

Meta-Game: Um Jogo S3rio para Auxiliar o Ensino de Algoritmos Gen3ticos

Jose Grigorio Neto

Instituto de Ci3ncias Exatas e Tecnol3gicas
Universidade Federal de Viçosa - Campus UFV-Florestal
Florestal, Brasil
jose.grigorio@ufv.br

Daniel Mendes Barbosa

Instituto de Ci3ncias Exatas e Tecnol3gicas
Universidade Federal de Viçosa - Campus UFV-Florestal
Florestal, Brasil
danielmendes@ufv.br

Resumo—Tendo em vista a popularizaç3o dos jogos digitais e os benef3cios que eles podem gerar à 3rea da educaç3o, este trabalho consiste na apresentaç3o de um prot3tipo de um jogo educativo, chamado Meta-Game, que tem como foco o ensino de conceitos envolvendo algoritmos gen3ticos e meta-heur3sticas. O prot3tipo foi avaliado por alunos do curso de ci3ncia da computaç3o da Universidade Federal de Viçosa - Campus Florestal atrav3s do teste MEEGA+ e os resultados obtidos mostram que o jogo 3 efetivo em auxiliar o aprendizado de algoritmos gen3ticos al3m de ter sido bem aceito pelos jogadores que o testaram.

Palavras-chave—jogo educativo; heur3sticas; meta-heur3sticas; algoritmo gen3tico; jogos s3rios; ensino superior;

I. INTRODUÇ3O

A adiç3o de jogos no contexto educacional vem ganhando relev3ncia visto que as tecnologias que utilizamos diariamente evoluem constantemente fazendo com que novas utilidades surjam. Atualmente, os jovens est3o acostumados ao uso de dispositivos tecnol3gicos como computadores e *smartphones*. De acordo com as estimativas mundiais, 97% dos jovens se dedicam a jogos de computador ou consoles [1], portanto, 3 importante que esse tipo de m3dia tamb3m seja utilizada no contexto educacional.

Jogos s3rios ou *serious games* s3o jogos utilizados com o prop3sito de ensino, aprendizagem ou treinamento, ou seja, s3o ferramentas para simular problemas do mundo real num mundo digital [2]. Os Jogos s3rios s3o utilizados numa variedade de 3reas, como, por exemplo: educaç3o, treinamento profissional, sa3de, publicidade e pol3ticas p3blicas.

O Meta-Game 3 um jogo s3rio que tem como objetivo a visualizaç3o da execuç3o de algoritmos gen3ticos, onde 3 poss3vel observar seus comportamentos em diferentes situaç3es. No jogo 3 poss3vel criar um algoritmo gen3tico e modificar seus par3metros, de maneira que ele seja adequado para uma dada situaç3o.

O restante do trabalho est3 organizado da seguinte forma: a Seç3o II apresenta os conceitos utilizados na construç3o do jogo; a Seç3o III apresenta alguns jogos com tem3tica relacionada; a Seç3o IV os materiais e m3todos utilizados; a Seç3o V apresenta o desenvolvimento do Meta-Game; a Seç3o VI apresenta os resultados da avaliaç3o do jogo e a Seç3o VII as conclus3es.

II. FUNDAMENTAÇ3O TE3RICA

A utilizaç3o de jogos como um m3todo did3tico tem como objetivo aumentar qualitativamente a aprendizagem e o ensino de uma 3rea ou cont3udo [3]. Apesar de ser um tema que vem sendo pesquisado recentemente, ainda possui algumas lacunas e oportunidades para se criar e desenvolver novas ferramentas para imers3o, junto a novas estrat3gicas de como o jogo 3 propriamente constru3do e estruturado, e para contextos espec3ficos ou mesmo para o ensino de um assunto espec3fico.

A. Heur3sticas

Um algoritmo 3 chamado heur3stico caso n3o se tenha conhecimentos matem3ticos completos sobre seu comportamento [4]. As heur3sticas n3o garantem encontrar a soluç3o 3tima de um problema, na verdade, o objetivo de uma heur3stica 3 encontrar uma soluç3o vi3vel para um problema complexo de maneira simples e r3pida.

B. Meta-heur3sticas

A meta-heur3stica pode ser definida como um conjunto de conceitos que pode ser utilizado para definir modelos heur3sticos que podem ser aplicados a uma grande quantidade de problemas, ou seja, uma estrutura gen3rica que pode ser utilizada na resoluç3o de v3rios problemas de otimizaç3o diferentes [5]. Uma meta-heur3stica necessita de poucas mudanç3as para que seja adaptada para a resoluç3o de cada problema espec3fico em que seja necess3ria.

C. Algoritmos gen3ticos

Algoritmos gen3ticos (AGs) 3 uma meta-heur3stica inspirada nos mecanismos de evoluç3o de populaç3es de seres vivos. S3o algoritmos que se baseiam na seleç3o natural e no princ3pio de sobreviv3ncia dos mais aptos, onde os indiv3duos mais aptos t3m uma maior probabilidade de reproduç3o, e, portanto, possuem mais chance de gerar descendentes. [6]. De acordo com Charles Darwin, "Quanto melhor um indiv3duo se adaptar ao seu meio ambiente, maior ser3 sua chance de sobreviver e gerar descendentes."

III. TRABALHOS RELACIONADOS

A seguir serão citados alguns trabalhos com propostas parecidas com a proposta do Meta-Game, como jogos sérios com propósito educacional, voltados ao complemento de um assunto estudado pelo jogador e que tenham estudantes como principal público-alvo.

Em [7] os autores apresentam três jogos educativos com o objetivo de auxiliar o ensino da disciplina de Sistemas Operacionais, uma disciplina presente em grande parte dos cursos da área da computação. Escalonando é um jogo de puzzle que coloca o jogador no papel de um escalonador, reforçando alguns conceitos de escalonadores para o jogador; Race Conditions convida o jogador a gerenciar processos e a tratar de assuntos como a comunicação entre processos, regiões críticas, condições de corrida e etc; e por fim, em Threadman, o jogador controla a rota de uma *thread* que dividirá espaço com outras enquanto todas colaboram para utilizar os recursos escassos e não violar a região crítica.

O Desafio de Design Google (DDG) [8] é um jogo de cartas que tem como objetivo oferecer aos alunos uma forma complementar de experienciar o contexto do design de interação. Em DDG os jogadores representam *startups* fictícias e competem entre si para criar o melhor protótipo para a demanda da empresa Google. Por ser um jogo de cartas, a dinâmica do jogo permite que o jogador vivencie situações complexas e que requerem escolhas que trarão consequências para o resto da partida.

O Operação Lovelace [9] é um jogo de estratégia 2D, voltado para o público infantil (de 8 a 11 anos), onde são apresentados conteúdos indicados pelo Currículo de Tecnologia e Computação para estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental: listas, filas e pilhas. A narrativa do jogo é apresentada em formato de *storyboard* de forma lúdica ao jogador, apresentando as personagens principais, duas cientistas que precisam do auxílio do jogador para ajudar o mundo com suas criações. O jogo se baseia em uma mecânica de programação em blocos para realizar a movimentação do seu personagem, para assim, chegar ao objetivo de cada fase enquanto evita alguns inimigos e obstáculos.

Mesmo tendo o caráter educacional e sendo utilizado como complemento de um assunto, este trabalho se diferencia dos citados pelo assunto abordado, sendo este, meta-heurísticas e algoritmos genéticos.

IV. METODOLOGIA

A. Unity

O Unity¹ é uma das *game engines* mais utilizadas atualmente, devido a sua interface intuitiva, sua grande comunidade na internet e por sua variedade de plataformas disponíveis. Com o Unity é possível criar jogos multi-plataforma sem a necessidade de grandes ajustes em cada versão, possibilitando que um jogo possa ser desenvolvido ao mesmo tempo para plataformas mobile como iOS e Android, para *desktops* com

Windows, Linux e Mac e para consoles como Xbox, Playstation e Nintendo Switch.

A nossa escolha em desenvolver o jogo no Unity se justifica na facilidade da ferramenta para lidar com gráficos e físicas 2D, além do suporte a múltiplas plataformas, visto que o jogo foi disponibilizado para teste nas plataformas Windows e Android.

B. Trilha sonora

Beepbox² é uma ferramenta online e gratuita para criação e compartilhamento de melodias instrumentais. Essa ferramenta foi utilizada para a criação da trilha sonora do jogo, sendo possível criar com ela uma trilha sonora para cada um das fases disponíveis atualmente no jogo.

C. Modelo MEEGA+

O modelo MEEGA+ (Model to Evaluate Educational Games) [10] é um modelo de avaliação de jogos educacionais que avalia características específicas para jogos deste tipo, como a aprendizagem do jogo, usabilidade, sentimentos e emoções causadas ao jogador entre outras. A avaliação se dá por uma escala numérica (escala Likert), onde os avaliadores devem responder as perguntas do questionário ao marcar um número de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente) em relação a cada pergunta do questionário. Ao fim do questionário há campos opcionais para *feedbacks* e comentários para que além de testar a qualidade do software, o questionário pudesse proporcionar sugestões para o jogo.

D. Algoritmos Genéticos

Em AGs um indivíduo é uma representação de uma possível solução para o problema, e, cada indivíduo possui uma cadeia própria de genes chamada de cromossomo que define a solução gerada por ele. Vários indivíduos juntos formam uma população, esses indivíduos passam por processos de seleção, reprodução e mutação para que a cada geração desta população, os indivíduos se tornem mais aptos [11]. A aptidão de um indivíduo, que nesse contexto representa o quanto ele é capaz de resolver um problema, é determinada através do cálculo da função objetivo do problema.

Um AG simples pode ser representado pelo fluxograma visto na Fig. 1, onde os passos são: i) inicializar a população com indivíduos iniciais; ii) Fazer a avaliação de aptidão (ou fitness) da população atual; iii) selecionar os pais para gerar novos indivíduos para a próxima geração; iv) aplicar a recombinação e a mutação para gerar novos indivíduos; v) avaliar os novos indivíduos da população; vi) se não chegar em um critério de parada, retorne para o passo iii. [6].

Em Meta-Game, o jogador pode criar o seu próprio AG escolhendo entre alguns métodos diferentes disponibilizados para algumas fases de algoritmo genético: são métodos de seleção, mutação e recombinação.

¹Unity - <https://unity3d.com/pt/unity>

²Beepbox - <https://www.beepbox.co/>

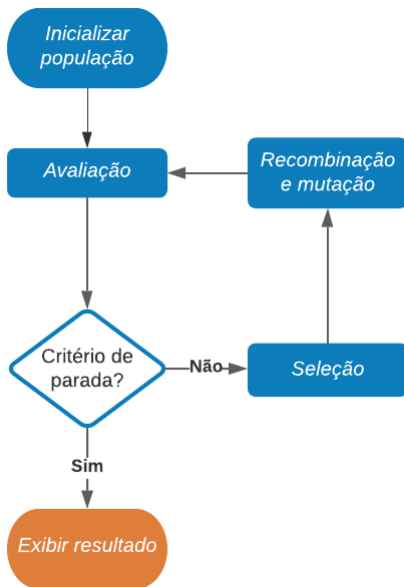


Fig. 1. Fluxo de execução de um algoritmo genético simples.

1) *Seleção*: A seleção é a fase de um algoritmo genético onde indivíduos de uma geração são selecionados para ajudar na criação da próxima geração na fase de recombinação. Na natureza, os indivíduos mais aptos a sobreviver são aqueles com maior chance de se reproduzir, fazendo com que seus genes contribuam mais com a próxima geração daquela espécie. A seleção se baseia nesses princípios para garantir que os indivíduos mais aptos sejam aqueles com maior chance de contribuição para a próxima geração [12].

Os melhores indivíduos têm uma chance maior de serem selecionados para a fase de recombinação, enquanto os piores indivíduos possuem as menores chances, mas é importante que os piores indivíduos ainda tenham chance de se reproduzirem, pois sem eles a diversidade da população seria reduzida a cada nova geração.

Os métodos de seleção disponíveis no Meta-Game podem ser vistos na Tabela I.

TABELA I
MÉTODOS DE SELEÇÃO PRESENTES NO JOGO

Método	Definição
Roleta	Escolhe indivíduos aleatoriamente com probabilidades proporcionais à sua aptidão (<i>fitness</i>).
Torneio	São selecionados aleatoriamente vários subconjuntos de tamanho k da população, sendo selecionado o indivíduo de maior aptidão de cada um dos subconjuntos.
Truncamento	São selecionados os $N/2$ melhores indivíduos da população, sendo N é o tamanho da população, descartando-se os outros.

2) *Recombinação*: O papel da recombinação (ou reprodução) nos AGs é combinar pedaços de indivíduos selecionados para gerar uma nova solução [13]. Depois que

a seleção é feita, é necessário recombinar os indivíduos selecionados para criar um novo indivíduo para a próxima geração. Para isso, geralmente são usados dois indivíduos selecionados, chamados de pais, para gerar dois novos indivíduos filhos [12].

Os métodos de recombinação disponíveis no Meta-Game podem ser vistos na Tabela II.

TABELA II
MÉTODOS DE RECOMBINAÇÃO PRESENTES NO JOGO

Método	Definição
Um ponto de corte	Um ponto de divisão é selecionado na cadeia de genes do indivíduo filho, a partir desse ponto, os genes são trocados entre os pais, por exemplo, se os genes daquele indivíduo até o ponto são os genes do pai 1, a partir desse ponto os genes serão do pai 2.
Um ponto de corte	Similar ao método de ponto único, mas são definidos dois pontos ao invés de apenas um.
Uniforme	Cada gene do novo indivíduo é selecionado aleatoriamente de um dos pais.

3) *Mutação*: A mutação é a fase na qual um ou mais genes de um novo indivíduo são alterados depois da recombinação. A mutação em um AG serve para manter a diversidade da população através da aleatoriedade, evitando por exemplo, gerar soluções de mínimos locais [12]. A taxa de mutação em um AG geralmente é baixa, pois altas taxas de mutação podem converter o AG em um algoritmo de pesquisa aleatória.

Os métodos de Mutação disponíveis no Meta-Game podem ser vistos na Tabela III.

TABELA III
MÉTODOS DE MUTAÇÃO PRESENTES NO JOGO

Método	Definição
Única	Apenas um gene aleatório do indivíduo é alterado.
Aleatória	Um número aleatório de genes do indivíduo são alterado.
Completa	Todos os genes do indivíduo são alterados, inserindo um indivíduo completamente novo na população.

V. O JOGO

No Meta-Game, o jogador deverá construir algoritmos genéticos em diferentes contextos, se adequando à complexidade exigida pela fase. Essa complexidade é medida pelos pontos de complexidade e cada nível exige um valor máximo desses pontos para que um dos objetivos seja cumprido.

Os seus pontos de complexidade são a soma de pontos de complexidade que o algoritmo montado custou. Cada parâmetro têm o seu custo de complexidade, sendo que adicionar mais indivíduos à sua população, por exemplo, custaria alguns pontos por indivíduo extra. Métodos de recombinação e mutação também possuem seus respectivos custos.

O objetivo de cada fase é que o jogador consiga fazer com que mais de 50% de sua população cumpra os requisitos daquela fase (que no primeiro nível, por exemplo, é chegar ao final da fase) em um determinado número de gerações. Esse

número de gerações muda de acordo com a fase em que o jogador está.

O jogo possui três níveis ou mini-jogos, onde o algoritmo será o verdadeiro jogador, com estilos de jogo diferentes entre si. Cada um desses níveis possuem três fases, com níveis de dificuldade diferentes à medida que o jogador avança. A dificuldade dessas fases é baseada em elementos novos que podem atrapalhar os indivíduos e no aumento da dificuldade de cumprir as missões secundárias das fases.

Cada fase dá uma recompensa de até três estrelas baseando-se no cumprimento das limitações impostas ao jogador. As estrelas são distribuídas da seguinte forma: Uma estrela por ter completado a fase, outra estrela por não ter ultrapassado o limite de pontos de complexidade determinado e outra estrela por terminar a fase numa geração abaixo do limite determinado.

A. Interface

Quando o jogo é iniciado, o jogador se depara com a tela inicial vista na Fig. 2, onde é possível ver a logo com o nome do jogo, ir para a tela de seleção de fases ou fechar do jogo.

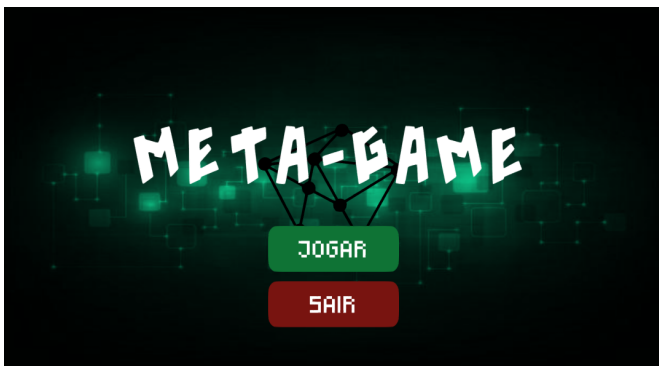


Fig. 2. Tela inicial do jogo.

Na tela de seleção de fases vista na Fig. 3, o jogador pode escolher qual fase jogar. Existem três fases para cada nível, onde as primeiras fases de cada nível estão sempre liberadas, enquanto para que as outras fases sejam liberadas é necessário cumprir alguns requisitos: para a segunda fase de qualquer nível é necessário ter ao menos uma estrela naquele nível e para a terceira fase de qualquer nível é necessário ter ao menos quatro estrelas no respectivo nível.

No início de cada fase o jogador será direcionado para a tela de montagem do algoritmo, vista na Fig. 4, onde ele selecionará os parâmetros do seu algoritmo, como o tamanho da população, método de seleção, porcentagem de mutação e etc. Caso o jogador tenha dúvidas sobre algum parâmetro específico ou queira saber o que cada método faz, o botão de ajuda pode informá-lo sobre tais assuntos.

B. Primeiro nível - Dinos

No primeiro nível, os indivíduos criados pelo algoritmo são dinossauros que precisam chegar de um lado ao outro em uma plataforma, desviando de buracos e obstáculos. Os

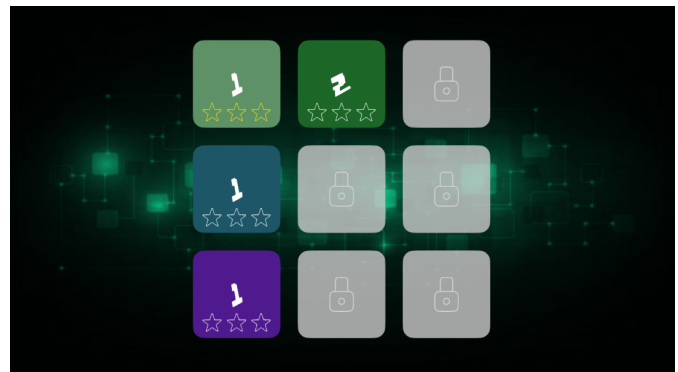


Fig. 3. Seleção de fases.



Fig. 4. Tela de montagem do algoritmo.



Fig. 5. Primeira fase do primeiro nível.

dinossauros precisam saber quando devem pular para desviar dos obstáculos e quando não devem pular para que não fiquem presos ou caiam em algum buraco. Uma das fases desse nível pode ser vista na Fig. 5. A dificuldade deste nível aumenta de acordo com a quantidade e complexidade dos obstáculos espalhados pela fase, como visto na Fig. 6

Os genes dos indivíduos deste nível são abstrações da decisão que o indivíduo deve tomar: se ele pula ou não em um *sprite* específico do ambiente. Cada gene é um valor inteiro 1 ou 0 que significam respectivamente pular ou não pular.



Fig. 6. Terceira fase do primeiro nível.

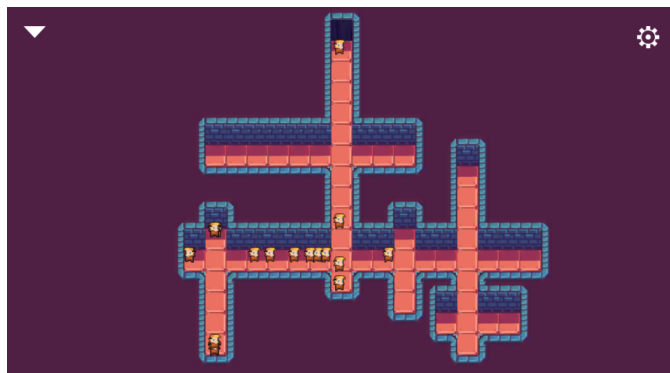


Fig. 7. Primeira fase do segundo nível.

C. Segundo nível - Labirinto

No segundo nível, os indivíduos criados são personagens presos em um labirinto como visto na Fig. 7. Eles precisam achar a saída do labirinto a partir do ponto inicial, mas, caso um personagem encontre um beco sem saída, ele perderá e não poderá mais se mover. A cada fase deste nível o labirinto aumenta, e, o ponto inicial e a saída se tornam mais distantes entre si, tornando a fase mais complexa. Um exemplo de labirinto maior pode ser visto na Fig. 8.

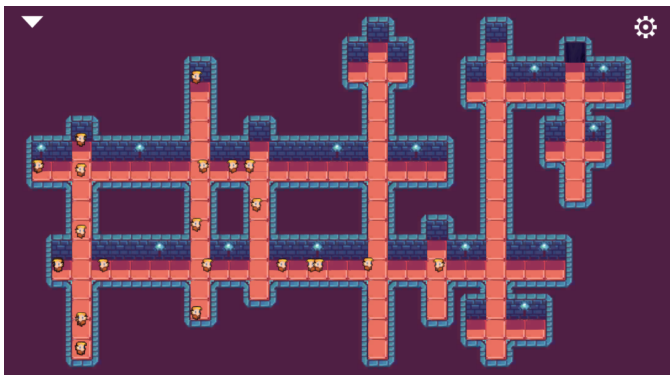


Fig. 8. Terceira fase do segundo nível.

Os genes dos indivíduos deste nível também são abstrações da decisão que ele deve tomar, sendo, neste caso, para qual

direção ele deverá seguir ao encontrar novos possíveis caminhos pelo labirinto. Cada gene é um valor inteiro de 0 a 3 que significam respectivamente cima, direita, baixo e esquerda.

D. Terceiro nível - Space Ships

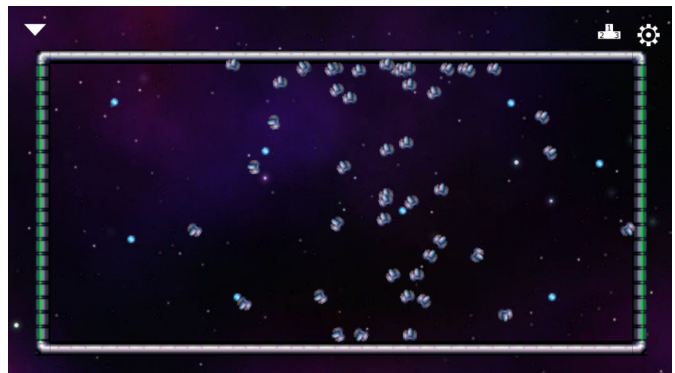


Fig. 9. Primeira fase do terceiro nível.

No terceiro nível, os indivíduos criados são naves espaciais que precisam coletar o maior número possível das *orbs* espaciais espalhadas pelo ambiente. A nave perderá e não poderá se mexer caso bata no limite da fase ou em algum obstáculo. Um exemplo de fase para este nível pode ser visto na Fig. 9. Cada fase se torna mais difícil ao serem adicionados obstáculos espalhados pelo espaço como visto na Fig. 10, uma vez que as naves deverão desviar desses obstáculos para chegar às *orbs* mais distantes.



Fig. 10. Terceira fase do terceiro nível.

Os genes das naves desse nível indicam tanto a velocidade da nave quanto a sua movimentação. O primeiro gene sempre será um número inteiro entre 5 e 10 indicando a velocidade daquela nave. Já os outros genes são números inteiros entre -60 e 60 que indicam qual será a angulação da nave em um certo intervalo de frames do jogo, ou seja, a cada x frames a nave irá se virar em y graus, sendo x o intervalo de frames definido pela fase e y um valor inteiro entre -60 e 60.

VI. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta Seção apresentamos os resultados do questionário do teste MEEGA+ [10], disponibilizado para os alunos que

se voluntariaram a testar e avaliar o jogo. O questionário obteve nove respostas e contém perguntas baseadas em onze fatores de qualidade de um jogo, sendo eles: estética, aprendizibilidade, operabilidade, acessibilidade, confiança, desafio, satisfação, interação social, diversão, atenção, relevância e aprendizagem percebida. Os jogadores foram instruídos a não tirarem dúvidas com os desenvolvedores e para que relatassem todos os problemas encontrados durante o jogo, para que a avaliação do software fosse fiel aos sentimentos verdadeiros dos jogadores. Os resultados de cada fator de qualidade podem ser encontrados na Tabela IV ou visualizados no gráfico da Fig. 11.

TABELA IV
RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO META-GAME EM CADA FATOR DE QUALIDADE DO TESTE MEEGA+

fator	1	2	3	4	5
Estética	11,11%	0,00%	16,67%	38,89%	33,33%
Aprendizibilidade	0,00%	14,81%	11,11%	44,44%	29,63%
Operabilidade	0,00%	0,00%	5,56%	55,56%	38,89%
Acessibilidade	5,56%	0,00%	5,56%	22,22%	66,67%
Confiança	5,56%	0,00%	11,11%	38,89%	44,44%
Desafio	7,41%	3,70%	0,00%	37,04%	51,85%
Satisfação	16,67%	2,78%	11,11%	30,56%	38,89%
Interação social	25,93%	3,70%	29,63%	22,22%	18,52%
Diversão	11,11%	0,00%	5,56%	22,22%	61,11%
Atenção focada	7,41%	11,11%	29,63%	18,52%	33,33%
Relevância	0,00%	5,56%	13,89%	22,22%	58,33%
Aprendizagem percebida	0,00%	5,56%	5,56%	38,89%	50,00%
Total	7,99%	4,51%	12,85%	31,60%	43,06%

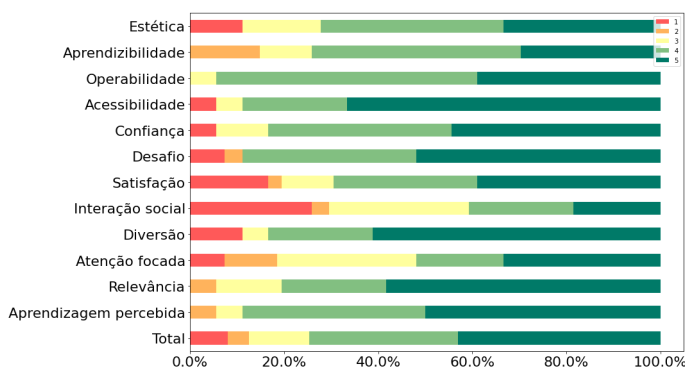


Fig. 11. Gráfico das respostas baseadas nos fatores de qualidade do teste.

A. Análises

Analisando os dados gerados pelas respostas do questionário, podemos destacar a operabilidade, que diz respeito à clareza e facilidade das regras do jogo, tendo 94,45% das respostas entre Concordo (4) e Concordo totalmente (5), demonstrando que o jogo é fácil de se jogar e possui regras claras.

Além da operabilidade, podemos destacar a relevância e aprendizagem percebida, com 80,55% e 88,89% de respostas entre Concordo e Concordo totalmente. Esses fatores dizem

respeito à relevância do jogo em relação à temática e a aprendizagem percebida pelo jogador, e, portanto, podemos dizer que o jogo foi eficaz em seu objetivo de auxiliar no ensino de AG's.

Como pontos a se melhorar, temos a atenção focada, que obteve apenas 51,85% de respostas positivas, indicando que será necessário analisar o uso de algumas estratégias que prendam melhor a atenção do jogador, como melhorar a interação com os indivíduos em uma partida e tornar as partidas mais rápidas e dinâmicas.

A interação social também é um ponto onde análises futuras são necessárias, visto que obteve o menor número de respostas positivas, somando 40,74%. Uma alternativa para esse problema seria a adição de *Leader Boards* ou competições dentro do jogo, aumentando a interação e competitividade entre os jogadores.

O perfil dos jogadores que responderam o questionário é formado por 66,7% de pessoas que cursaram ou estão cursando uma disciplina de meta-heurísticas e 33,3% de pessoas que nunca cursaram. Outra pergunta feita para os jogadores foi a de qual plataforma foi utilizada para executar o jogo, dentre as disponíveis que eram PC e dispositivos *Android (mobile)*, onde tivemos 33,3% das pessoas jogando pelo PC e 66,7% jogando em dispositivos *mobile*.

Na Fig. 12 podemos ver a comparação entre a confiança dos alunos que não cursaram e aqueles que cursaram ou estão cursando a disciplina.

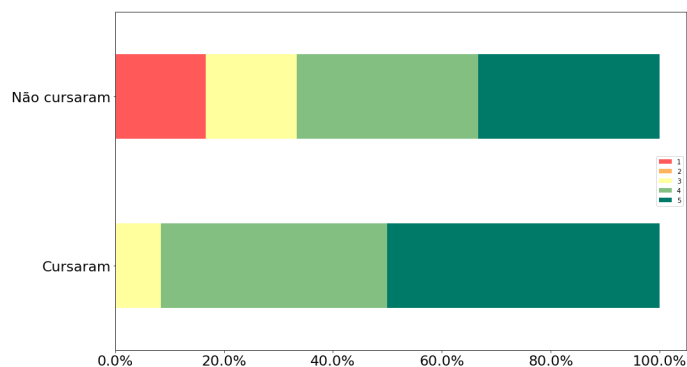


Fig. 12. A confiança segundo alunos que cursaram a disciplina e aqueles que não cursaram.

É interessante percebermos que os alunos que não cursaram foram aqueles com maiores problemas em relação à confiança, e também foram aqueles com a pior aprendizagem percebida observada na Fig. 13, visto que 100% dos alunos que cursaram a disciplina deram respostas positivas a respeito da aprendizagem percebida, contra apenas 66,67% dos alunos que não cursaram. Esse resultado reforça o objetivo deste trabalho, que é apenas auxiliar o aprendizado, requerendo que o jogador tenha algum conhecimento sobre o assunto para ser efetivo.

A acessibilidade do jogo diz respeito ao tamanho e as cores das fontes, botões e elementos da interface em geral. Analisando as duas plataformas em que o jogo foi disponibilizado na Fig. 14, podemos ver uma leve vantagem da plataforma

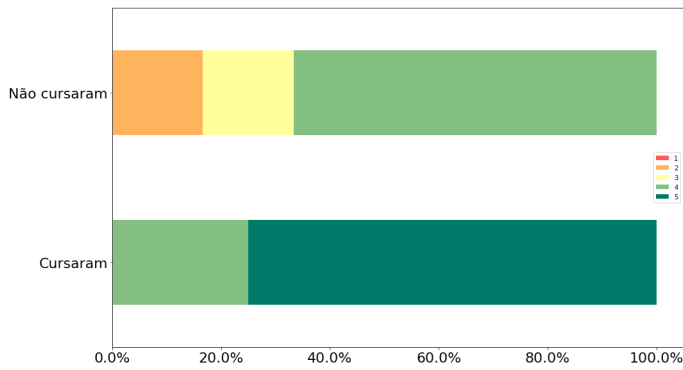


Fig. 13. Comparação entre a aprendizagem percebida dos alunos que cursaram a disciplina e a daqueles que não cursaram.

mobile, com 100% de respostas positivas, contra 66,67% do PC, fazendo com que a acessibilidade em PCs seja um assunto a ser revisto em próximas versões do jogo.

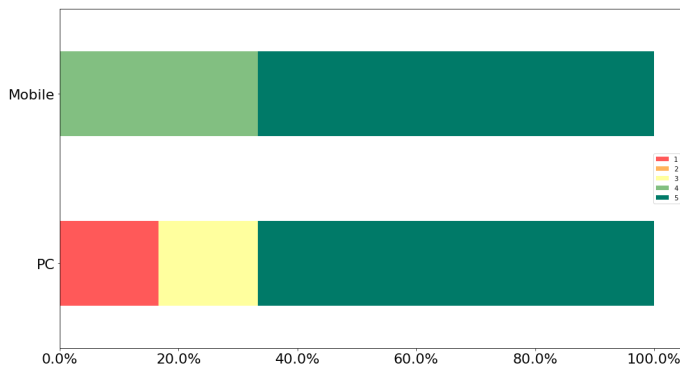


Fig. 14. A acessibilidade do jogo segundo alunos que jogaram no PC ou em dispositivos Mobile

Ao final do questionário de avaliação os jogadores foram incentivados a deixarem alguns *feedbacks* sobre os pontos que mais gostaram e os pontos que poderiam ser melhorados.

Como pontos positivos segundo os jogadores, demonstrando a relevância do jogo em relação com a disciplina ensinada, podemos destacar as seguintes respostas:

”Quero elogiar todo o trabalho do jogo, porque ele tem um design super simples (algo que gosto bastante), e tem todo um objetivo por trás, que faz a gente querer observar o que estamos fazendo de errado para sempre melhorar, prendendo bem a atenção de quem está jogando.”

”Gostaria de comentar que o jogo foi enviado a mim justamente na época que estava fazendo o trabalho da disciplina de meta-heurísticas sobre algoritmos genéticos, e ver a aplicação de alguns conceitos, fez com que além de ter ideias para o trabalho, eu também conseguisse usar os parâmetros usados no jogo para melhorar o meu trabalho.”

”Gostei da premissa acho interessante pois é um jogo leve que poderia auxiliar ou ao menos levar

às pessoas como funciona o machine learning, é um jogo que sim é leve roda bem na máquina, consumo de processamento e memória minúsculos, a jogabilidade é interessante pois coloca para o jogador uma serie de opções para que ele possa escolher e encontrar o melhor resultado. A premissa do jogo é clara. Quanto a erros interativos da mecânica ta funcionando legal não teve bugs ou erros ou travamentos.”

E como pontos de melhoria na opinião dos jogadores, relatando um problema com o ritmo do jogo, temos as seguintes respostas:

”Colocar um ícone de informação para lembrar o que é preciso para passar de nível e conseguir 3 estrelas. Ter a opção de aumentar a velocidade dos personagens.”

”Ter a possibilidade de aumentar a velocidade com que as gerações passam.”

VII. CONCLUSÃO

O trabalho é fundamentado na construção de um jogo que tem como objetivo auxiliar o ensino de algoritmos genéticos em disciplinas de um curso superior na área da computação, ao permitir com que os jogadores possam experimentar variedades de combinações de métodos para criar seus próprios algoritmos.

Em relação aos resultados, o teste MEEGA+ avaliou 11 fatores de qualidade de um jogo educativo. Ao observarmos o total de respostas temos que o teste obteve 74,66% de respostas positivas e apenas 12,5% de respostas negativas, demonstrando que a abordagem do jogo foi aceita pelos jogadores. Podemos também destacar o sucesso obtido em fatores como relevância e aprendizagem percebida, que são fatores importantes para a avaliação desse jogo, visto a complexidade do assunto proposto. Fatores como a interação social, atenção focada e satisfação, por outro lado, nos mostram que a forma com que o jogo foi desenvolvido não foi a melhor possível, deixando espaço para melhorias em trabalhos futuros.

Em trabalhos futuros pretende-se: adicionar uma forma de alterar a velocidade de execução do jogo, atendendo assim aos pedidos feitos pelos jogadores no questionário; criar modos de jogo mais interativos, criando competições ou um sistema de ranqueamento; criar uma identidade visual mais atrativa para o jogo, e também, adicionar meta-heurísticas diferentes e novos algoritmos, como os algoritmos de ordenação e operações em árvores de dados, por exemplo.

REFERÊNCIAS

- [1] J. McGonigal and E. Rieche, *A realidade em jogo: Por que os games nos tornam melhor e como eles podem mudar o mundo*. Editora Best Seller, 2012.
- [2] R. V. da Rocha, I. I. Bittencourt, and S. Isotani, “Análise, projeto, desenvolvimento e avaliação de jogos sérios e afins: uma revisão de desafios e oportunidades,” *Anais do Xxvi Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (sbie 2015)*, 2015.
- [3] M. N. Nascimento, M. S. Nery, and V. Silva, “Desenvolvimento de jogos digitais e sua utilização na educação juvenil: Um estudo de caso real em um projeto governamental,” *SBC-Proceedings of SBGames*, 2013.

- [4] I. R. Sucupira, "Métodos heurísticos genéricos: metaheurísticas e hiper-heurísticas," *USP: São Paulo*, vol. 32, 2004.
- [5] D. A. G. vel Lejbman, "Um estudo abrangente sobre metaheurística, incluindo um histórico," 2009.
- [6] R. Linden, *Algoritmos genéticos (2a edição)*. Brasport, 2008.
- [7] M. d. S. Luccas, L. T. Pereira, J. C. Estrella, and K. R. L. J. C. Branco, "Uma abordagem fazendo uso de serious games para ensino de sistemas operacionais," *SBC-Proceedings of SBGames*, 2020.
- [8] F. R. d. Aquino, R. C. Ribeiro, and T. d. G. R. Darin, "Desafio de design google: Um jogo de cartas para ensino contextual do design de interação," *SBC-Proceedings of SBGames*, 2020.
- [9] J. Macena, F. Pires, and M. Pessoa, "Operação lovelace: uma abordagem ludica para introdução de aprendizagem em algoritmos," *SBC-Proceedings of SBGames*, 2020.
- [10] G. Petri, C. G. von Wangenheim, and A. F. Borgatto, "Meega+: an evolution of a model for the evaluation of educational games," *INCoD/GQS*, vol. 3, pp. 1–40, 2016.
- [11] M. A. C. Pacheco *et al.*, "Algoritmos genéticos: princípios e aplicações," *ICA: Laboratório de Inteligência Computacional Aplicada. Departamento de Engenharia Elétrica. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Fonte desconhecida*, vol. 28, 1999.
- [12] S. Mirjalili, "Genetic algorithm," in *Evolutionary algorithms and neural networks*. Springer, 2019, pp. 43–55.
- [13] G. R. Harik, F. G. Lobo, and D. E. Goldberg, "The compact genetic algorithm," *IEEE transactions on evolutionary computation*, vol. 3, no. 4, pp. 287–297, 1999.