes, L. H.; Vitiello, P.; Tolentino, A. F.; Santos, T. V.; Nóbrega, R.; Kurtenbach, E.; Coutinho-Silva, R. As superbactérias causadoras da gonorreia. CienciArte no Ensino-Coleção Saúde e Ambiente/fascículo 5, LITEB/IOC/Fiocruz, Rio de Janeiro, 11 p., 2021.