

# Autobalanceamento em Jogos Digitais - Mapeamento Sistemático da Literatura

## *Self-Balancing in Digital Games - Systematic Mapping Study*

**Cristiano Barroso Serra, Tadeu Moreira de Classe, Sean Wolfgang Matsui Siqueira**

Grupo de Pesquisa em Jogos Digitais para Contextos Complexos (JOCCOM)

Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)

Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)

cristianoserra@edu.unirio.br, tadeu.classe@uniriotec.br, sean@uniriotec.br

**Abstract.** *Digital games are not only entertainment but also essential tools for learning and development in different fields. Any game aims to motivate and engage players, who can develop skills and learn what the game offers. Nevertheless, for this purpose, those games must balance challenge and fun, making self-balancing in the game's difficulties according to players' profiles essential. This paper explores studies focused on analyzing self-balancing in digital games. We described and performed a systematic mapping study in which we found 280 studies, but after a criterion analysis, we accepted only 11. In those studies, we observed techniques, tools, data, game elements, and game types related to self-balancing. Therefore, this paper contributes to reunited information that can support researchers in self-balancing associated with digital games, contributing to the game research field.*

**Keywords.** *Digital Game, Self-balance, Systematic Mapping Study.*

**Resumo.** *Jogos digitais não se limitam apenas ao entretenimento, eles também são ferramentas importantes para o aprendizado e desenvolvimento em diferentes contextos. Fazer com os jogadores sintam motivados e engajados durante o gameplay é o objetivo de qualquer jogo, e, conseqüentemente, quando imersos, os jogadores tendem a desenvolver habilidades e aprender o que o jogo tem a oferecer. Contudo, para isso, é necessário que os jogos encontrem o equilíbrio entre desafio e diversão, tornando fundamental que estes jogos possam autobalancear dificuldades de acordo com o perfil do jogador. Neste artigo, a literatura é explorada com foco na identificação de estudos que permitam analisar como jogos digitais utilizam técnicas de autobalanceamento. Para isso, é descrito e executado um mapeamento sistemático da literatura, no qual, 280 estudos foram identificados, mas, após análise criteriosa, apenas 11 foram considerados aptos para responderem as questões de pesquisa. Dentre estes estudos foram possíveis observar técnicas, dados utilizados, ferramentas, elementos e tipos de jogos dentro desta temática. Portanto, este estudo contribui ao reunir informações que possam guiar outros trabalhos dentro da área de jogos com foco no autobalanceamento.*

**Palavras-chave.** *Jogos Digitais, Autobalanceamento, Mapeamento Sistemático.*

## 1. Introdução

A evolução dos jogos digitais não se limita apenas a esfera do entretenimento, nos dias atuais, eles podem ser considerados ferramentas importantes para o desenvolvimento em diversas áreas como educação, treinamento profissional, e até mesmo na área médica [Leitão et al. 2021]. O conceito de autobalanceamento, ou ajuste dinâmico de dificuldade, refere-se à capacidade de um jogo digital em modificar sua dificuldade em tempo real, com base no desempenho e nas habilidades do jogador [Pfau et al. 2020]. Com a necessidade de novas ferramentas

que aumentem o engajamento dos jogadores ou aumentem a eficácia do treinamento em jogos sérios, a questão do autobalanceamento emerge como um aspecto importante para a criação de jogos, podendo proporcionar uma experiência desafiadora, porém acessível, para um espectro diversificado de jogadores [Pfau et al. 2020].

A importância do autobalanceamento em jogos digitais vai além da mera manutenção do interesse do jogador; ela toca em aspectos importantes da experiência humana frente à tecnologia, como motivação, aprendizagem adaptativa, e até mesmo bem-estar emocional [Pfau et al. 2020]. Em contextos educacionais, por exemplo, jogos bem balanceados podem ajustar-se ao nível de competência de cada estudante, oferecendo desafios apropriados que promovem o aprendizado sem provocar frustração ou tédio [Camillo e Medeiros 2018]. Da mesma forma, o autobalanceamento pode contribuir para a criação de interfaces adaptativas que respondem dinamicamente ao usuário, potencializando a usabilidade e a eficácia de sistemas computacionais com contribuição direta para áreas de Jogos [Moon e Seo 2020] e consequentemente à sistema de Informação e Educacionais.

Diante da necessidade de desenvolver ferramentas que aumentem o engajamento e a eficácia do treinamento em jogos sérios, o presente estudo centrou-se na exploração do autobalanceamento em jogos digitais. Esta pesquisa abordou tanto a implementação técnica quanto suas implicações práticas e teóricas, levantando a questão principal: **“Como jogos digitais utilizam técnicas de autobalanceamento?”**

Um mapeamento sistemático da literatura (MSL) foi conduzido com rigor, resultando na seleção de 280 estudos, dos quais 11 foram considerados robustos o suficiente para auxiliar na resposta às perguntas de pesquisa. Este estudo não apenas catalogou os tipos de dados coletados para o autobalanceamento, mas também avaliou a eficácia dessas técnicas, explorou as mecânicas de jogo afetadas por esses procedimentos e identificou os gêneros de jogos que mais se beneficiam dessas abordagens.

Os resultados de um mapeamento sistemático da literatura indicaram que a maioria dos estudos sobre autobalanceamento em jogos digitais utiliza monitoramento contínuo com ajustes automáticos durante a jogabilidade. 36% dos estudos empregam técnicas de Inteligência Artificial juntamente com funções matemáticas, apontando para um campo de pesquisa promissor. A adaptação de nível é um aspecto central, presente em 91% dos estudos, destacando a necessidade de estratégias de balanceamento customizadas que melhorem a experiência do jogador. A validação da eficácia dessas técnicas ainda apresenta grandes oportunidades para desenvolvimentos futuros, sugerindo a exploração de métodos empíricos e estatísticos mais robustos.

Assim, este mapeamento sistemático propôs elucidar o campo promissor do autobalanceamento em jogos digitais, encorajando a exploração de técnicas matemáticas sofisticadas e novas mecânicas de jogo para aprimorar a experiência dos jogadores. Espera-se que estas descobertas incentivem pesquisas futuras, continuando a enriquecer o conhecimento e a inovação no vasto campo dos jogos digitais.

Desta forma, este trabalho está organizado em: Seção 2, apresenta conceitos relacionado ao autobalanceamento em jogos. A Seção 3 apresenta alguns trabalhos relacionados. Na Seção 4 é descrito o planejamento do MSL e sua execução, enquanto a Seção 5 descreve seus resultados. Por fim, a Seção 6 apresenta as considerações finais e trabalhos futuros.

## **2. Autobalanceamento em Jogos**

O autobalanceamento em jogos refere-se ao conjunto de técnicas e algoritmos empregados para manter a equidade e o desafio dentro de um ambiente de jogo, ajustando-se dinamicamente às

habilidades e ao progresso dos jogadores. Esta estratégia tem como objetivo proporcionar uma experiência de jogo desafiadora e envolvente para os jogadores.

O principal objetivo do autobalanceamento é ajustar elementos como dificuldade, recursos disponíveis, poder dos adversários, ou qualquer outro fator que possa influenciar a jogabilidade. Isso é feito baseando-se em métricas de desempenho individual ou coletivo, garantindo que cada jogador encontre desafios adequados que correspondam ao seu nível de habilidade e progresso no jogo. Tal mecanismo visa evitar que jogadores novatos se sintam sobrecarregados enquanto mantém o jogo desafiador para os mais experientes, potencialmente aumentando a retenção e a satisfação dos usuários [Or et al. 2021, Xia e Anand 2016].

Existem diversas abordagens de autobalanceamento em jogos e se baseiam em Ajuste de Dificuldade Dinâmico: Algoritmos que modificam a dificuldade do jogo em tempo real com base no desempenho do jogador. Com o desafio de Detecção e Ajustes de Habilidade do Jogador com o sem Impacto na Narrativa [Or et al. 2021]. O autobalanceamento é um componente integrativo que não apenas ajusta o jogo para manter o desafio apropriado, mas também serve como uma ferramenta para melhorar a inclusão e a acessibilidade, promovendo uma experiência mais personalizada e engajadora [Or et al. 2021, Xia e Anand 2016].

### 3. Trabalhos Relacionados

Em 2020, Hee-Seung Moon e Jiwon Seo [Moon e Seo 2020], da Yonsei University, apresentaram um estudo inovador no campo do Ajuste Dinâmico de Dificuldade (DDA) em jogos, utilizando uma técnica de adaptação rápida ao usuário com base no algoritmo de meta-aprendizagem (MAML). Este método permite ajustar rapidamente o nível de dificuldade de um jogo ao perfil de habilidade de cada jogador com apenas uma pequena quantidade de dados de demonstração. Testado em um ambiente de jogo de *Air Hockey virtual*, o método proposto superou as técnicas baseadas em aprendizagem profunda tradicionais e mostrou uma velocidade de aprendizado significativamente mais rápida. Além de melhorar a taxa de vitória/perda e posse do disco dos jogadores, o estudo demonstrou que a nova abordagem contribuiu para aumentar a satisfação e o engajamento dos jogadores, oferecendo uma dificuldade adequada e elevando a experiência de jogo sem a necessidade de ajuste manual e demorado dos parâmetros

Em 2023, Cardouzo e Classe [Cardouzo e de Classe 2023] realizaram uma Revisão Rápida da Literatura (RRL) para investigar como os elementos estéticos e dinâmicos são balanceados em jogos de diferentes gêneros, como ação, estratégia, RPG e simulação. Inicialmente, a pesquisa retornou 150 estudos, com 14 selecionados para análise. Como conclusão do artigo destaca a predominância do uso de Ajuste Dinâmico de Dificuldade (DDA) e a aplicação de inteligências artificiais para o balanceamento em jogos de ação, embora tenha sido observada uma lacuna significativa no que tange à consideração dos elementos estéticos e dinâmicos. Esta lacuna sugere uma ampla margem para pesquisa futura, visando explorar como estes elementos podem ser equilibrados de forma a aprimorar a imersão e a experiência do jogador.

Esta proposta de artigo enfoca na pesquisa dos principais elementos de autobalanceamento aplicados em jogos digitais, com objetivo de uma compreensão mais aprofundada das principais técnicas empregadas, dados coletados, métodos de validação da ferramenta e principais tipos de jogos utilizados.

### 4. Planejamento do Mapeamento Sistemático de Literatura

Este estudo segue as etapas do modelo de MSL proposto por Kitchenham e Charters [2004], sendo dividido em: 1) Planejamento; 2) Condução e; 3) Divulgação dos Resultados. A partir destas etapas é possível realizar uma revisão mais aprofundada dos estudos preliminares

dentro de uma área de investigação, possibilitando a identificação, avaliação e interpretação de pesquisas pertinentes com foco em uma determinada área ou tópico de pesquisa.

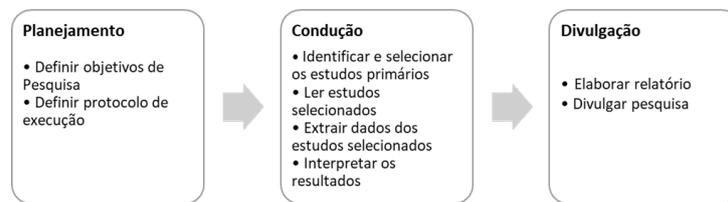


Figura 1. Etapas do MSL

#### 4.1. Planejamento

O planejamento em um MSL é determinado a partir da confecção de um protocolo a ser seguido para a condução do estudo. Assim, o protocolo deste MSL envolveu as etapas: i) definição do objetivo, ii) elaboração das questões de pesquisa, iii) seleção das fontes de dados, iv) composição da *string* de busca, v) definição de critérios de inclusão, exclusão e avaliação da qualidade dos trabalhos.

O **objetivo** foi definido com base no problema de pesquisa **Como jogos digitais utilizam técnicas de autobalanceamento?** O protocolo foi estruturado de acordo com a abordagem GQM (*Goal Question Metrics*) [Basili 1992], sendo definido como: **analisar** a existência de estudos primários; **com o propósito de** identificar técnicas e conceitos de autobalanceamento; **relacionados a** como são usados, aplicados e implantados; **do ponto de vista de** pesquisadores; **no contexto de** jogos de digitais.

Com base neste objetivo, foram elaboradas **5 questões secundárias de pesquisa**:

- Q1:** Que técnicas de autobalanceamento são utilizadas em jogos digitais?
- Q2:** Que tipo de dados são coletados para o autobalanceamento do jogo criado?
- Q3:** Quais ferramentas foram utilizadas para validar a eficácia da utilização do autobalanceamento?
- Q4:** Quais as mecânicas do jogo criado que são influenciadas pelo balanceamento?
- Q5:** Qual tipo de jogo foi criado?

Para a **seleção das fontes de dados**, foram utilizadas as principais fontes de dados onde estudos de computação e trabalhos de jogos são indexados [Keele et al. 2007]: *ACM Digital Library*<sup>1</sup>, *EI Compendex*<sup>2</sup>, *IEEE Digital Library*<sup>3</sup>, *Science@Direct*<sup>4</sup>, *Scopus*<sup>5</sup>, *ISI Web of Science*<sup>6</sup>, *Springer*<sup>7</sup>, e *Wiley*<sup>8</sup>.

A partir disso, a **estratégia de busca** foi definida a partir do uso do PICOC<sup>9</sup> (População, Intervenção, Comparação, Saída e Contexto) [Santos et al. 2007], o qual foi utilizado para organização e composição da *string* de busca nas bases (Tabela 1).

Ao criar a *string* de busca, foram incluídos sinônimos das palavras-chave em inglês. Dessa maneira, a *string* de busca foi formulada como:

<sup>1</sup><https://dl.acm.org/>

<sup>2</sup><http://www.engineeringvillage.com>

<sup>3</sup><http://ieeexplore.ieee.org>

<sup>4</sup><http://www.sciencedirect.com>

<sup>5</sup><http://www.scopus.com>

<sup>6</sup><http://www.isiknowledge.com>

<sup>7</sup><http://link.springer.com>

<sup>8</sup><http://www.wiley.com>

<sup>9</sup> Apenas utilizado População e Intervenção, pois com uma maior delimitação da estratégia de busca, não houve resultado nas buscas

**Tabela 1. Termos e sinônimos usados no PICOC**

Dimensão	Termo em Português	Termo em inglês
População	Jogos Digitais	<i>Digital Game</i>
Intervenção	Autobalanceamento	"balance" OR "balancing" OR "Dynamic Diffucult Adjustment" OR "Dynamic Adjustment"

("Digital game")

AND

("balance" OR "balancing" OR "Dynamic Diffucult Adjustment" OR "Dynamic Adjustment")

Devido às fontes e resultados variados, foram **definidos critérios de inclusão e exclusão** (Tabela 2). Desta maneira, estudos que apresentassem CI deveriam ser selecionados e analisados nas etapas de seleção e leitura completa (aceitação). Os estudos que forem classificados em ao menos um CE, deveriam ser excluídos das análises.

**Tabela 2. Critérios de Inclusão e Exclusão**

Código	Descrição.
CI-1	Estudo que aborde o uso de autobalanceamento em jogos digitais.
CE-1	Estudo com acesso indisponível para visualização completa nas bases de dados científicas.
CE-2	Estudo com menos de 4 páginas.
CE-3	Estudo duplicado.
CE-4	Estudo que não aborde o uso de autobalanceamento em jogos digitais.
CE-5	Estudo que não seja primário.
CE-6	Estudo que não esteja escrito nos idiomas português ou inglês.
CE-7	Estudo que seja prefácio, livro, editorial, resumo, pôster, painel, palestra, mesa redonda, oficina, keynotes, tutoriais ou demonstração.

Para a etapa de aceitação foram estabelecidos 6 critérios de qualidade que deveriam ser observados na extração dos dados (Tabela 3). A estes critérios foram atribuídas notas para obter uma pontuação final, a pontuação não foi utilizada como critério de exclusão. Neste trabalho, as notas variavam de 0 a 1, indicando se o estudo atendia ou não a cada critério específico.

**Tabela 3. Critérios de Qualidade**

Código	Descrição
<b>CQ1</b>	O estudo responde alguma das questões de pesquisa?
<b>CQ2</b>	O objetivo do estudo está definido de forma clara?
<b>CQ3</b>	Existe secção de trabalhos relacionados, no qual diferencia a proposta do estudo de outros trabalhos?
<b>CQ4</b>	A metodologia da pesquisa é claramente definida e apresentada?
<b>CQ5</b>	Os resultados estão claramente apresentados?
<b>CQ6</b>	O estudo apresenta claramente o contexto de treinamento para qual o jogo foi aplicado?

Durante a condução do MSL, o *Parsif.al*<sup>10</sup> foi utilizado como uma ferramenta de apoio para o planejamento e organização das referências encontradas na etapa de busca. A partir disso, as análises foram organizadas em 3 etapas: remoção de duplicatas (etapa 1), seleção dos estudos (etapa 2) e aceitação dos trabalhos (etapa 3) que atendiam aos critérios de inclusão. O sistema *Parsif.al* auxiliou, principalmente, na etapa inicial de planejamento e organização das referências porém, o *Microsoft Excel* foi utilizado para a organização e análise dos estudos durante as etapas de seleção e aceitação.

## 4.2. Condução do MSL

Após a definição do protocolo do MSL, foram realizadas buscas em fontes de dados outubro de 2023 a março de 2024. No total, foram encontrados 280 estudos. Desses, 65 foram excluídos por serem duplicados (23% dos estudos). Na etapa de seleção, dos 215 estudos restantes, 204 não cumpriram os critérios de inclusão e foram eliminados (73% dos estudos)<sup>11</sup>, resultando em 11 estudos selecionados (3,9% dos estudos), como pode ser observado na Tabela 4.

<sup>10</sup><https://parsif.al/>

<sup>11</sup>Estudos removidos: 38 por CE-3 (4,49%), 674 por CE-4 (79,67%), 56 por CE-5 (6,62%) e 30 por CE-7 (3,55%).

**Tabela 4. Relação de estudos em cada etapa do MSL**

Base	Busca	Etapa 1		Etapa 2	
		Duplicados		Seleção	
		Removidos	Restantes	Removidos	Aceitos
ACM Digital Library	3	3	0	0	0
El Compendex	37	27	10	10	0
IEEE Digital Library	9	2	7	6	1
Science@Direct	2	1	1	1	0
Scopus	124	24	100	95	5
Web of Science	37	6	31	26	5
Springer	68	2	66	66	0
<b>Total</b>	<b>280</b>	<b>65</b>	<b>215</b>	<b>204</b>	<b>11</b>

## 5. Resultados

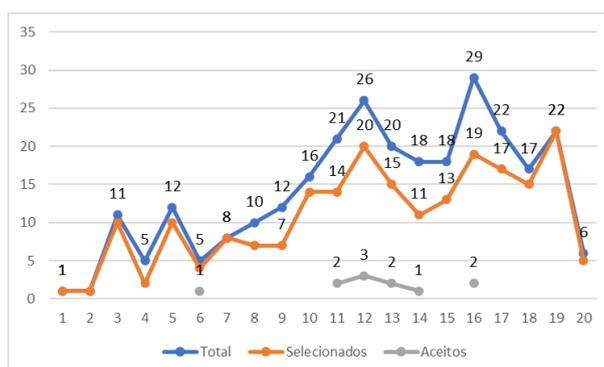
### 5.1. Análise Preliminar dos Estudos Aceitos

A Tabela 5 apresenta os 11 estudos aceitos para análise. Nela é apresentado um código (ID), o qual será responsável pela identificação do artigo ao longo da apresentação dos resultados, o ano da publicação, o título do estudo, e, a pontuação de qualidade após a leitura completa do texto.

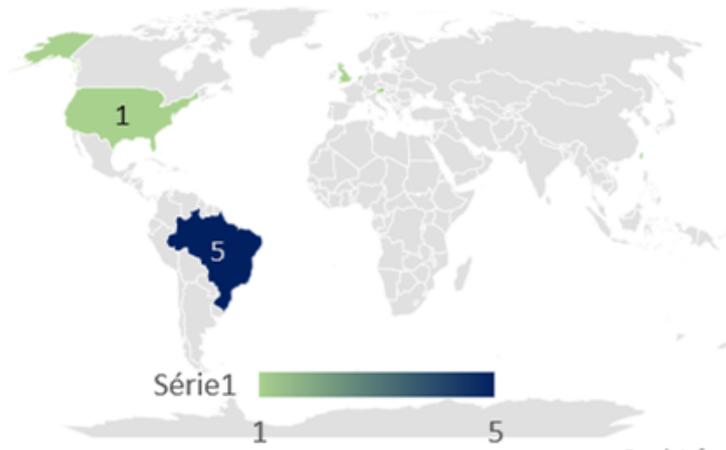
**Tabela 5. Estudos aceitos**

ID	Ano	Título	Qualidade
E-01	2010	Micro-adaptivity: protecting immersion in didactically adaptive digital educational games [Kickmeier-Rust e Albert 2010]	6
E-02	2016	Self-explanation and digital games: Adaptively increasing abstraction [Clark et al. 2016]	6
E-03	2020	Balancing cognitive complexity and gaming level: Effects of a cognitive complexity-based competition game on EFL students' English vocabulary learning performance, anxiety and behaviors [Yang et al. 2020]	6
E-04	2017	Visual Data Exploration for Balance Quantification in Real-Time During Exergaming [Soancatl Aguilar et al. 2017]	5
E-05	2016	Dynamic Difficulty Adjustment through an Adaptive AI [Silva et al. 2015]	6
E-06	2018	Development and Assessment of an Adaptive Difficulty Arithmetic Game Based Learning Object [Mainieri et al. 2018]	6
E-07	2016	Dynamic difficulty adjustment on MOBA games [Silva et al. 2017]	6
E-08	2020	Dynamic Difficulty Adjustment in Digital Games Using Genetic Algorithms [Weber e Notargiacomo 2020]	6
E-09	2015	A data-driven approach for online adaptation of game difficulty [Yin et al. 2015]	6
E-10	2015	Adaptation in digital games: The effect of challenge adjustment on player performance and experience [Denisova e Cairns 2015]	6
E-11	2017	Using Monte Carlo tree search and google maps to improve game balancing in location-based games [Maia et al. 2017]	6

De acordo com a Figura 2, a distribuição dos estudos ao longo dos anos mostra que os estudos sobre autobalanceamento de jogos já foram observados décadas atrás. A partir de 2010, houve um aumento significativo no número de estudos, indicando um crescente interesse nesse tema voltado para jogos digitais.

**Figura 2. Distribuição de estudos por ano de publicação.**

O Brasil, de acordo com a Figura 3, têm a maior concentração de estudos representando 45% do total, enquanto os demais, Áustria, Taiwan, Reino Unido, Singapura, Países Baixos e Estados Unidos têm apenas 1 estudo cada, totalizando 9% cada. Essas concentrações podem indicar áreas de especialização, colaborações acadêmicas ou interesse em questões específicas relacionadas ao tema do estudo.

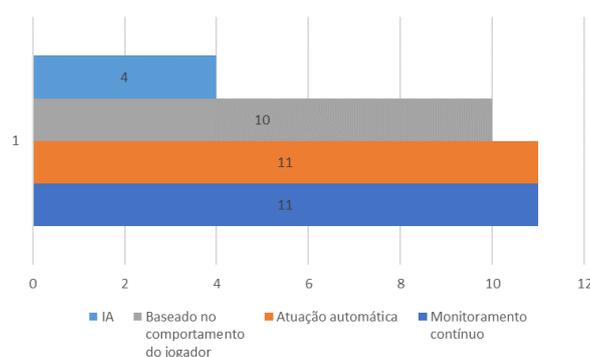


**Figura 3. Distribuição geográfica dos estudos aceitos.**

A distribuição da qualidade dos estudos selecionados apresenta uma pontuação elevada, 11 estudos com pontuação máxima de 6 pontos (91%) e apenas 1 estudo com pontuação de 5 pontos (9,0%, E-04), isso pode indicar que os resultados e conclusões obtidos a partir desses estudos são mais confiáveis e robustos.

## 5.2. Q1: Que técnicas de autobalanceamento são utilizadas em jogos digitais?

O objetivo desta questão é identificar as técnicas de autobalanceamento empregadas em jogos digitais. Na tabela, observa-se que, dentre os 11 estudos que foram examinados, 100% (E-01 a E-11) implementam monitoramento contínuo com atuação automática de balanceamento durante a execução do jogo. Em relação ao autobalanceamento baseado no comportamento individual do jogador, apenas o estudo E-11 não apresentou essa técnica, se baseando apenas em calcular distâncias como mecânica de jogo. 36% (E-05, E-07, E-08 e E-10) dos estudos implementaram técnicas de Inteligência Artificial para o autobalanceamento. Apenas 9% (E-08) apresentou uma técnica conjunta de supercompensação.



**Figura 4. Principais técnicas identificadas**

### 5.3. Q2: Que tipo de dados são coletados para o autobalanceamento do jogo criado?

Essa questão tem como objetivo entender quais tipos de dados são coletados para o autobalanceamento de jogos digitais. Dos 11 estudos analisados, foi observado que o progresso do jogador é o dado mais frequentemente coletado, sendo utilizado em 73% dos estudos (E-01, E-02, E-03, E-05, E-06, E-07, E-08, e E-09), o que indica uma forte tendência para avaliar o balanceamento do jogo com base na evolução dos jogadores dentro do jogo. O cálculo temporal são dados que utilizam o tempo como variável direta ou indireta com o tempo de reposta ou velocidade do jogador, sendo encontrados em 18% (E-01 e E-04) dos estudos. A coleta de dados de Pontuação ocorreu em 64% (E-02, E-03, E-05, E-06, E-07 E E-10), a Física Real se baseia nos dados do mundo real como movimentação do corpo, esta ocorreu em 9% dos estudos (E-04).

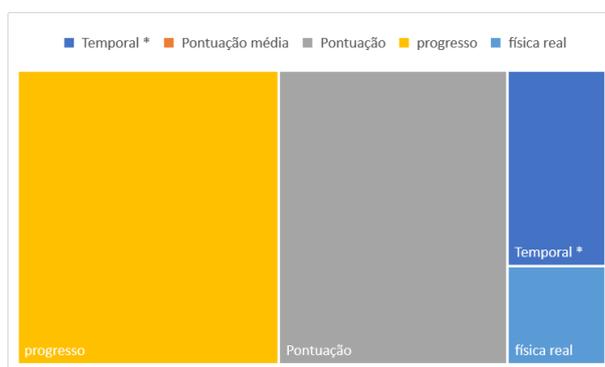


Figura 5. Tipos de dados coletados.

### 5.4. Q3: Quais ferramentas foram utilizadas para validar a eficácia da utilização do autobalanceamento?

Para validar a eficácia do autobalanceamento em jogos digitais, os estudos listados empregaram métodos empíricos e estatísticos. Dos 11 estudos analisados, verifica-se que 18% (E-01 e E-05) utilizaram uma abordagem empírica para a validação, o que implica um processo baseado na observação e experiência direta. Em termos de ferramentas estatísticas, 82% (E-02, E-03, E-04, E-06, E-07, E-08, E-09, E-10 e E-11) dos estudos fizeram uso destas, indicando a aplicação de métodos quantitativos para analisar a eficácia do balanceamento. Dos estudos que empregaram ferramentas estatísticas para validação, houve uma predominância da utilização da Análise de Variância (Anova) e utilização de questionários para validação.

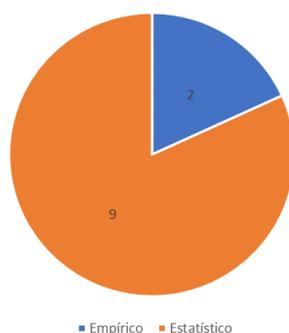


Figura 6. Validação.

### 5.5. Q4: Quais as mecânicas do jogo criado que são influenciadas pelo balanceamento?

Essa questão tem o objetivo de mapear quais as principais mecânicas utilizadas para o autobalanceamento. A adaptação de níveis (ou level) contempla elementos como força, movimentação, regras de jogo, objetivos entre outro, diante da grande variedade e da não uniformidade de elementos encontrados, todos eles foram representados como “Adaptação de Level”. De 11 estudos, o *Feedback*, que são instruções passadas ao jogador durante a execução do jogo, representa 18% dos casos (E-01 e E-02). A ‘Adaptação de level’ aparece em 91% dos estudos (E-01 ao E-10). Observa-se que apesar de o Estudo E-11 não implementar *feedback* ou Adaptação de level, este balanceamento ocorre em cálculos de distâncias a pontos de interesses do jogo (POI).

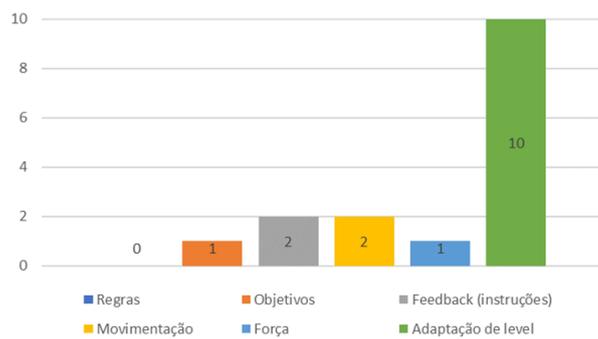


Figura 7. Mecânicas Influenciadas.

### 5.6. Q5: Qual tipo de jogo foi criado?

Para essa questão, o objetivo foi mapear os tipos de jogos que implementam o autobalanceamento.

Jogos em 3D foram os mais comuns, desenvolvidos em 36% dos estudos (E-01, E-06, E-09 e E-10). Jogos classificados como jogos com propósito (*Serious Games*) também foram frequentes, presentes em 45% dos estudos (E01, E-02, E-03, E-06 e E-09). Jogos 2D foram criados em 52% dos estudos (E-02, E-03, E-05, E-07 e E-08). *Exergames* (jogos voltados para atividades física) foi o foco de 9% dos estudos (E-04) e 27% dos jogos foram focados em entretenimento (E-05, E-07 e E-08).

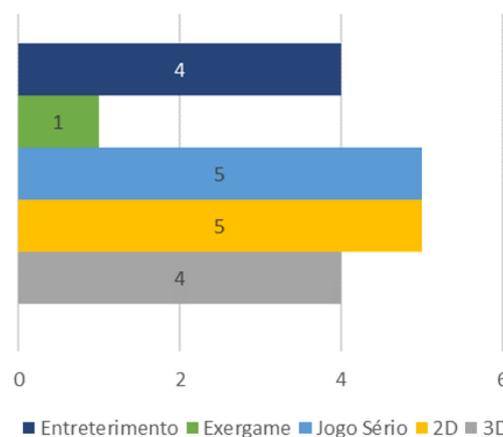


Figura 8. Tipo de Jogos Utilizados.

## 6. Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Este mapeamento sistemático foi empreendido com o intuito de desvendar as nuances das técnicas de autobalanceamento em jogos digitais. Teve como foco não apenas identificar os tipos de dados coletados para tal finalidade, mas também avaliar a eficácia dessas técnicas, compreender as mecânicas de jogo afetadas por esse procedimento e discernir os gêneros de jogos que mais se beneficiam dessas abordagens.

A pesquisa revelou que o Brasil se posiciona como uma força emergente neste domínio. Esse fato sinaliza um crescente interesse e uma crescente possível expertise em pesquisas de jogos digitais no âmbito acadêmico brasileiro.

Para esse estudo foi prezado pelo rigor na seleção dos artigos que está refletido na qualidade robusta dos resultados. Este aspecto foi particularmente evidente na diversidade dos tipos de jogos analisados, que se estendiam desde jogos 3D e sérios até jogos 2D e *exergames*, ilustrando a vasta aplicabilidade das técnicas de autobalanceamento.

A análise mostrou que a maioria dos estudos adota monitoramento contínuo com ajustes automáticos para o balanceamento durante a jogabilidade, embora poucos aprofundem nas fundamentações matemáticas desses sistemas.

Como destaque dos achados, o estudo E-11 que explora o uso da técnica de Monte Carlo Tree Search (MCTS), juntamente com o *Google Maps*, para balancear as distâncias em jogos baseados em localização, em vez do tradicional foco em auto balanceamento com base nas ações dos jogadores. Essa abordagem visa assegurar que todos os pontos de interesse sejam justa e acessivelmente distribuídos.

Notavelmente, 36% dos estudos mencionaram o uso de técnicas de Inteligência Artificial, a combinação de Inteligência Artificial em combinação com funções matemáticas para o autobalanceamento se apresentou como maior complexidade dos estudos observados, sinalizando um campo rico para investigações futuras.

Uma constatação foi a escassez de detalhamento sobre as técnicas matemáticas empregadas no autobalanceamento, com apenas 4 estudos oferecendo informações mais detalhadas neste aspecto. Além disso, a discussão sobre os desafios computacionais associados à coleta e ao processamento de dados mereceu destaque por sua relevância diante do aumento da complexidade de algumas técnicas como citado no E-01.

Foi observado que a adaptação de nível foi considerada em 91% dos estudos, revelando uma vasta gama de variáveis de mecânicas de jogo afetadas pelo balanceamento. Essa diversidade, especialmente no que tange à adaptação de nível, destaca a complexidade e a importância de estratégias de balanceamento customizadas para enriquecer a experiência do jogador.

A validação da eficácia do autobalanceamento emerge como um território fértil para avanços. A escassez de métodos de validação aponta para uma oportunidade de explorar abordagens empíricas e estatísticas mais detalhadas nesse domínio.

Este mapeamento sistemático se propôs elucidar o campo promissor que o autobalanceamento pode oferecer, encorajando a exploração de técnicas matemáticas sofisticadas e a exploração de novas mecânicas de jogo e tipos de dados para aprimorar a experiência dos jogadores. Espera-se que estas descobertas sirvam de base para futuras pesquisas, continuando a enriquecer o conhecimento e a inovação no vasto campo dos jogos digitais.

## Referências

- Basili, V. R. (1992). *Software modeling and measurement: the Goal/Question/Metric paradigm*. University of Maryland at College Park.
- Camillo, C. M. e Medeiros, L. M. (2018). A importância dos jogos digitais no contexto escolar. *Revista Competência*.
- Cardouzo, H. H. e de Classe, T. M. (2023). Balanceamento em estéticas e dinâmicas para imersão em certos gêneros de jogos-revisão rápida da literatura. *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 200–212.
- Clark, D. B., Virk, S. S., Barnes, J., e Adams, D. M. (2016). Self-explanation and digital games: Adaptively increasing abstraction. *Computers & Education*, 103:28–43.
- Denisova, A. e Cairns, P. (2015). Adaptation in digital games: the effect of challenge adjustment on player performance and experience. In *Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play*, pages 97–101.
- Keele, S. et al. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Kickmeier-Rust, M. D. e Albert, D. (2010). Micro-adaptivity: Protecting immersion in didactically adaptive digital educational games. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(2):95–105.
- Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004):1–26.
- Leitão, T., Navarro, L. L. L., Cameira, R. F., e Silva, É. R. (2021). Serious games in business process management: a systematic literature review. *Bus. Process. Manag. J.*, 27:685–721.
- Maia, L. F., Viana, W., e Trinta, F. (2017). Using monte carlo tree search and google maps to improve game balancing in location-based games. In *2017 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, pages 215–222. IEEE.
- Mainieri, B. O., Azevedo, V. L., Braga, P. H. C., e Omar, N. (2018). Development and assessment of an adaptive difficulty arithmetic game based learning object. In *2018 XIII Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO)*, pages 232–239. IEEE.
- Moon, H.-S. e Seo, J. (2020). Dynamic difficulty adjustment via fast user adaptation. In *Adjunct Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pages 13–15.
- Or, D. B., Kolomenkin, M., e Shabat, G. (2021). D1-dda - deep learning based dynamic difficulty adjustment with ux and gameplay constraints. *2021 IEEE Conference on Games (CoG)*, pages 1–7.
- Pfau, J., Smeddinck, J. D., e Malaka, R. (2020). Enemy within: Long-term motivation effects of deep player behavior models for dynamic difficulty adjustment. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Santos, C. M. d. C., Pimenta, C. A. d. M., e Nobre, M. R. C. (2007). A estratégia pico para a construção da pergunta de pesquisa e busca de evidências. *Revista latino-americana de enfermagem*, 15:508–511.
- Silva, M. P., do Nascimento Silva, V., e Chaimowicz, L. (2015). Dynamic difficulty adjustment through an adaptive ai. In *2015 14th Brazilian symposium on computer games and digital entertainment (SBGames)*, pages 173–182. IEEE.

- Silva, M. P., do Nascimento Silva, V., e Chaimowicz, L. (2017). Dynamic difficulty adjustment on moba games. *Entertainment Computing*, 18:103–123.
- Soanatl Aguilar, V., J. van de Gronde, J., JC Lamoth, C., van Diest, M., M. Maurits, N., e BTM Roerdink, J. (2017). Visual data exploration for balance quantification in real-time during exergaming. *Plos one*, 12(1):e0170906.
- Weber, M. e Notargiacomo, P. (2020). Dynamic difficulty adjustment in digital games using genetic algorithms. In *2020 19th Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment (SBGames)*, pages 62–70. IEEE.
- Xia, W. e Anand, B. (2016). Game balancing with ecosystem mechanism. In *2016 international conference on data mining and advanced computing (SAPIENCE)*, pages 317–324. IEEE.
- Yang, Q.-F., Chang, S.-C., Hwang, G.-J., e Zou, D. (2020). Balancing cognitive complexity and gaming level: Effects of a cognitive complexity-based competition game on efl students' english vocabulary learning performance, anxiety and behaviors. *Computers & Education*, 148:103808.
- Yin, H., Luo, L., Cai, W., Ong, Y.-S., e Zhong, J. (2015). A data-driven approach for online adaptation of game difficulty. In *2015 IEEE conference on computational intelligence and games (CIG)*, pages 146–153. IEEE.