

Desenvolvimento de NPCs com comportamentos engajados

Guilherme Alves da Silva
*Unidade Acadêmica Especial de
Ciências Exatas e Tecnológicas
Universidade Federal de Jataí*
Goiás, Brasil
guilherme96.cdc@gmail.com

Marcos Wagner de Souza Ribeiro
*Unidade Acadêmica Especial de
Ciências Exatas e Tecnológicas
Universidade Federal de Jataí*
Goiás, Brasil
marcoswagnersouza@gmail.com

Resumo—NPCs (*Non-Player Character*) ou personagens não jogáveis nem sempre possuem comportamentos considerados adequados e responsivos. E, esta artificialidade pode gerar problemas de qualidade em um jogo e até reduzir o interesse do jogador. Com base nesta afirmação, este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) sobre o desenvolvimento de NPCs com comportamentos engajados. A revisão possibilitou o mapeamento e o conhecimento do estado atual dos estudos correlatos, extraindo 18 artigos relacionados ao estado da arte. A partir da análise, verificou-se que determinadas técnicas tradicionalmente usadas pela indústria de jogos digitais têm se tornado um grande obstáculo na geração de comportamento de NPCs mais engajados ao ambiente virtual.

Palavras-chave—inteligência artificial, jogos, NPC, comportamento engajado, revisão sistemática de literatura

I. INTRODUÇÃO

Uma personagem não-jogável (em inglês: *Non-player character* - NPC) é qualquer personagem que não está sob o controle de um jogador dentro de um ambiente. O termo originou-se a partir de jogos tradicionais de mesa conhecidos como RPG (Jogo de Interpretação de Personagem) nos quais as ações dos personagens são controladas através de narrações feitas pelo jogador que mestra a partida. Nos jogos digitais, a função dos NPCs é simular o comportamento e a racionalidade de jogadores reais [1], agindo com pouca ou nenhuma interferência humana. A indústria de jogos reconhece que tais agentes são controlados por meio da Inteligência Artificial (IA), um dos ramos da Ciências da Computação que possui décadas de experiência em pesquisas científicas associadas aos jogos digitais. Enquanto a indústria busca atender aos requisitos do cliente seguindo as dimensões de qualidade, a ciência concentra-se em elaborar novos modelos, técnicas e métodos que tornem os NPCs mais engajados ao ambiente proposto, testando a percepção humana do que é artificial ou real.

As evoluções tecnológicas, tanto em nível de *software* e *hardware*, possibilitaram que o comportamento dos NPCs tornasse mais intuitivo, aplicando diversos processos tradicionalmente usados pelas principais companhias de jogos digitais. Dentre eles, a tomada de decisão é um processo que decide como a personagem reage a situações que ocorrem no ambiente virtual. No âmbito psicológico, este processo

consiste em um autor que detecta e processa estímulos que ocorrem ao seu redor, reproduzindo uma resposta ou uma cadeia de reações como um comportamento. A inteligência artificial de um NPC baseia-se em um conjunto predefinido de regras que busca reproduzir o comportamento mais adequado possível de acordo com os dados extraídos do ambiente.

Entretanto, o conjunto predefinido pode reproduzir comportamentos anormais considerados ilógicos em situações inesperadas ou comportamentos previsíveis na perspectiva do jogador, fragilizando a ideia de imersão em jogos digitais. Em contrapartida, as pesquisas científicas estão em constante estudo a fim de converter a percepção humana a nível de *software*, trabalho que exige estudos relacionados à psicologia cognitiva. Os estudos de Picard [2] defendem a hipótese de que, se o objetivo é tornar os agentes artificiais genuinamente mais inteligentes e dar respostas mais naturais, então os pesquisadores devem dar à eles a habilidade de reconhecer, entender e até mesmo expressar emoções.

De acordo com [3], os desenvolvedores de jogos digitais destacam que grandes ou médias companhias não disponibilizam tempo e recurso suficiente na elaboração de um complexo conjunto de regras para a tomada de decisão de NPCs. Além disso, [4] menciona que tais empresas insistem em uma abordagem antiquada de programação *hard-code*, ou seja, a frequente atividade de edição e recompilação do código-fonte em vez de uma abordagem que não necessite da interferência do programador. Portanto, técnicas fáceis de implementar, capazes de produzir resultados plausíveis e com baixo custo computacional devem ser valorizadas, principalmente abordagens que garantem um “controle firme sobre as possíveis saídas, impedindo respostas fora de contexto”.

Diante deste cenário de alto ônus, surge a necessidade da elaboração de uma revisão de literatura, cujo objetivo é identificar, de forma concisa e objetiva, os trabalhos relacionados ao desenvolvimento de comportamentos engajados para os NPCs diante da situação atual demonstrada pela indústria de desenvolvimento de jogos digitais. Tal estudo irá funcionar como um guia para a construção de hipóteses, tanto para os pesquisadores desta revisão, assim como para outros interessados da área a fim de obterem informações adequadas as suas necessidades.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Os trabalhos secundários encontrados apresentaram técnicas de inteligência artificial que definem o comportamento de NPCs em jogos digitais, porém a discussão sobre a necessidade da adaptação do processo de tomada de decisão usado é parcialmente explorada.

Por exemplo, os trabalhos [5] e [6] identificam técnicas de IA e descrevem a realidade de que são comumente usadas para controlar o comportamento de NPCs em jogos digitais. No entanto, os trabalhos não abordam caminhos que serviriam de solução para a falta de engajamento de NPCs. Por outro lado, alguns trabalhos exploram a necessidade de incorporar inteligência emocional em agentes artificiais [7], mas não abordam as técnicas de IA que precisariam estar envolvidas neste processo.

O presente trabalho reuniu esses aspectos dos trabalhos encontrados, contribuindo com meios metodológicos que auxiliaram no desenvolvimento de comportamentos engajados a partir de técnicas de inteligência artificial.

III. METODOLOGIA

Diante o objetivo de apresentar uma revisão organizada, coerente e justificada foi feita uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) cuja função é garantir ao pesquisador a qualidade dos resultados obtidos no decorrer do processo. O protocolo de revisão baseia-se na abordagem de [8], composto pelas seguintes seções: questões de pesquisa, palavras-chave, fontes de pesquisa, critérios de inclusão, exclusão e qualidade.

A. Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa foram estruturadas em tópicos em que, a partir de um processo, área ou população, um método de intervenção foi proposto para solucionar o problema de acordo com o contexto.

Em seguida, a metodologia proposta foi aplicada, com atenção aos potenciais riscos que possam comprometer a confiabilidade e desempenho do processo. Por fim, os resultados obtidos a partir da resolução do problema foram observados. A partir desta estruturação, foram elaboradas as seguintes perguntas:

- Q1: Quais os critérios necessários para o desenvolvimento de um comportamento engajado de NPCs em jogos digitais?
- Q2: Quais os papéis da Inteligência Artificial para a construção de comportamento engajado de NPCs em jogos digitais?
- Q3: Quais os critérios que compõem o processo de tomada de decisão de NPCs em jogos digitais a fim de tornar o comportamento mais realístico?
- Q4: Quais os comportamentos esperados de NPCs em um ambiente virtual de jogos digitais a fim de torná-lo mais imersivo?
- Q5: Qual a relação do comportamento emotivo com a tomada de decisão de NPCs em jogos digitais a fim de torná-lo mais convincente?

B. Fontes de Pesquisa

A partir das questões, os termos de busca foram gerados em inglês e português e aplicados no período de 2015 a 2021 nas seguintes bases de dados: ACM *Digital Library*, CAPES, IEEE *Xplorer* e *Elsevier*. O levantamento bibliográfico estendeu para publicações nos anais de congressos, como: COG (em inglês: *Conference on Games*), ICAART (em inglês: *International Conference on Agents and Artificial Intelligence*), GAME-ON e SBGames (Simpósio Brasileiro de jogos e entretenimento digital).

C. Termos de Busca

De acordo com a estruturação das perguntas de pesquisa, as palavras-chaves foram geradas, demonstradas a seguir:

- **Em português:** “Personagem não-jogável”, “Inteligência artificial”, “Jogos digitais”, “tomada de decisão”, “comportamento engajado”, “comportamento realístico”, “cognitivo”, “emotivo”, “ambiente virtual”, “modelo”, “técnica”, “método”, “papel”, “critério”, “relação”, “desenvolvimento”.
- **Em inglês:** “*Non-player character*”, “*Artificial Intelligence*”, “*Digital game*”, “*decision-making*”, “*Believable behavior*”, “*Realistic behavior*”, “*emotion*”, “*cognition*”, “*game world environment*”, “*model*”, “*technique*”, “*method*”, “*role*”, “*criterion*”, “*relation*”, “*development*”.

D. Palavras-chave

As *strings* de busca foram compostas pela junção dos termos de busca de forma coerente e lógica, permitindo que os trabalhos relacionados ao tema sejam encontrados. Nesta fase, a estrutura das perguntas de pesquisa contribuirá para a construção da *string* em si.

Assim sendo, as *strings* de busca como um todo foram:

- **Em português:** (Personagem não-jogável OR NPC) AND (Inteligência Artificial OR IA) AND (Jogo) AND (Tomada de Decisão) AND (Comportamento AND (engajado OR realístico)) AND (cognitivo OR emotivo) AND (Ambiente virtual) AND (imersivo) AND (modelo OR técnica OR método) AND (papel OR critério OR relação OR desenvolvimento).
- **Em inglês:** (*non-player character* OR NPC) AND (*Artificial Intelligence* OR AI) AND ((*digital* OR *video* OR *computer*) AND *game*) AND (*decision making*) AND ((*realistic* OR *believable*) AND *behavior*) AND (*emotion* OR *cognition*) AND (*game world environment*) AND (*immersive*) AND (*role* OR *criterion* OR *development* OR *relation*) AND (*method* OR *technique* OR *model*).

E. Critério de Inclusão e Exclusão

Os critérios de inclusão e exclusão deixam claro os trabalhos que são de interesse aos pesquisadores. Sendo assim, os critérios de inclusão e exclusão são mostrados, respectivamente, nas Tabelas I e II.

Tabela I
CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

ID	Critérios
CI-1	O trabalho apresenta o desenvolvimento do comportamento de NPCs em jogos digitais.
CI-2	O trabalho usa a Inteligência Artificial a fim de definir o comportamento adequado de NPCs em jogos digitais.
CI-3	O trabalho apresenta o processo de tomada de decisão de NPCs usado em jogos digitais para enfrentar a superficialidade.
CI-4	O trabalho apresenta exemplos adequados de comportamento de NPCs em jogos digitais que tornam a experiência mais imersiva.
CI-5	O trabalho expande o estudo de tornar o comportamento de NPCs mais realístico através de aspectos humanos, seja cognitivos ou emotivos.
CI-6	O trabalho apresenta modelos, métodos ou técnicas passíveis de serem implementadas a Inteligência Artificial de NPCs em jogos digitais.

Tabela II
CRITÉRIOS DE EXCLUSÃO

ID	Critérios
CI-1	O trabalho não satisfaz nenhum critério de inclusão.
CI-2	O trabalho trata de outros processos de Inteligência Artificial de NPCs (ex.: <i>path-finding</i> , geração procedural de conteúdo, etc.).
CI-3	O trabalho trata de jogos não voltados ao entretenimento. (ex.: jogos sérios ou gamificação).
CI-4	A versão completa do trabalho não está disponível na <i>web</i> .
CI-5	O trabalho está escrito em outro idioma que não seja inglês ou português.
CI-6	O trabalho trata-se de um editorial, <i>workshop</i> , resumo, vídeo ou tutorial.
CI-7	O trabalho é uma versão mais antiga de um outro trabalho já considerado ou é um trabalho duplicado.

F. Critérios de Qualidade

Nesta etapa do protocolo foi estabelecido uma metodologia para realizar a análise qualitativa dos trabalhos encontrados. Para isto, estipulou-se quatro critérios, onde o objetivo é avaliar se o trabalho contempla, ou não, os mesmos.

- **Apresentação:** O objetivo é claro e coerente com a proposta apresentada da revisão?
- **Metodologia:** A metodologia define instrumentos úteis para a extração de dados sobre técnicas e procedimentos acerca da proposta desta revisão?
- **Validação:** A aplicação é avaliada por meio de indicadores quantitativos e qualitativos que facilitam a compreensão dos dados?
- **Pergunta de Pesquisa:** Aplicação das questões.

IV. CONDUÇÃO DA REVISÃO

Inicialmente, a aplicação das *strings* de busca retornou artigos que se afastavam do objetivo da revisão por tratarem sobre jogos sérios, robótica ou design centrado ao usuário. Isto é justificado diante a grande quantidade de termos que formavam a *string* de busca, necessitando que fosse feito

vários refinamentos. Logo, o resultado dos refinamentos foram os seguintes:

- **Português:** (Personagem não jogável OR NPC) AND (Inteligência Artificial OR IA) AND (jogo) AND (Tomada de Decisão) AND (comportamento AND (realístico OR engajado OR emocional OR psicológico))
- **Inglês:** (*non player character* OR NPC) AND (*Artificial Intelligence* OR AI) AND (*game*) AND (*decision making*) AND ((*realistic* OR *believable* OR *emotional* OR *psychological*) AND *behavior*)

Em 1º momento, os resultados iniciais foram selecionados pelo título e resumo/*abstract*. Caso o artigo tivesse relevância ao objetivo desta revisão, passava para o 2º momento, no qual os artigos são considerados por meio da leitura completa do conteúdo, aplicando os critérios de inclusão e exclusão. Trabalhos descartados entre as fases foram armazenados com a justificativa de exclusão.

Desta forma, obteve-se um número total de artigos nas bases estipuladas, conforme é exposto na Tabela III. Os artigos das bases COG, GAME-ON, ICAART e SBGames foram selecionados sem a aplicação direta da *string* de busca.

Tabela III
PUBLICAÇÕES ENCONTRADAS

	Resultados Iniciais	Fase 1: por título e resumo	Fase 2: por critérios
<i>Banco de dados</i>			
ACM	69	6	3
CAPEs	32	4	0
Elsevier	18	2	2
IEEE	10	4	2
<i>Congressos e Conferências</i>			
COG	8	8	2
GAME-ON	7	7	3
ICAART	7	7	2
SBGames	6	6	4
Total	157	44	18

Os 18 artigos selecionados foram submetidos a uma análise qualitativa a fim de criar uma forma inicial de interpretação. Esta análise não questiona a qualidade técnica ou científica do artigo. O intuito é de implementar a correlação dos artigos com as questões de pesquisa de forma objetiva e sistemática.

Por conseguinte, os artigos cuja apresentação, metodologia e validação estavam fortemente orientados a proposta da revisão e que respondiam a maioria das questões de pesquisa receberam altas classificações. Para cada trabalho, o título, país dos autores, afiliação e ano de publicação foram dispostos na Tabela IV.

Em seguida, buscou-se identificar o número de artigos publicados de acordo com o país das afiliações. Brasil (4) e Reino Unido (4) aparecem em 1º lugar e os Estados Unidos (2), Rússia (2) e Suécia (2) logo atrás. Bélgica (1), Alemanha (1), França (1), Itália (1), Japão (1) e a África do Sul (1) também aparecem nos resultados aceitos.

Tabela IV
CLASSIFICAÇÃO DAS PUBLICAÇÕES ACEITAS

#	Nome da publicação	País	Ano
1º	Adding Variety in NPCs Behaviour using Emotional States and Genetic Algorithms: The Genie Project	Itália	2019
2º	Affect and believability in game characters - A Review of the use of Affective Computing in Games	Escócia	2017
3º	An Analysis of Artificial Intelligence Techniques in Multiplayer Online Battle Arena Game Environments	África do Sul	2016
4º	Applying Behavior characteristics to decision-making process to create believable game AI	Rússia	2019
5º	Building behavioral AI using trust and reputation model based on masked model	Rússia	2019
6º	Comparing Behavior Trees and Emotional Behavior Networks for NPCs	Suécia	2012
7º	Creating an Affective Fighting Game AI System with Gamygdala	Japão, Alemanha	2019
8º	Emotional Behavior Trees	Suécia	2012
9º	An Investigation of Two Real Time Machine Learning Techniques That Could Enhance The Adaptability of Game AI Agents	Reino Unido	2016
10º	Building Bots for Shooter Games based on the Bartle's Player Types and Finite State Machines: A Battling Behaviour Analysis	Brasil	2018
11º	Dealing with emotions of Non Player Characters	Brasil	2017
12º	The Case for Usable AI: What Industry Professionals Make of Academic AI in Video Games	Reino Unido	2020
13º	A computational experiment involving decision-making techniques	Brasil	2016
14º	A relação entre o processo de tomada de decisão e Level Design	Brasil	2017
15º	Desirable Behaviors for Companion Bots in FPS	EUA	2019
16º	Towards a Resource-based Model of Strategy to Help Design Opponent AI in RTS Games	França	2015
17º	Decision Making from Confidence Measurement on the Reward Growth using Supervised Learning	Bélgica	2016
18º	Learning Behaviors in Agents Systems with Interactive Dynamic Influence Diagrams	Reino Unido, USA	2015

V. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, as questões de pesquisa são respondidas a partir dos trabalhos aceitos, dividindo a discussão em análise quantitativa e qualitativa. Além disso, é mostrado uma abordagem de aplicação da taxonomia para o desenvolvimento de um jogo digital.

A. Análise Quantitativa

Esta análise apresenta os quantitativos para cada questão de pesquisa em relação a obtenção ou não de respostas por meio das publicações selecionadas. Com base nestes resultados é possível afirmar que:

- 1) A questão 1 retornou um número razoável de respostas (9), porque, diante ao objetivo da revisão de literatura

abordar NPCs, buscou-se identificar a frequência em que o termo era explorado nos artigos.

- 2) A questão 2 retornou o menor número de respostas (6), pois a maioria dos trabalhos selecionados assumiram a concepção sobre IA aplicada em jogos digitais de maneira implícita. Logo, interpretou-se que os artigos cobram o conhecimento prévio dos leitores sobre o papel da IA no desenvolvimento de jogos digitais.
- 3) A questão 3 retornou o maior número de respostas (13), pois a compreensão geral dos critérios do processo de decisão se baseou na interpretação das propostas de intervenção dos autores, seja por técnicas, *frameworks*, modelos ou *engines* que constroem a tomada de decisão de diversas maneiras.
- 4) A questão 4 retornou um número menor que a metade dos trabalhos aceitos (8), pois os comportamentos esperados dependem mais da expectativa do jogador do que dos desenvolvedores, os quais devem se atentar ao *feedback* dos usuário para garantir uma experiência divertida em jogo.
- 5) A questão 5 retornou um baixo número de respostas (7) devido a especificidade acerca do assunto. Entretanto, quando ocorre a discussão, os trabalhos apresentam resultados promissores.

B. Análise Qualitativa

1) *Q1: Quais os critérios necessários para o desenvolvimento de um comportamento engajado de NPCs em jogos digitais?*: O desenvolvimento de comportamento engajado de NPCs baseia-se em princípios de credibilidade que permitem os jogadores em acreditar na existência da personagem dentro do ambiente virtual, mesmo que ela seja fantástica, impossível ou contraditória. O trabalho de [7] selecionou uma série de requerimentos, tais como: personalidade, emoções, comportamentos, relacionamentos, entre outros.

Outro critério necessário baseia-se na criação da narrativa de personagens não-jogáveis que possui o poder de catalisar a dinâmica entre jogadores reais com os NPCs a partir de papéis que lhe foram designados. Assim como mostra [9], este papel define o conjunto de ações possíveis que devem ser performadas pela personagem. Se a personagem interpreta um papel que não lhe foi designado, os jogadores desacreditam que o NPC possua comportamento engajado.

Esta questão que foi respondida pela maioria dos trabalhos selecionados, apresenta como premissa, a partir desta análise, que os seguintes critérios, intitulados como “Engajamento”, devem ser observados em um trabalho a fim de aferir a credibilidade da personagem.

- **Personalidade:** como traçar o perfil individual da personagem, determinando os padrões de comportamento e a interpretação acerca de diferentes estímulos emocionais.
- **Emoções:** definem como a personagem valoriza suas ações de acordo com os eventos decorridos dentro do ambiente de jogo.

- **Comportamento:** deve corresponder as regras de jogo e a personalidade da personagem, agindo da forma mais natural possível.
- **Relacionamento:** descreve os diferentes níveis de envolvimento com outras entidades do ambiente, definindo laços de amizade, família, inimizade e amor.
- **Papel:** descreve a função da personagem e sua posição no contexto de jogo.

2) *Q2: Quais os papéis da IA para a construção de um comportamento engajado de NPCs em jogos digitais?:* A IA em jogos digitais promove o desenvolvimento de comportamentos de um agente artificial, o qual possui a capacidade de coletar informações sobre o meio em que está inserido para tomar decisões acerca de sua atuação no ambiente virtual. Tipicamente, os comportamentos são modelados a partir de regras pré-estabelecidas e codificados em algoritmos de busca [7].

A modelagem de comportamento de NPCs deve ser simplificada de forma a ser acessível tanto para programadores, quanto game designers que definem a estrutura e regras de jogo. Portanto, tal processo deve ser fácil para testar, controlar e alterar a fim de alcançar os comportamentos desejáveis [10].

Esta questão que não teve respostas de todos os trabalhos, como já mencionado pelo fato de estar implícito, estabelece os seguintes itens intitulados como “Papel da IA”:

- **Nível de Desenvolvimento:** questiona a acessibilidade do modelo usado pela equipe que define os comportamentos do NPC.
- **Algoritmos:** define a técnica de IA usada para controlar o comportamento de NPC no ambiente de jogo (ex: autômato finito determinístico, lógica Fuzzy, árvores de comportamento, árvores de comportamento emocional, algoritmos genéticos, machine learning, etc.)

3) *Q3: Quais os critérios que compõem o processo de tomada de decisão de NPCs em jogos digitais a fim de tornar o comportamento mais realístico?:* O processo de tomada de decisão de NPCs em jogos digitais é composto por uma estrutura hierárquica que mapeia os comportamentos do NPC em nós. O nó de decisão indica a escolha de um comportamento em detrimento do outro, sendo que a transição entre nós corresponde a uma sequência de ações desempenhada pela personagem. As escolhas são influenciadas por fatores externos, seja por meio da avaliação do ambiente atual, preferência por uma ação, valor de recompensa e punição e influência emocional.

Além disso, o processo pode ser definido a partir do gênero de jogo proposto pois, quando o foco de desenvolvimento não está centrado em NPCs, o processo é simplificado em termos de aprendizado, implementação e custo computacional. Desta forma, as decisões são mais artificiais do que inteligentes. Por outro lado, decisões mais inteligentes do que artificiais demandam requisitos acerca da escalabilidade, não-determinismo, modularidade e extensibilidade. Mesmo que ocorra o aumento da demanda de trabalho por parte dos desenvolvedores, o

comportamento dos personagens torna-se menos previsível e mais desafiante.

Diante destes critérios, os trabalhos selecionados abordam técnicas, engines e frameworks de forma a melhorar o atual estado da arte sobre o processo de tomada de decisão de NPCs [5], [10], [11], [12], [13] e [14], além de teorias e propostas relacionadas ao âmbito da psicologia que influenciam os fatores externos de escolha [15], [16] e [7].

Esta questão teve o maior número respostas de todos os trabalhos extraídos, pois o processo de tomada de decisão é um dos mais importantes na construção de NPCs engajados. A partir da revisão literária, considera-se os seguintes critérios intitulados como “Tomada de Decisão”:

- **Hierarquia de Comportamento:** define a distribuição de comportamentos em uma estrutura lógica, assim como nós de decisão e suas transições de estado para estado. (ex: grafo, árvore, fluxograma, etc.).
- **Fatores Externos:** atribuição de um intervalo de valores aos fatores externos que determinam o peso de cada decisão no contexto de jogo.
- **Gênero de Jogo:** se refere ao estilo individual de jogabilidade usado para maximizar a imersão do espectador na história e ambiente de jogo. A categorização dos jogos digitais é um assunto flexível, porque, a medida que a tecnologia é melhorada, novos gêneros emergirão. Sendo assim, temos os possíveis gêneros: jogos de luta, estratégia, tiro, quebra-cabeça, mundo aberto, multi-jogador, aventura, plataforma, simulador, esporte, etc.

4) *Q4: Quais os comportamentos esperados de NPCs em um ambiente virtual de jogos digitais a fim de torná-lo mais imersivo?:* Diante da perspectiva do jogador, os NPCs devem expressar comportamentos que se adaptem as suas decisões e ao contexto de jogo a fim de proporcionar uma experiência única e divertida. Personagens invencíveis cuja a IA produz comportamentos impossíveis de serem superados frustra o jogador, pois o mesmo espera exercer uma influência como protagonista [13], assim como personagens previsíveis cuja a IA produz comportamentos genéricos que demonstram baixo nível de desafio.

Entretanto, a previsibilidade de personagens é aceita quando o ambiente virtual é livre de regras ou limitações, pois o jogador não está interessado em compreender o papel de todos as personagens e muito menos ser punido por tais interpretações. Neste contexto, apenas alguns personagens possuem comportamento engajado, principalmente quando há algum valor narrativo envolvido no jogo. De outro modo, em ambientes virtuais regido de regras e situações lógicas, os NPCs são mais racionais ao considerar questões relacionadas a interação social e ao valor dos elementos que compõem o ambiente de jogo. [17].

Esta questão teve um número baixo de respostas, pois a questão de comportamento esperado nestes trabalhos tem como foco apenas no valor de julgamento para um jogador. São critérios elegíveis para compor o critério “Comportamento Esperado”:

- **Perspectiva do Jogador:** determina a lista de comportamentos esperados pelo jogador de acordo com a narrativa e o papel da personagem.
- **Nível de Desafio:** questiona o nível de inteligência atribuído à personagem para exercer sua função e cumprir tarefas.
- **Nível de Previsibilidade:** questiona o nível de previsibilidade tolerado dos NPCs de acordo com o contexto de jogo.

5) *Q5: Qual a relação do comportamento emotivo com a tomada de decisão de NPCs em jogos digitais a fim de torná-lo mais convincente?:* De acordo com [14], acreditava-se que as emoções interferiam negativamente no raciocínio lógico da tomada de decisão. Entretanto, a inteligência emocional é capaz de tornar o comportamento de NPCs mais convincente, pois é natural do jogador sentir interesse por agentes cuja personalidade está em nível humano, principalmente quando a questão de interação social entra em discussão.

As emoções afetam o valor de julgamento na tomada de decisão em que emoções positivas (felicidade) aumentam a deliberação cujo o agente engaja na busca de informações a fim de evitar riscos, enquanto que emoções negativas (medo) resultam em decisão mais simples de alto risco [16]. O desafio é buscar meios de traduzir as emoções em ações a serem performadas pelos NPCs, analisando como cada emoção afeta seu comportamento e influenciando o contexto de jogo.

A arquitetura do processo de tomada de decisão baseado em emoções para NPCs é composto por sensores e atuadores. Enquanto o usuário está jogando, os sensores devem monitorar suas emoções, seja por expressões faciais, gestos, intenção vocal, linguagem natural ou sinais sensório-motor por dispositivos de entrada. Desta forma, a personagem captura e interpreta os sinais do jogador e os traduz por meio dos atuadores cuja as informações atuadas pelos NPCs assumem o formato gráfico (animações ou textos) ou sonoro [7].

Esta questão teve o menor número de respostas, porém os trabalhos que abordaram esta temática demonstraram com propriedade a necessidade de análise deste aspecto. São critérios elegíveis para compor o critério “Comportamento Emotivo”:

- **Inferência de Emoções:** inferir os estados emocionais na personalidade e papel das personagens não-jogáveis no ambiente de jogo.
- **Análise sensorial:** definir a interface computacional que interage com o jogador a fim de compreender seu estado emocional humano atual, respondendo da forma mais natural possível.
- **Interferência de Emoções:** definir a influência de cada emoção as diferentes situações em que o NPC é submetido.

6) *Conclusões sobre Análise Qualitativa:* De acordo com a análise dos trabalhos e os critérios construídos a partir da resposta das questões de pesquisa, chega-se a conclusão de uma taxonomia para avaliação de trabalhos relacionados a esta pesquisa, seja então:

- 1) Critérios de Engajamento:

- a) Personalidade.
 - b) Emoções.
 - c) Comportamento.
 - d) Relacionamento.
 - e) Papel.
- 2) Papel da Inteligência Artificial:
 - a) Nível de Desenvolvimento.
 - b) Algoritmos.
 - 3) Tomada de Decisão:
 - a) Hierarquia de Comportamento.
 - b) Fatores Externos.
 - c) Gênero de Jogo.
 - 4) Comportamento Esperado:
 - a) Perspectiva do Jogador.
 - b) Nível de Desafio.
 - c) Nível de Previsibilidade.
 - 5) Comportamento Emotivo:
 - a) Inferência de Emoções.
 - b) Análise sensorial.
 - c) Interferência de Emoções.

VI. APLICAÇÃO DA TAXONOMIA

A taxonomia pôde ser aplicada para o desenvolvimento de um jogo digital intitulado como *Witnessess*. Trata-se de um jogo tático baseado em turnos no qual o jogador deve derrotar inimigos utilizando apenas as opções que lhe são prestadas: ataque e movimento. Este tipo de jogo tem suas raízes em cenários de combate de pequena escala que ocorre em um tabuleiro 8x8 (Fig. 1).

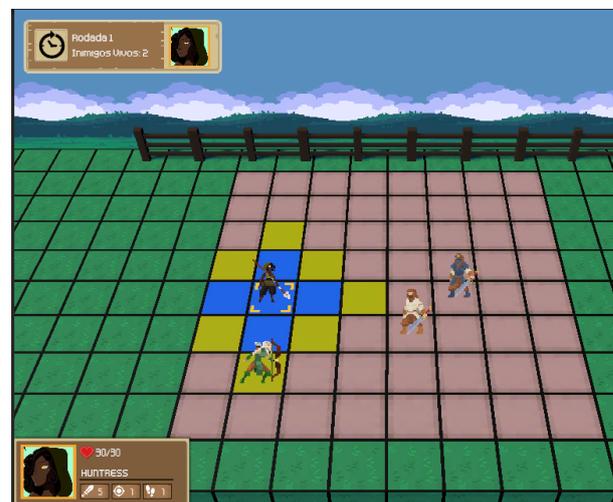


Fig. 1. Interface da partida em jogo

O jogo possui dois tipos de NPCs: bandido leve e pesado, os quais são os inimigos do jogador. O bandido leve comporta-se ao priorizar o ataque às unidades com a menor quantidade de pontos de vida, fugindo de situações de alto risco. Por outro lado, o bandido pesado expressa um comportamento ao priorizar unidades com maior pontos de dano a fim de

atrapalhar que o jogador ataque as unidades mais fracas, protegendo seus aliados. Desta forma, os itens do critério C1 foram atendidos.

A IA das unidades inimigas foi desenvolvida por máquinas de estados finitos que permitem adicionar novas regras na medida que as atuais estivessem em seu correto funcionamento (Fig. 2). Por meio deste, utilizou-se a técnica de utilidade que associa valores de utilidade às escolhas do NPC conforme os atributos do jogador e condições do ambiente que variam com o tempo. Neste ponto, definiu-se os itens do critério C2.

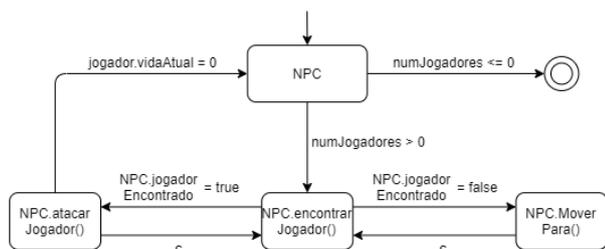


Fig. 2. Máquina de estado finito

Diante do critério C3 em que o gênero de jogo foi definido como tático baseado em turnos, a estrutura lógica da hierarquia de comportamentos foi mapeada em três colunas: objetivos principais, secundários e ações, conforme mostra a Fig. 3. A primeira coluna mostra o objetivo principal dos NPCs em ambiente de jogo. Para atingir este propósito geral, o personagem toma decisões de acordo com os objetivos secundários que são cumpridos por meio de ações, como atacar o jogador ou movimentar-se pelo cenário.

Objetivo principal	Objetivos secundários	Ações
Derrotar todos os jogadores	Encontrar jogador com menor número de pontos de vida	Atacar
	Encontrar jogador com maior pontos de dano de ataque	
	Atacar jogador enquanto possuir pontos de vida	Mover para

Fig. 3. Hierarquia de comportamento

O critério C4 foi aplicado a partir de testes preliminares realizados para averiguar se os comportamentos definidos para os NPCs condizem com a expectativa dos jogadores. Os testes aconteceram remotamente no período de duas semanas, onde os usuários acessavam o jogo via *link* disponibilizado pelos autores e, assim que tivessem a primeira experiência, submetiam a avaliação pelo *Google Forms*, assinalando quatro afirmações na escala Likert que varia de 1 (discordo totalmente) a 5 (concordo totalmente). As afirmações são mostradas a seguir:

- **Consciência:** o NPC mostra ser capaz de perceber o ambiente ao seu redor.
- **Compreensão:** as ações do NPC são compreensíveis.

- **Personalidade:** o NPC possui características que o definem como um personagem único dentro do jogo.
- **Previsibilidade:** o NPC possui um nível de predição adequado.

A partir da análise dos resultados obtidos via questionário, vinte (20) participantes dispuseram de participar do processo avaliativo. A porcentagem média obtida de respostas do tipo “concordo totalmente” e “concordo parcialmente” (62,18%) foi superior a média mínima de 60% e superou a porcentagem média de respostas do tipo “discordo totalmente” e “discordo parcialmente” (29%), confirmando que os NPCs possuíam comportamentos engajados.

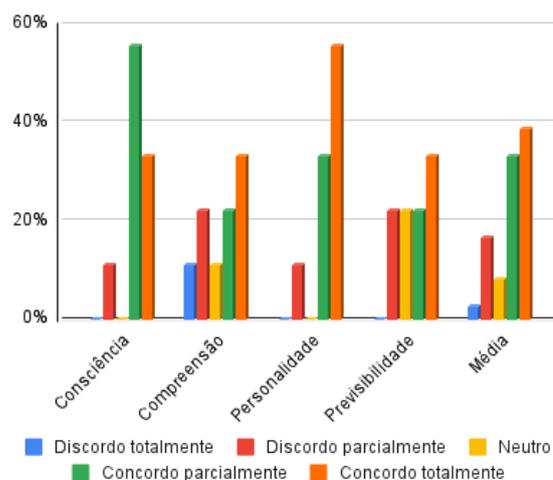


Fig. 4. Resultado obtido via questionário online

VII. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho investigou os aspectos envolvidos na construção de comportamento engajado de NPCs em jogos digitais, respondendo as questões de pesquisa e construindo a taxonomia de acordo com os trabalhos aceitos. Tal metodologia auxiliou na compreensão do atual estado da arte da IA relacionada ao processo de tomada de decisão de personagens, atendendo as expectativas do jogador, proposta de jogabilidade e gênero de jogo.

Com a finalidade de medir a eficácia e eficiência, aplicou-se a taxonomia no desenvolvimento de comportamentos engajados dos NPCs em um jogo proposto pelos autores deste artigo. Os resultados obtidos a partir de um processo avaliativo remoto com voluntários afirmaram que tais personagem foram capazes de expressar engajamento.

Diante deste cenário, surgiu a hipótese de que a adoção de técnicas tradicionais seja o grande obstáculo que interfere no alcance de comportamentos mais engajados de NPCs. Por conta do aumento de consumo de jogos digitais, os jogadores tornaram-se cada vez mais exigentes buscando por novos tipos de jogabilidade. Desta forma, há o compromisso da indústria de jogos digitais pela adoção de técnicas condizentes com a

proposta de jogo, intensificando o caráter lúdico e imersivo dos jogos eletrônicos.

A análise dos trabalhos aceitos confirmou que o desenvolvimento e aplicação da taxonomia permite que as técnicas de inteligência artificial no desenvolvimento de comportamentos engajados para NPCs ofereçam controle firme sobre as possíveis saídas.

Para trabalhos futuros quanto à área específica, espera-se aplicar outras técnicas de IA, como a otimização automática gerada por algoritmos evolutivos no qual os NPCs possam adaptar o comportamento a cada interação com o usuário. Quanto à área aplicada, espera-se aplicar a taxonomia a outras propostas de jogo que diferem pelo gênero, principalmente para as jogabilidades que estão em ascensão (*roguelike*, *battle royale*, etc.).

REFERÊNCIAS

- [1] C. Bailey and M. Katchabaw, “An emergent framework for realistic psychosocial behaviour in non player characters,” Proceedings of the 2008 Conference on Future Play Research, Play, Share - Future Play '08, pp. 17–24, 2008.
- [2] R. W. Picard, “Affective computing,” *PsycEXTRA Dataset*, 1997.
- [3] J. Pfau, J. D. Smeddinck, and R. Malaka, “The Case for Usable AI: What Industry Professionals Make of Academic AI in Video Games,” Extended Abstracts of the 2020 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, Nov. 2020.
- [4] D. Taralla, Z. Qiu, A. Sutura, R. Fonteneau, and D. Ernst, “Decision Making from Confidence Measurement on the Reward Growth using Supervised Learning - A Study Intended for Large-scale Video Games,” Proceedings of the 8th International Conference on Agents and Artificial Intelligence, vol. 2, pp. 264–271, 2016.
- [5] M. Waltham and D. Moodley, “An Analysis of Artificial Intelligence Techniques in Multiplayer Online Battle Arena Game Environments,” Proceedings of the Annual Conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists on - SAICSIT '16, 2016.
- [6] Simonov, A., Zagarskikh, A. and Fedorov, V., 2019. “Applying Behavior characteristics to decision-making process to create believable game AI”. *Procedia Computer Science*, 156, pp.404–413.
- [7] S. Hamdy and D. King, “Affect and believability in game characters: a review of the use of affective computing in games,” *Game-On'17: the 18th International Conference on Intelligent Games and Simulation*, pp. 90–97, Aug. 2017.
- [8] B. A. Kitchenham and S. Charters, “Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering,” Keele University and Durham University Joint Report, EBSE 2007-001, Jul. 2007.
- [9] F. O. Fossi and I. C. S. da Silva, “Building Bots for Shooter Games based on the Bartle’s Player Types and Finite State Machines: A Battling Behaviour Analysis,” 7th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames), 2018.
- [10] J. Lemaitre, D. Lourdeaux, and C. Chopinaud, “Towards a Resource-based Model of Strategy to Help Designing Opponent AI in RTS Games,” Proceedings of the International Conference on Agents and Artificial Intelligence, pp. 210–215, 2015.
- [11] F. Agliata, M. Bertoli, L. A. Ripamonti, D. Maggiorini, and D. Gadia, “Adding variety in NPCs behaviour using emotional states and genetic algorithms: The GENIE project,” 20th International Conference on Intelligent Games and Simulation, GAME-ON 2019, pp. 45–49, 2019.
- [12] A. Johansson and P. Dell’Acqua, “Comparing behavior trees and emotional behavior networks for NPCs,” 2012 17th International Conference on Computer Games (CGAMES), 2012.
- [13] D. King and C. Bennett, “An investigation of two real time machine learning techniques that could enhance the adaptability of game AI agents,” Proceedings of GAMEON'2016: the 17th International Conference on Intelligent Games and Simulation, pp. 41–48, Sep. 2016.
- [14] A. Johansson and P. Dell’Acqua, “Emotional behavior trees,” 2012 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG), 2012.
- [15] A. Baffa, P. Sampaio, B. Feijo, and M. Lana, “Dealing with the Emotions of Non Player Characters,” 2017 16th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames), Nov. 2017.
- [16] K. Yuda, M. Mozgovoy, and A. Danielewicz-Betz, “Creating an Affective Fighting Game AI System with Gamygdala,” 2019 IEEE Conference on Games (CoG), 2019.
- [17] L. V. Lazarin and R. Cherobin, “A Relação entre o processo de tomada de decisão e Level Design,” 6th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames), 2017.
- [18] Shchepin, N. and Zagarskikh, A., 2019. “Building behavioral AI using trust and reputation model based on mask model,” *Procedia Computer Science*, 156, pp.387-394.
- [19] E. F. S. de Almeida and A. R. da Cruz, “A computational experiment involving decision-making techniques,” 5th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames), Sep. 2016.
- [20] A. Friedman and J. Schrum, “Desirable Behaviors for Companion Bots in First-Person Shooters,” 2019 IEEE Conference on Games (CoG), 2019.
- [21] R. Conroy, Y. Zeng, M. Cavazza, and Y. Chen, “Learning Behaviors in Agents Systems with Interactive Dynamic Influence Diagrams,” Proceedings of the Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 39–45, Jul. 2015.