

# Produzindo Nano: um jogo de edutenimento

Matheus da Trindade Viegas  
Curso de Jogos Digitais  
UFN - Universidade Franciscana  
Santa Maria - RS  
matheusviegas5@gmail.com

Guilherme Chagas Kurtz  
Curso de Jogos Digitais  
UFN - Universidade Franciscana  
Santa Maria - RS  
guilhermekurtz@ufn.edu.br

**Resumo**—Os jogos sérios são muito utilizados na educação como uma ferramenta auxiliar de aprendizado. Assim, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um jogo de edutenimento focado no entretenimento e ensino, voltado para o ensino superior abordando as etapas da criação de um fármaco nanoestruturado a partir de matéria-prima vegetal. O jogo é do gênero plataforma 2D envolvendo a evolução de um personagem que segue essas etapas interagindo com o ambiente. A metodologia que foi utilizada no desenvolvimento é uma adaptação baseada na de Heather Maxwell Chandler e foi satisfatória, assim como a utilização do motor de jogo Unity na implementação.

**Palavras-chave** : jogos digitais; edutenimento; nanotecnologia; fármaco;

## I. INTRODUÇÃO

O mercado de jogos digitais no Brasil tem crescido nos últimos anos, sendo um grande destaque dentre as indústrias criativas e culturais [3]. Inclusive, esse nicho apresenta estimativas de crescimento de 5,3% até 2022 segundo o resultado da 19ª Pesquisa Global de Entretenimento e Mídia [25].

Os jogos digitais também têm sido utilizados para o ensino. Atualmente, existem diversos *sites* educativos contendo inúmeros jogos que contribuem no aprendizado de matérias do ensino básico, tais como matemática, inglês, história e geografia.

A maioria dos jogos educativos existentes envolvem mecânicas de perguntas e respostas, tendo poucos elementos em comum com jogos que são desenvolvidos com foco no entretenimento, como o jogador assumir um personagem dentro do jogo. Dessa forma, jogos de edutenimento têm o objetivo de aliar o entretenimento com o ensino, se tornando uma abordagem educativa bastante atrativa, lúdica e dinâmica [9].

É importante mencionar que jogos voltados para o ensino básico são quantitativamente mais comuns do que aqueles que abordam conteúdos tratados no ensino superior. E como mostrado no trabalho de Lozza e Rinaldi [20], os alunos universitários participantes da pesquisa apontam unanimemente o interesse por métodos ativos na educação e reconhecem a utilização e a vantagem de jogos nessa função. Além disso, a pesquisa ainda mostra que esses estudantes tiveram mais

acesso a jogos educativos durante a escola do que quando comparado à universidade, o que pode ser devido à falta de criação de jogos para ensino superior.

Uma área científica que se pode ressaltar o crescimento é a Nanotecnologia. Seu caráter multidisciplinar tem sido de grande valia para diversos nichos da biomedicina, levando a diversas inovações [23]. Além disso, destaca-se o seu uso no desenvolvimento de novas formulações e estruturas nanocarreadoras de fármacos sintéticos e compostos de origem natural [7].

Tendo isso em vista, o objetivo desse trabalho é apresentar o desenvolvimento de um jogo de edutenimento com conteúdo de ensino superior de gênero plataforma 2D que aborda conceitos técnicos relacionados às fases de desenvolvimento de um fármaco nanoestruturado a partir de matéria-prima vegetal. Todo o desenvolvimento foi baseado na metodologia de Heather Maxwell Chandler [6].

O *design* do jogo teve foco na elaboração de mecânicas tematizadas com base nos conceitos técnicos mencionados anteriormente e apresentados sempre de forma diegética, ou seja, dentro do contexto do jogo. Para isso, foi realizado um referenciamento teórico sobre os conceitos científicos abordados no jogo como farmacognosia e nanotecnologia. E por fim, foram descritas as mecânicas implementadas no jogo abrangendo os conceitos chaves da temática central.

## II. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados conceitos pertinentes que foram utilizados ao desenvolver esse jogo.

### A. Jogos digitais

Jogos de computador podem servir como uma importante ferramenta para aliar o divertimento ao aprendizado [21]. Por isso, jogos educativos podem apresentar diferentes abordagens dependendo de seu objetivo e neste tópico serão abordados os principais tipos e suas finalidades.

Os jogos sérios têm surgido na indústria de jogos com diferentes propostas, objetivos e áreas de aplicação. Porém, como mostrado na revisão sistemática feita por Prieto e Medina [24], ainda não se tem definição e classificação comuns definidas entre os autores, o que facilitaria a organização e entendimento deste setor em ascensão.

A definição mais comum encontrada para jogos sérios é aquele jogo que não possui o entretenimento como seu principal objetivo. Essa definição é frágil pois para poder satisfazer essa condição é necessário saber a intenção do *game designer* por trás do jogo, o que torna um conceito pouco prático de se aplicar [17]. Em contrapartida, Laamarti et al. [19] encontraram que a definição mais comum entre indústria e pesquisadores é que jogos sérios incluem a dimensão do entretenimento e possuem potencial de interação multimodal em diferentes contextos como educação, treinamento, saúde ou comunicação interpessoal. Além disso, os autores acreditam que o termo “sério” venha do papel que esses jogos têm em transmitir alguma mensagem ou contribuição, seja esse um conhecimento, uma habilidade ou algum tipo de conteúdo para o jogador.

Devido à divergência de classificações dos jogos sérios, como citado anteriormente, foi adotado a classificação citada por Gupta e Gupta [14], pois é uma classificação genérica e suficiente para o entendimento na criação de Produzindo Nano. Sendo assim essa classificação separa os Jogos Sérios em três subcategorias: *Advergaming*, Simulação e Edutentimento. *Advergaming* são utilizados por empresas para divulgação de produtos e serviços ou apenas para a promoção do nome. Simulações tentam buscar a fidedignidade do ambiente em que o jogador se encontra, e são utilizados frequentemente para o treinamento de pessoas.

Já o edutentimento é a junção das palavras educação e entretenimento. Esse conceito tem sido destaque mundial em diversos âmbitos educacionais, pois o edutentimento se refere ao uso de elementos lúdicos como jogos, filmes, vídeos e mídias em geral para fins educativos [22]. Desta forma, um jogo de edutentimento pode servir como uma ferramenta de complemento à educação do jogador de forma mais atrativa e divertida.

## B. Farmacognosia

1) *Matéria-prima Vegetal*: Plantas medicinais são utilizadas mundialmente devido à sua eficácia terapêutica, além de maior aceitabilidade pelos pacientes. Existem diversas pesquisas em busca de descobrir novas espécies de plantas e seus componentes com efeitos terapêuticos. Sendo assim, as plantas possuem um papel importante na busca de novos tratamentos, sendo que já existem diversos medicamentos derivados de matéria-prima vegetal que são utilizados em diferentes doenças [16].

Esses componentes que podem ter potencial terapêutico, são chamados de metabólitos secundários, e podem ser encontrados em diferentes subprodutos chamados de extratos vegetais [1], e nas plantas elas possuem o papel de defesa e interação com o ambiente. Um tipo de extrativo vegetal é o óleo essencial, que representa os constituintes aromáticos da planta, sendo obtido por destilação a vapor (Figura 1) ou hidrodestilação, e dependendo da proporção de seus constituintes conferem características químicas e físicas

diferentes. A proporção dos metabólitos secundários variam de acordo com diversos fatores da planta como estágio de desenvolvimento, parte do órgão vegetal, clima, poluição, danos físicos ou químicos, doenças e pestes, armazenamento (luz, umidade, temperatura, contaminação, oxidação, etc.), genética, entre tantos outros [11].

Compostos derivados de planta têm demonstrado um potencial terapêutico para diversas doenças, porém muitas vezes não possuem uma performance muito boa em estudos clínicos devido à sua baixa biodisponibilidade. Por isso, para se contornar essa desvantagem, a nanotecnologia tem sido empregada em formulações de produtos naturais para conseguir uma melhor eficácia na terapêutica dos pacientes [10].



Figura 1. Destilação a vapor para extração de óleos essenciais. Fonte: Retirado de BetaEQ(2019)[4].

2) *Fármaco*: Um fármaco é uma substância de estrutura molecular conhecida, que quando administrada em organismo vivo desencadeia algum efeito biológico com intenção terapêutica. Sendo assim, o fármaco está presente nos medicamentos que são uma forma farmacêutica com finalidade profilática, curativa, paliativa ou para fins de diagnóstico, e geralmente com adjuvantes farmacotécnicos [5].

O isolamento de um fármaco pode ser feito a partir de material vegetal, e isso envolve diferentes etapas e o processo mais importante é o de extração, primeiro passo de tratamento da planta para retirar um extrato de seus constituintes. A extração pode ser feita por métodos convencionais como: maceração, infusão, digestão, decocção, percolação, extração exaustiva e extração de soxhlet, e também métodos não convencionais como: extração assistida por ultrassom, extração com fluido supercrítico, extração por líquido pressurizado e extração assistida por microondas [18].

Na sequência, a identificação e caracterização dos constituintes de um extrato de planta utiliza diferentes técnicas de separação. Comumente se utiliza métodos cromatográficos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Processo ao qual moléculas presentes em misturas complexas podem ser separadas com base nas suas solubilidades em diferentes solventes e em suas mobilidades em diferentes substratos.

mas, técnicas não-cromatográficas também podem ajudar na obtenção e identificação desses compostos ativos. E após a purificação, a identificação desses compostos se dá por métodos de detecção, que muitas vezes podem já ser acoplados às técnicas cromatográficas de separação. Os detectores escolhidos devem diferir dependendo do tipo de amostra, e, caso a molécula de estudo seja desconhecida, o mais comum é utilizar espectrometria de massas pois fornecerá várias informações para a elucidação estrutural destes compostos [28]. Para fins ilustrativos a Figura 2 mostra os passos gerais para o isolamento e identificação de um fármaco

3) *Nanotecnologia*: A nanotecnologia possui diversas definições de acordo com a área aplicada. Uma partícula deve estar dentro de uma escala nanométrica para ser considerado uma nanopartícula. Porém, não se tem uma escala definitiva, já que diversas organizações da área da saúde com credibilidade científica propõe diferentes tamanhos para a escala nanométrica. De acordo com a ISO/TC 229 a escala nanométrica corresponde até o valor de 100 nanômetros [15].

Diversas vantagens são adquiridas a um fármaco associado à nanopartículas em comparação aos sistemas terapêuticos convencionais como: proteção frente à degradação (física, química ou enzimática), redução de toxicidade, redução de efeitos adversos e aumento da eficácia [12].

Para se obter uma formulação de base nanotecnológica, diversos fatores são levados em consideração quanto aos materiais utilizados como a biodegradabilidade, biocompatibilidade, capacidade para funcionalização de superfície, conjugação, complexação e encapsulamento. Os fármacos podem se estruturar em nanopartículas por meio de diferentes mecanismos que incluem solubilização, conjugação ou adsorção [30]. Os principais tipos de sistemas nanoestruturados são: lipossomas, nanopartículas lipídicas, micelas e nanopartículas poliméricas [8]. Em uma situação ideal, as nanopartículas exercem o papel de nanocarreadores sendo capazes de transportar o fármaco para um local de destino específico para exercer a atividade terapêutica com mais segurança [13].

### C. Metodologia de "Manual de Produção de Jogos Digitais"

O desenvolvimento do jogo foi feito com adaptação da metodologia de Heather Maxwell Chandler [6], que divide um ciclo de produção em Pré-Produção, Produção, Testes e Finalização. Esses ciclos podem ser utilizados tanto para a implementação de conceitos funcionais menores dentro do jogo, quanto para dividir o processo do projeto como um todo.

As etapas do ciclo de produção foram simplificadas e modificadas de forma a adaptar a criação de um jogo feito por uma pessoa.

1) *Pré-Produção*: Primeira fase e mais crítica, pois é nessa fase que é feita toda a definição do jogo. Pode-se dividir em: conceito do jogo, requisitos do jogo, planejamento

do jogo e avaliação de risco.

Conceito do jogo consiste da ideia geral além da definição da plataforma de hardware e o gênero do jogo. Após definido, levanta-se os requisitos necessários para a criação do jogo que incluem recursos básicos de arte, design e engenharia, qualquer restrição que possa ter, e a documentação básica técnica e de *design*. Já o planejamento do jogo é onde as informações são reunidas mostrando como tudo será realizado, tanto o orçamento, o cronograma quanto a necessidade de pessoas para as tarefas. E por fim, a avaliação de risco serve para determinar os riscos envolvidos em todas as outras etapas e poder estar preparado caso aconteça.

2) *Produção*: Fase onde o jogo é desenvolvido em si com criação dos recursos levantados nos requisitos da fase anterior. Pode-se dividir em: implementação do plano, rastreamento do progresso e conclusão de tarefas.

A implementação do plano significa um documento onde estão todas as ferramentas e recursos necessários para a implementação do projeto, deve-se atualizar constantemente conforme mudanças. Para que se controle o andamento do projeto, o rastreamento do progresso serve para identificar o progresso de desenvolvimento de um recurso em um determinado momento da produção. E a conclusão de tarefas são critérios estabelecidos para determinar quando uma tarefa está concluída, serve para saber precisamente quando algum recurso está realmente atendendo o planejado.

3) *Testes*: Concomitante com a fase de produção, a fase de testes serve para verificar se há problemas nos conteúdos criados e corrigi-los. Pode-se dividir em: validação do plano e liberação do código.

A qualidade do jogo se dá pela criação de um plano de testes que é feito de acordo com a relação dos *assets* e funcionalidades descritos no planejamento, e assim ter a validação do jogo em relação ao plano. Após realizar todos os testes acontece a liberação do código, significando que o conteúdo ali contido é definitivo e já passou por correções de *bugs*.

4) *Pós-Produção*: Após a finalização e encerramento do projeto, a pós-produção serve para analisar o que se aprendeu durante todo o desenvolvimento a fim de poder aprender e não cometer os mesmo erros em trabalhos futuros. É composta por: o aprendizado com a experiência e o plano de arquivamento.

Uma maneira de se conduzir o aprendizado com a experiência é realizar um *post-mortem* após pequenas etapas, ou um maior ao fim de todo o projeto. Serve para todos os envolvidos refletirem sobre o que aconteceu de bom e ruim no projeto e propor soluções para caso esses problemas se repitam. E ao fim do projeto, o plano de arquivamento serve para se documentar tudo o que foi produzido de forma organizada, para que se possa acessar novamente caso seja necessário reutilizar algum recurso já criado.

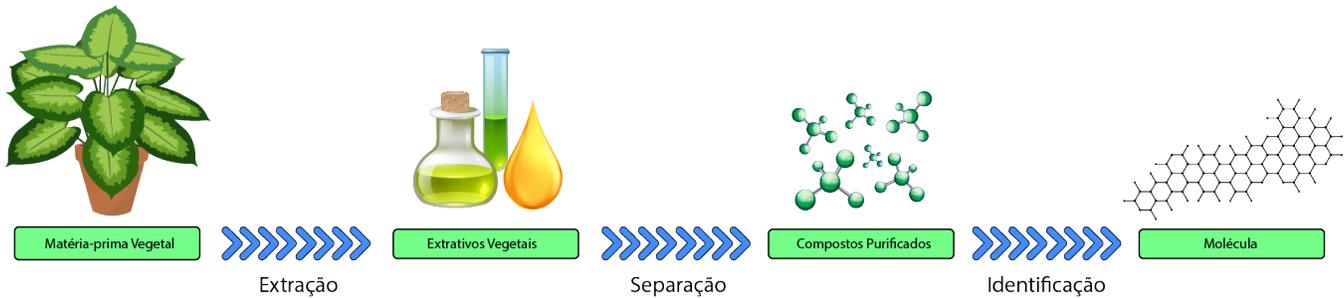


Figura 2. Esquema da separação e identificação de molécula a partir de planta. Fonte: Elaborado pelo autor.

#### D. Trabalhos Relacionados

Nesta seção serão apresentados alguns jogos relacionados a este.

##### 1) *microADVENTURE: Uma Aventura InterMolecular:*

Neste trabalho é apresentado um jogo de plataforma 2D onde a proposta envolve a compreensão de alguns sistemas do corpo humano além de conceitos sobre genética e organelas básicas. O jogo é composto por uma história onde uma menina é atacada por um cachorro com raiva e o jogador necessita eliminar o vírus de dentro do corpo da vítima, controlando Gloto, um glóbulo branco, passando pelas fases com chefes e *minigames*. Outro aspecto interessante é que o cenário e os coletáveis são contextualizados com a proposta de ensino, por exemplo, a barra de energia de Gloto diminui constantemente e só pode ser aumentada conforme ele coleta a molécula de energia, a Adenosina Trifosfato (ATP). O rio onde o personagem pode ser derrotado é feito de colesterol e as bases nitrogenadas são “chaves” necessárias para passar de fase [2].

2) *VidaVit:* No trabalho de Sant’Anna et al. [26] é apresentado um jogo que permite controlar um glóbulo branco em uma plataforma 2D percorrendo órgãos no corpo humano e o curando de infecções. Também procura trazer informações sobre doenças, vacinas e cuidados gerais com a saúde ao final de cada etapa de acordo com os cenários jogados. Os coletáveis são medicamentos que atribuem poderes ao personagem, como velocidade e altura nos saltos e as vacinas que são necessárias para poder completar o nível atual. O jogador possui três vidas e bactérias e vírus são colocados como inimigos, além do tempo limitado que faz com que o personagem perca vida caso deixe o tempo acabar.

3) *Pula Carrapato:* Neste trabalho [27] é abordado diversos aspectos sobre a febre maculosa, doença causada por bactéria e transmitida pela picada do carrapato. O objetivo do jogador é controlar um carrapato-fêmea e sobreviver a diferentes cenários ecológicos evoluindo por três estágios de vida diferentes garantindo, assim, uma nova geração da espécie. Diferentes possibilidades de hospedeiros são apresentados em cada cenário, e o carrapato precisa ser arremessado para acertar um hospedeiro compatível com

seu estágio de crescimento e, dessa forma, ele sugará uma quantidade de sangue compatível com o tamanho do alvo. Alguns dos hospedeiros estarão infectados com a bactéria da febre maculosa, que caso o carrapato sugue o sangue poderá transmitir a doença para outros animais e seres humanos. Porém, sempre haverá ao menos um indivíduo vulnerável e um protegido que seguiu as indicações dos manuais oficiais do Sistema de Saúde e, caso o jogador tente infectá-lo, aparecerá uma informação na tela explicando o porquê não poder fazê-lo. O jogo também conta com *cutscenes* explicativas, além de um sistema de pontuação possível de se compartilhar nas mídias sociais, o que incentiva a rejogabilidade.

4) *Serious Games na educação em saúde de crianças com diabetes:* E por fim, Sparapani et al. [29] mostram a importância de trazer o futuro usuário junto com o processo criativo do jogo educativo sobre diabetes mellitus tipo 1. Nessa pesquisa, crianças portadoras da doença opinaram sobre importantes aspectos do jogo como: personagens, fases, pontuações, desafios e cores. Dessa forma, os desenvolvedores puderam identificar necessidades específicas para esses usuários, além de também identificar suas preferências.

5) *Considerações sobre os trabalhos relacionados:* Nos dois primeiros trabalhos referenciados [2] [26] as mecânicas dos jogos são integradas com o conteúdo educativo abordado, sendo contextualizado nas fases, personagens e coletáveis. Em Pula Carrapato [27], os desenvolvedores utilizaram da competitividade para incentivar a rejogabilidade, já que a repetição de informações é importante para o aprendizado. No último trabalho [29] pode-se notar a importância de ter *feedback* do público alvo em questão. Todos esses artigos possuem características que serviram de inspiração para o desenvolvimento de Produzindo Nano.

### III. DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Neste trabalho, foi desenvolvido um jogo de edutainment, o qual é classificado como jogo sério objetivando o ensino por meio do entretenimento. Esse objetivo foi atingido fazendo com que as mecânicas do jogo abordassem os conceitos científicos e que as interações fossem diégéticas, ou seja, que fizessem parte do mundo e

da temática do jogo. Além disso, a metodologia envolvida para o desenvolvimento foi baseada na de Heather Maxwell Chandler [6].

#### A. Pré-Produção

Foram elaboradas possíveis mecânicas que cada fase do personagem poderia interagir baseado no referencial teórico previamente feito. Também foram feitas buscas de referências artísticas possíveis para o jogo, além de estabelecido as formas de implementação dos mesmos.

#### B. Produção

Foram desenvolvidas três fases, ao longo das quais o personagem assume quatro formas diferentes. Essas formas são caracterizadas conforme as quatro principais etapas da produção para obtenção de fármaco nanotecnológico a partir de matéria-prima vegetal. Sendo assim, o personagem começa sendo uma planta, passando posteriormente por óleo essencial, fármaco convencional e, finalmente, fármaco nanoestruturado.

Cada mudança de fase do personagem é marcada por uma animação onde mostra o personagem se transformando na seguinte forma. Essa transformação é feita por técnicas utilizadas em laboratório sendo elas: destilação a vapor, cromatografia líquida de alta eficiência seguido de cromatografia de coluna e vertimento de duas fases para obtenção de nanopartículas. Essas etapas estão ilustradas na Figura 3. Após uma animação de mudança, o jogador pode, a partir do menu, jogar diretamente a partir daquela forma, como mostrado na Figura 4.

O jogador movimenta o personagem pelo teclado utilizando os direcionais, teclas W, A, S, D. Para pular é necessário clicar para cima (ou W) e a distância do pulo do personagem é de acordo como o tempo em que o botão é segurado. Assim como no jogo clássico do Super Mario, para pular longas distâncias o botão de pulo deve ser pressionado por mais tempo. Além disso, o botão de ação responsável por utilizar a habilidade do personagem e interação com alguns objetos se dá pela barra de espaço ou clique esquerdo do mouse. Produzindo Nano também pode ser jogado com o auxílio de um *joystick*.

Todo aprendizado que foi considerado necessário passar para o jogador foi feito de forma diagética. Informações foram criadas na forma de quadros ou placas que estão dispostos no mundo do jogo (Figura 5). Dessa forma o jogador não é interrompido por textos para que aprenda uma nova mecânica preservando dessa forma a sua imersão.

A ambientação se dá em um cenário onde os objetos e obstáculos serão representados por uma temática de laboratório. O personagem enfrenta colônias de fungos em placas de Petri<sup>2</sup> como inimigo comum à todas as formas, além de condições adversas às características inerentes da sua forma

<sup>2</sup>Recipiente cilíndrico, achatado, de vidro ou plástico que os profissionais de laboratório utilizam para a cultura de microorganismos



Figura 3. As mudanças dos personagens são representados por técnicas usadas em laboratório. Como mostrado na imagem, de cima para baixo temos: destilação a vapor, cromatografia líquida de alta eficiência seguido de cromatografia de coluna e aparato para obtenção de nanopartículas. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 4. Imagem mostrando a tela inicial do jogo onde o jogador pode começar do início ou escolher uma das formas que já desbloqueou previamente. Fonte: Elaborado pelo autor.

atual. Sua habilidade envolve seu efeito farmacológico que é antifúngico.

O jogo foi desenvolvido no motor de jogos Unity para PC do tipo plataforma 2D e o público alvo são estudantes e profissionais da área científica em questão.

1) *Artes e Animações:* Toda a arte do jogo foi feita no software Adobe Illustrator de forma a ser simples e clara. Já as animações foram feitas dentro do próprio motor do jogo com o uso da ferramenta Anima2D, sistema de animações

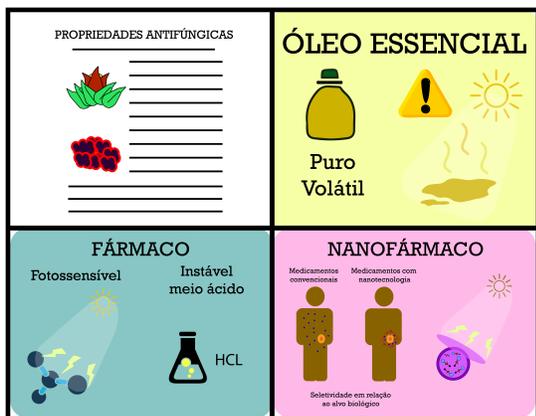


Figura 5. Exemplo de algumas informações diégéticas passadas ao jogador na forma de quadros ou placas do laboratório. Fonte: Elaborado pelo autor.

para arte 2D com o uso de *bones*<sup>3</sup>.

2) *Forma de Planta*: Na primeira fase o jogador está na forma de planta e possui três vidas representadas apenas pelo aspecto do personagem, mostrado na Figura 6, e enfrenta alguns obstáculos. Um deles é o pistilo macerando em um grau<sup>4</sup>, como demonstrado na Figura 7A. Eles irão subir e descer em tempos alternados podendo esmagar o personagem. Essa mecânica representa o dano físico que esse recurso pode sofrer nessa etapa do processo da criação de nanopartículas.

Vidas	3	2	1
Matéria-prima Vegetal			
Óleo Essencial			

Figura 6. Imagem mostrando sistema de vidas da forma de Matéria-prima Vegetal e Óleo Essencial. Fonte: Elaborado pelo autor.

Sua habilidade envolve jogar compostos secundários produzidos pela sua flor que tem ação antifúngica que impede o crescimento do fungo e garantindo a segurança da passagem durante um período de tempo. Todavia, essa ação só é efetivamente realizada quando o personagem conta com a luz solar, através de janelas, mostrando a capacidade de algumas plantas produzirem mais compostos específicos de acordo com a incidência do sol, representado na Figura 7B.

<sup>3</sup>Bone é uma estrutura esquelética que possibilita o movimento do personagem

<sup>4</sup>Trata-se de uma tigela de paredes grossas na qual se coloca o material a ser moído por uma outra peça, chamada pistilo, que é um bastão geralmente feito do mesmo material que o grau.

Além disso, em alguns momentos são encontrados balões de vidro quebrados logo acima de uma colônia de fungos, como demonstrado na Figura 7C, em que o jogador irá se ferir caso encoste diretamente neles (dano físico). Porém, se utilizar sua habilidade para preencher o balão, ele irá gotejar as substâncias antifúngicas diretamente na colônias de fungos abaixo garantindo por maior tempo a inibição do crescimento do mesmo.

Para salvamento de progressão, o personagem pode conquistar *checkpoints* menores, representados por uma estufa que conserva matéria-prima vegetal. Já os *checkpoints* maiores, representados por estufas com plantas apoiadas, além de salvar, recuperam toda a vida do personagem (utilizados apenas uma vez) e é encontrado antes de um desafio maior. Quando o personagem recebe algum tipo de dano, ele volta para o *checkpoint* mais próximo com sua vida atual, e caso perca todas as vidas o jogador retorna ao menu inicial.

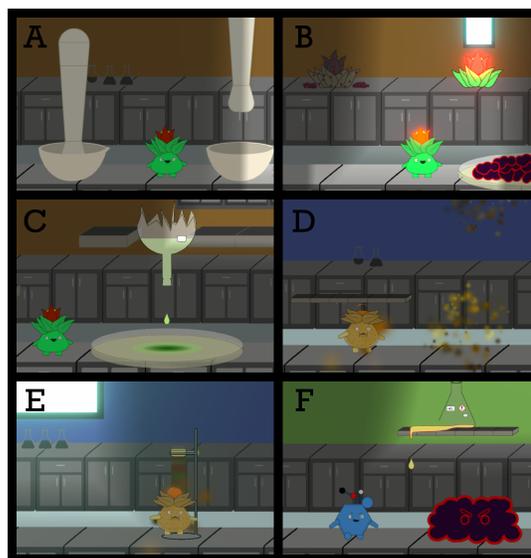


Figura 7. Imagem mostrando as principais mecânicas de Produzindo Nano. Fonte: Elaborado pelo autor.

3) *Forma de Óleo Essencial*: Nesta fase o jogador está na forma de óleo essencial, e assim como na forma anterior, sua vida atual é representada conforme sua aparência. Porém, internamente ela é tratada como uma barra constante que diminui enquanto o personagem está exposto ao ambiente, a mudança se dá de três formas que pode ser observada pela coloração do personagem e impurezas presentes no corpo, como já demonstrado na Figura 6. Essa mudança demonstra as impurezas adquiridas com o tempo pela exposição direta ao ambiente do óleo essencial. O personagem pode se proteger dessa exposição em zonas de segurança que são representadas como ambientes controlados de temperatura, luz e umidade.

Sua habilidade antifúngica elimina definitivamente as colônias de fungo e sua utilização é limitada pela quantidade

de óleo essencial presente em uma gotícula na sua cabeça que diminui a cada utilização (cinco no total), além de diminuir também caso o jogador fique em contato com luz solar, demonstrando que são compostos voláteis.

A sua habilidade é recuperada por cromatografias de coluna que são utilizadas apenas uma vez e além de servirem como *checkpoints*, o purifica. Porém, a utilização também reduz sua capacidade máxima de vida demonstrando as perdas acarretadas no processo. Caso o jogador encontre uma cromatografia de coluna com folhas ao redor, ele ainda recupera toda sua vida máxima representando que foi feita a extração de novas matérias-primas vegetais. Na Figura 7E podemos observar o óleo essencial utilizando um *checkpoint* que recupera sua habilidade, mas diminui sua vida devido à perdas de matéria no processo.

Nuvens de contaminantes (Figura 7D) são outro desafio para o jogador que ao entrar em contato perde uma porcentagem de vida. Essas nuvens poderão se deslocar em qualquer direção.

Além disso, são apresentadas colônias de superfungos (Figura 7F) que não podem ser destruídos pelo óleo essencial, somente quando conseguir se tornar um fármaco ou um fármaco nanoestruturado. Essa mecânica serve para o jogador se sentir mais forte quando chegar na próxima forma.

Quando o personagem perde toda a vida, ele retorna para o *checkpoint* mais próximo, dando a oportunidade de tentar passar por aquela parte novamente.

4) *Forma de Fármaco e Fármaco Nanoestruturado*: Na última fase, o jogador sente a habilidade do personagem mais poderosa mas o personagem está mais frágil. Isso devido ao fato que com a molécula já isolada, o fármaco se torna mais potente, mas também mais vulnerável. A mesma fase é jogada com as duas últimas formas do personagem, porém, quando na forma de fármaco, o jogador não pode passar por certos obstáculos devido à suas características. Dessa forma, a comparação das duas formas fica mais clara.

O objetivo do fármaco convencional é chegar na sala de nanofármacos e se tornar um fármaco nanoestruturado, o que o permitirá acessar um ambiente, antes inacessível, devido à suas limitações e por posteriormente chegar ao final do jogo. Sempre que derrotado, o personagem volta automaticamente para o início da fase, caso ainda seja fármaco convencional, ou para o início após ter virado um fármaco nanoestruturado, exigindo que o jogador consiga vencer as duas etapas, separadamente, sem ser derrotado.

Nessa fase, além da habilidade do personagem de destruir colônias de fungo permanentemente, o mesmo também será capaz de derrotar o superfungo. Sua habilidade quando utilizada ainda como fármaco, vai para diversas direções, sem poder ser controlada. Em contrapartida, como fármaco nanoestruturado, o jogador pode executar angulações antes de usar sua habilidade (Figura 8). Esse contraste representa uma conhecida condição na prática clínica, onde os maiores

efeitos adversos de fármacos convencionais são observados quando comparados aos fármacos nanoestruturados.

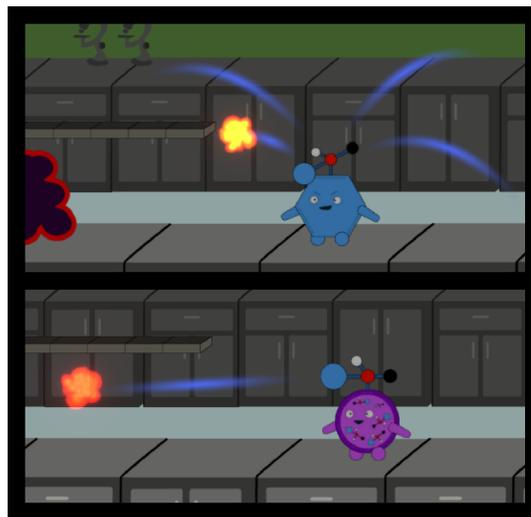


Figura 8. Uma das principais diferenças entre a forma de Fármaco e a de Nanoestrutura é a precisão da habilidade. A nanoestrutura consegue direcionar sua habilidade, demonstrando a especificidade de um nanofármaco comparado a um fármaco convencional. Fonte: Elaborado pelo autor.

Em algumas partes do cenário o jogador se depara com um superfungo. O personagem na forma de fármaco precisa utilizar sua habilidade para tentar eliminá-lo. Porém, devido à falta de direcionamento de sua habilidade, não consegue ângulo para fazê-lo. Essas limitações são somente ultrapassadas quando o personagem consegue direcionar sua habilidade como fármaco nanoestruturado.

A luz é novamente um inimigo para o personagem. Sua ação sobre o jogador pode resultar em sua derrota rapidamente. Não é instantâneo, porém, caso o jogador fique um tempo mínimo em contato com a luz, será derrotado. O tempo de exposição resistido pelo personagem é maior na forma de fármaco nanoencapsulado, demonstrando uma maior resistência devido à proteção agregada pela partícula. Isso mostra a instabilidade maior do fármaco convencional frente à luz solar em comparação com o fármaco associado ao nanocarreador.

Também são encontrados no cenário, frascos de vidros quebrados espalhando ácido na forma de poças, que o jogador pode pular para ultrapassar. E esse ácido escorre até uma plataforma inferior, na forma de gotas, onde o jogador precisa esperar para passar no momento certo, como ilustrado pela Figura 7F. Caso o jogador fique em contato com as poças ácidas por muito tempo, ou seja atingido por uma gota, será derrotado. Utiliza-se da mesma lógica já citada anteriormente em relação à luz solar.

#### IV. CONCLUSÕES

Jogos educativos voltados à educação básica são mais facilmente encontrados quando comparado à jogos com

conteúdo de ensino superior. Além disso, a maioria dos jogos educativos possuem mecânicas relacionadas a perguntas e respostas, o que torna esses jogos pouco atrativos e distantes de jogos voltados ao entretenimento.

Sendo assim, Produzindo Nano foi desenvolvido aliando ensino e o entretenimento de forma que passe conhecimento acerca do processo da criação de um fármaco nanoestruturado a partir de matéria-prima vegetal. Para isso, o jogo envolve quatro fases distintas onde o jogador controla um personagem específico em cada uma interagindo com o cenário utilizando de mecânicas que são sempre tematizadas dentro do contexto científico abordado.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento foi satisfatória na produção do jogo, já que permitiu um planejamento antes da implementação do jogo. E também, o motor de jogo Unity utilizando as ferramentas 2D foram suficientes para contemplar as mecânicas definidas relacionadas aos conteúdos científicos abordados.

Como trabalhos futuros pretende-se fazer um novo nível ou uma animação final demonstrando as potenciais destinações do medicamento nanotecnológico assim como as diferentes formas de liberação e carregamento de fármacos de uma nanopartícula.

Além disso após realização de testes, serão feitos ajustes, balanceamento e correções de possíveis erros encontrados pelos usuários com o intuito de polimento do jogo.

#### REFERÊNCIAS

- [1] José Luis Aleixandre-Tudó et al. “Worldwide Scientific Research on Nanotechnology: A Bibliometric Analysis of Tendencies, Funding, and Challenges”. Em: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68.34 (2020), pp. 9158–9170.
- [2] Carla Ponciano Pereira Amaral et al. “microADVENTURE: Uma Aventura InterMolecular”. Em: *XVII SBGames, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, Out 29–1*. 2018, pp. 1495–1496.
- [3] Camila de Oliveira Amélio. “A INDÚSTRIA E O MERCADO DE JOGOS DIGITAIS NO BRASIL”. Em: *XVII SBGames, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, Out 29–1*. 2018, pp. 1497–1506.
- [4] Clarissa Alves Biscainho. *CHEMISTRY OF PERFUMES II: THE ESSENCE OF ESSENCES*. Acesso em: 28 mar. 2020. Disponível em <<https://betaeq.com.br/index.php/en/2019/04/10/chemistry-of-perfumes-ii-the-essence-of-essences/>>. 2019.
- [5] L. Laurence Brunton, Randa Hilal-Dandan e C Björn Knollman. *As Bases Farmacológicas da Terapêutica de Goodman e Gilman*. Artmed Editora, 2018.
- [6] H.M. Chandler. *Manual de Produção de Jogos Digitais*. Bookman Editora, 2009.
- [7] Shivsharan B. Dhadde et al. “Relevance of Nanotechnology in Solving Oral Drug Delivery Challenges: A Perspective Review”. Em: *Critical Reviewstrade; in Therapeutic Drug Carrier Systems* 37.5 (2020), pp. 407–434.
- [8] Frantiescoli A. Dimer et al. “Impactos da nanotecnologia na saúde: produção de medicamentos”. Em: *Química Nova* 36.10 (2013), pp. 1520–1526.
- [9] Jefferson Rosa e Dulce Cruz. “Análise de Jogos em sites Educativos”. Em: *Anais do Workshop de Informática na Escola*. Vol. 25. 1. 2019.
- [10] Catalano Enrico. “Chapter 3 - Nanotechnology-Based Drug Delivery of Natural Compounds and Phytochemicals for the Treatment of Cancer and Other Diseases”. Em: ed. por Atta-ur-Rahman. Vol. 62. *Studies in Natural Products Chemistry*. 2019, pp. 91–123.
- [11] A. Figueiredo et al. “Factors affecting secondary metabolite production in plants: Volatile components and essential oils”. Em: *Flavour and Fragrance Journal* 23.1 (2008), pp. 213–226.
- [12] Luiza Frank et al. “Improving drug biological effects by encapsulation into polymeric nanocapsules”. Em: *Wiley Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology* 7.5 (2015).
- [13] Anand Panchakshari Gadad et al. “Nanoparticles and their Therapeutic Applications in Pharmacy”. Em: 7.3 (2014), pp. 2509–2519.
- [14] D. Gupta e K. Gupta. “Serious Games in Different Domains”. Em: *2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon), Faribadad, India, Fev 14–16*. 2019, pp. 201–204.
- [15] *ISO/TC 229 Nanotechnologies*. <https://www.iso.org/committee/381983.html>. Accessed: 2020-12-17.
- [16] Fatemeh Jamshidi-Kia, Zahra Lorigooini e Hossein Amini-Khoei. “Medicinal plants: Past history and future perspective”. Em: *J Herbmed Pharmacol* 7.1 (2018), pp. 1–7.
- [17] P. K. Jantke. “Toward a taxonomy of game based learning”. Em: *1st IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing , Shanghai, China, Dez 10–12*. 2010, pp. 858–862.
- [18] Mohammad Kamil Hussain, Mohammad Saquib e Mohammad Faheem Khan. “Techniques for Extraction, Isolation, and Standardization of Bio-active Compounds from Medicinal Plants”. Em: *Natural Bio-active Compounds: Volume 2: Chemistry, Pharmacology and Health Care Practices*. Ed. por Mallappa Kumara Swamy e Mohd Sayeed Akhtar. Singapore: Springer Singapore, 2019, pp. 179–200.
- [19] Fedwa Laamarti, Mohamad Eid e Abdulmotaleb El Saddik. “An Overview of Serious Games”. Em: *International Journal of Computer Games Technology* 2014 (2014).

- [20] Rodrigo Lozza e Paula Giullia Rinaldi. “O USO DOS JOGOS PARA A APRENDIZAGEM NO ENSINO SUPERIOR”. Em: *Caderno PAIC* 18 (2017), pp. 575–592.
- [21] Richard E. Mayer. “Computer Games in Education”. Em: *Annual Review of Psychology* 70.1 (2019), pp. 531–549.
- [22] Luis Mendes, Edson Gonzaga e Sayllor Moura. “ANÁLISE DO CANAL NERDOLOGIA: UM MODELO DE EDUTENIMENTO NO YOUTUBE”. Em: *Revista de Ensino de Ciências e Matemática* 10.5 (2019), pp. 39–55.
- [23] “Nanotechnology Derived Nanotools in Biomedical Perspectives: An Update”. Em: *Current Nanoscience* 15.2 (2019), pp. 137–146.
- [24] Rafael Prieto e N. Medina. “A Comprehensive Taxonomy for Serious Games”. Em: *Journal of Educational Computing Research* 55.5 (2016), pp. 629–672.
- [25] PwC. *Global Entertainment and Media Outlook: 2018-2022*. Acesso em: 15 jun. 2020. Disponível em <<https://www.pwc.ru/en/assets/mediaoutlook2018-eng.pdf>>. 2018.
- [26] Higot Sant’Anna S. V., Tarles Araujo R. W. e Victor Sarinho T. “Um Jogo Digital Sobre Doenças e Vacinas para Educação em Saúde”. Em: *XVII SBGames, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, Out 29–1*. 2018, pp. 1475–1476.
- [27] Thadeu Santos et al. “Pula Carrapato: Jogo digital para prevenção da febre maculosa”. Em: *Frontin Ludens, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, Abr 8*. 2018.
- [28] Sreenivasan Sasidharan et al. “Extraction, Isolation And Characterization Of Bioactive Compounds From Plants? Extracts”. Em: *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines : AJTCAM / African Networks on Ethnomedicines* 8 (2011), pp. 1–10.
- [29] Valéria de Cássia Sparapani, Arlete dos Santos Petry e Lucila Castanheira Nascimento. “Serious Games na educação em saúde de crianças com diabetes: da reflexão teórica à participação do público alvo no desenho do jogo”. Em: *XVII SBGames, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, Out 29–1*. 2018, pp. 1064–1072.
- [30] Shobha Ubgade et al. “Nanosuspensions as Nanomedicine: Current Status and Future Prospects”. Em: 2019, pp. 105–154.