



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 19, n. 10, art. 12, p. 235-259, out. 2022

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2022.19.10.12>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



MIAR



A Evolução da Física nos Jogos Digitais: Uma Análise Temporal Acerca dos Consoles Domésticos, seus Desafios e Potencialidades

The Evolution of Physics in Digital Games: A Temporal Analysis of Home Consoles, their Challenges and Potentials

Guilherme Nogueira Milner

Doutorado em Literatura Comparada pela Universidade Federal Fluminense
Professor II - Português da Prefeitura Municipal de Araruama

E-mail: guilhermemilner@gmail.com

André Luiz Xavier Guimarães Nasri

Graduação em Ciência de Dados pela Universidade Estácio de Sá
E-mail: andnasri99@gmail.com

Caio Pereira Dias

Licenciado em Ciências Biológicas Pela Faculdade UNILAGOS
Professor de Ciências da Natureza no Colégio Lógica em Araruama
E-mail: caio.pd@hotmail.com

Endereço: Guilherme Nogueira Milner

R. Mario Santos Braga, 30 - Centro, Niterói - RJ, 24020-140, Brasil.

Endereço: André Luiz Xavier Guimarães Nasri

v. Pres. Vargas, 642 - Centro, Rio de Janeiro - RJ, 20071-001, Brasil.

Endereço: Caio Pereira Dias

v. Pres. Vargas, 642 - Centro, Rio de Janeiro - RJ, 20071-001, Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

Artigo recebido em 05/06/2022. Última versão recebida em 23/06/2022. Aprovado em 24/06/2022.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

Nos últimos anos, as restrições das atividades para contenção do novo Coronavírus SARS-CoV-2 incentivou a procura por meios virtuais de entretenimento como lenitivos, aumentando os desenvolvimentos no setor. Mediante o exposto, o presente artigo realiza uma pesquisa sobre a maneira como os fenômenos naturais são simulados computacionalmente, abrangendo, neste proceder, conceitos de Engenharia de Consoles, Gamificação e Teoria dos Jogos Digitais, que foram analisados e correlacionados com o que pode ser observado nos principais jogos de cada geração de consoles domésticos, propondo parametrizar os notáveis marcos evolutivos nos frameworks e engines disponíveis em cada geração. Para atingir o êxito do objetivo pretendido, adotou-se a prática de levantamentos bibliográficos e videofonogramas e foram desempenhados testes empíricos nas mídias mais relevantes de cada um dos períodos explorados. Destarte, o estudo foi capaz de demonstrar os níveis de simulação da Física imanentes a jogos eletrônicos de diferentes épocas, elencando, também, algumas tecnologias que têm potencial para serem implementadas sucessivamente.

Palavras-Chave: Engenharia de Consoles. Física dos Jogos. Teoria dos Jogos Digitais.

ABSTRACT

In recent years, restrictions on activities to contain the new coronavirus SARS-CoV-2 encouraged the search for virtual means of entertainment, increasing developments in the sector. Based on the above, this article conducts a research on the way in which natural phenomena are simulated computationally, covering, in this process, concepts of Console Engineering, Digital Game Theory and Gamification, which were analyzed and correlated with what can be observed in the main content of each generation of home video game consoles, proposing to parameterize the notable evolutionary milestones in the frameworks and engines available in each generation. To reach the intended objective, the practice of bibliographic and video phonogram surveys was adopted along with empirical tests performed in the most relevant media of each of the periods explored. Thus, the research was able to demonstrate the levels of Physics simulation immanent in electronic games from different times, also listing some technologies that have potential to be implemented successively.

Keywords: Console Engineering. Digital Game Theory. Game Physics.

1 INTRODUÇÃO

A sintomia do contexto sociopolítico dos dois últimos anos, considerados na data de publicação deste artigo, pode ser expressa pelo cenário no qual muitos regimes de trabalho e ensino foram alterados para jornadas à distância, visando evitar o contágio de COVID-19 e a perpetuação da crise sanitária instaurada no mundo. Para Batista (2020), a legislação trabalhista adotou as Medidas Provisórias 927 e 936 como decorrência natural desses eventos, flexibilizando o teletrabalho no território nacional. Dessa forma, a popularização da modalidade EAD e *home office* serviu de alicerce para que os estudantes e trabalhadores desenvolvessem suas atividades acadêmicas e profissionais diretamente de suas respectivas residências. A adoção de uma rotina mais doméstica tornou evidente, portanto, o aumento da procura por mídias voltadas ao entretenimento - sobretudo, os jogos digitais. Tem-se, hodiernamente, uma percepção gradativa da continuação das práticas de trabalho à distância e híbrido (SCHAWBEL, 2020), mesmo com o cenário pandêmico se direcionando para longe de seu período de pico. Segundo a jornalista Isadora Martins (2020), algumas empresas já anunciaram a favorabilidade da permanência das condições adequadas para que o funcionário exerça sua carga horária de maneira remota, e, conseqüentemente, essa expectativa oportuniza a previsão de que a comercialização de jogos eletrônicos no território nacional tende a crescer ainda mais, tendo em vista, também, o atual aumento de 140% nas transações financeiras realizadas nas principais plataformas de videogames desde 2019 (ESTADO DE MINAS, 2021).

Cabe mencionar, conforme as tendências do mercado, que o interesse de investimentos assenta no recente lançamento da nona geração de consoles de mesa, expondo a presença de novos caminhos para uma representação computacional mais realista da Física. Esta potencial evolução compreende a composição interna dos novos aparelhos que contam com hardwares e acesso a frameworks que outrora estavam disponíveis apenas para computadores, transição das quais vale citar o uso de SSD, Algoritmo de Traçado de Raios e o kit de ferramentas de qualidade de imagem AMD Fidelity FX.

Partindo desse pressuposto, e tendo em mente a imperiosa disputa comercial pela patenteação de tecnologias que podem vir a ser os principais marcos desta iniciante geração de jogos eletrônicos, a presente pesquisa foi pensada para sintetizar aspectos históricos da Física nos videogames, provindo do Magnavox Odyssey até as franquias atuais. Sob esse viés, o trabalho realiza, também, uma previsão de como os jogos digitais que serão distribuídos nos próximos anos deverão dispor de melhorias na aplicação dos conceitos físicos implementados,

seja como estratégia para despertar o interesse de possíveis novos jogadores, seja como forma de proporcionar uma experiência mais imersiva.

2 METODOLOGIA

Mormente, para que a pesquisa fosse possível, adotou-se um método de levantamento bibliográfico de obras de autores apropriados com o tópico abordado, incluindo, substancialmente, publicações que contemplam as temáticas de Engenharia de Consoles e Teoria e Física dos Jogos Digitais. O fato pleiteado tem como finalidade hegemônica sintetizar a influência de manifestações naturais nos mundos virtuais ao longo das diferentes épocas de cada console, parametrizando, de maneira comparativa, as evoluções observadas nos saltos de geração.

Somado a isso, estipularam-se os softwares que foram resenhados individualmente para identificar as inovações aplicadas a cada nova linha de hardware, análises que se deram por meio da prática empírica como embasamento suplementar. Por conseguinte, munido pelo contexto da investigação realizada até então, efetuou-se um agouro do que poderá ser observado nos aparelhos e jogos ainda não publicados da nona geração, levando em consideração o material de demonstração da Unreal Engine 5 (UE5), Motor Gráfico que se encontra ainda em estado de acesso antecipado.

Visando transpassar o conhecimento adquirido, a apresentação do trabalho está organizada conforme a melhor maneira de visualização dos recursos metodológicos adotados. Em primeiro plano, estará disposta uma breve explicação do que são Motores de Física e Unidade de Processamento de Física, citando, também, o modo de funcionamento e de que maneira são comumente empregados nos jogos. Após isso, no desenvolvimento, serão analisadas as evoluções apresentadas pela representação dos fenômenos naturais em cada geração na ótica de um contexto geral, questão que delineou o trabalho. Como conclusão, estarão dispostas as previsões para os principais lançamentos futuros baseados na UE5 e demais tecnologias.

2.1 Motores de Física

Segundo Gregory (2014), engines são programas de computador que conectam sistemas multifuncionais de maneira indissoluta e, dentre estes, destacam-se a Engine de Renderização, dedicada ao mundo virtual; o Sistema de Colisão, fundamentado pela mecânica

de corpos rígidos e suaves; o Intérprete de Animação de Personagens e o Simulador de Física, lídimo enfoque deste artigo.

Assente Young and Freedman (2016), a Física é uma disciplina acadêmica que é abordada por meio de centenas de subáreas, cada qual descrevendo um aspecto das leis da natureza compreendidas no mundo real. Dessa forma, o pleito se mostra um tema delicado de ser trabalhado em cenários virtuais, principalmente por admitir conceitos a serem descobertos e fundamentados por uma complexa base matemática (MILLINGTON, 2010. pgs 431 – 433). Assim, ainda segundo Millington (2010), até as primeiras publicações comerciais de Physics Engines, a desenvoltura utilizada nos jogos eletrônicos precisava ser implementada por meio da elaboração de linhas de códigos que objetivavam simular concepções presentes no mundo real. Seguir a estética funcional do planeta Terra é uma tendência encontrada na maioria dos jogos digitais até hoje e, por conta disso, observava-se a necessidade de replicar códigos de programação muito similares entre vários projetos de mundos virtuais.

Por conseguinte, mostrou-se necessária a elaboração de um software capaz de atender a essa demanda de padronização da simulação dos fenômenos físicos mais utilizados (EBERLY, 2003. pgs 221 - 223). Nesse âmbito, a empresa Ageia publicou em 2005 a PhysX Engine, Motor de Física com código aberto, visando disponibilizar estes recursos pré-programados, e a Unidade de Processamento de Física (PPU), com o intuito de balancear o trabalho de leitura entre a CPU e a GPU do hardware que estiver em processo de execução do jogo. Tais motores são bibliotecas que contêm códigos e dados auxiliares para a execução dos cálculos físicos e foram utilizados em vários games premiados ao longo das últimas quatro gerações de videogames, dos quais destacam-se: Batman Arkham Knight, Borderlands 2, Fallout 4 e The Witcher 3: Wild Hunt.

Ademais, o sucesso na implementação das Physics Engines incentivou a introdução de uma competitividade entre as empresas, propulsionando a criação de Motores de Física com simulações verossimilhantes e frameworks capazes de evoluir a experiência final. Marcas consagradas do ramo de placas de vídeo, como a AMD e a Nvidia, licenciaram suas propriedades intelectuais neste setor e anunciaram dois dos softwares livres mais completos do meio (KRISHNAN, 2020).

Como decorrência dos fatores supracitados, as tecnologias e frameworks utilizados na concepção dos Motores de Física evoluíram até possibilitar que quase todos os jogos digitais produzidos atualmente possuam acesso e suporte a conceitos de detecção responsiva de colisões, dinâmica de corpos suaves, movimento browniano e paradigmas de controle de movimentos com câmeras DSLR (MILLINGTON, 2010. pgs 263 – 269). Outrossim,

tecnologias e técnicas de efeitos especiais utilizados na indústria cinematográfica foram adaptadas e convertidas para os videogames, profissionalizando e trazendo identidade para as superproduções dos principais estúdios. O ator norueguês Mads Mikkelsen, famoso por suas interpretações em papéis antagonistas de alguns *blockbusters* produzidos nos estúdios de Hollywood, realizou a captura de movimentos para o personagem Cliff do jogo *Death Stranding*, sendo premiado na categoria Melhor Atuação no evento *The Game Awards 2019*.

Figura 1 - Atores encenando uma sessão de Motion Capture para o jogo *Death Stranding*.



Fonte: Kojima Productions, 2019.

Hodiernamente, tem-se, também, um balanço harmônico entre Bibliotecas Físicas de livre licença e de alto custo, respectivamente para desenvolvedores independentes interessados em implementar conceitos físicos básicos em suas produções e grandes estúdios tradicionais da indústria de jogos digitais. A caráter de exemplo, o *Chipmunk2D* é um Motor de Física projetado para uso dedicado em jogos de projeção plana, escolha comum de câmera entre os indie devs para criação de seus jogos. Por outro lado, *high-profile games* com maior orçamento e que almejam por uma óptica tridimensional, ou de perspectiva isométrica, possuem compatibilidade a engines cujo suporte se desdobra em tecnologias muito além da detecção de movimentos em tempo real (ERICSON, 2004. 531 - 536), como é o caso da *Havok Physics*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segundo Bartle (2003), a desenvoltura dos jogos digitais possui uma relação semelhante ao que pode ser observado no mundo real. Aquiescendo com o exposto por

Gregory (2014), de que as tecnologias de simulação podem ser reaproveitadas em diversas iniciativas distintas, incluindo os jogos eletrônicos, considerando-se as leis naturais que regem o planeta como imutáveis. Essa convenção, no entanto, é melhor aplicada a conceitos físicos básicos, visto que os conhecimentos sobre Física Moderna se encontram em constante evolução. Concordante a isso, tal conclusão é sustentada por Millington (2010), ao afirmar que a abrangência das ciências exatas nos jogos digitais representa apenas a Mecânica Clássica e, sendo assim, trata de leis de comportamento e locomoção de objetos sobre a influência da gravidade e demais forças atuantes. Embora essas normas tenham sido sucedidas pelas Teorias da Relatividade e Mecânica Quântica, ainda não é possível implementar essas representações em IPs comerciais. Compreende-se, dessa forma, a objetividade no uso da Física Básica para viabilizar os games de maneira operacional, como descrito por Young e Freedman (2016), por exemplo, que é possível definir o ato de pular conforme um lançamento vertical que resulta em um movimento composto sobre ação da gravidade, onde, nos mundos virtuais, substitui-se a variável de aceleração pelo valor gravitacional.

Consoante Bourg e Bywalec (2013), a simulação de conceitos elementares como unidades e medidas, massa, centro de massa e momento de inércia; as perspectivas de aceleração e velocidade; cinemática; a noção de força, campos de força e torque; a cinética de partículas 2D e 3D e seus respectivos componentes nos eixos das abscissas, ordenadas e cotas; a delimitação de colisão com definição de impacto, conservação do momento angular e linear e princípio do momento de impulsão e, por fim, os projéteis e suas respectivas trajetórias, compõem o alicerce básico da Física que deve estar devidamente representado nos jogos digitais.

Experiências como as disponíveis no jogo *The Last of Us 2* são marcantes por atribuírem uma exibição fidedigna no processo de construção do mundo virtual. Uníssono a isso, a constituição do engajamento da relação público-obra envolve uma simbiose formativa entre liberdade criativa e a exibição imersiva de um universo convincente. Inferindo a momentânea inviabilidade de elaboração de uma simulação perfeita da Física, é necessário encontrar uma harmonia entre a imaginação crível e a introdução de uma atmosfera convincente (RABIN, 2012), construindo, sob esta fórmula, experiências com potencial de serem registradas no hipocampo.

Diante da interação física-jogos digitais exposta, prôpos-se o agrupamento dos resumos realizados de cada uma das nove gerações de jogos eletrônicos, percorridas em ordem cronológica.

3.1 Primeira Geração (1972 - 1978)

Como apontado por Amos (2018), a ideia de utilizar *displays* eletrônicos para promover entretenimento foi amplamente estudada em universidades ao longo de todo o território dos Estados Unidos décadas antes do lançamento do arcade Pong, jogo digital responsável pela propalação dos videogames. Estritamente em 1972, no entanto, os consoles domésticos despertaram o interesse do público mais jovem com o lançamento do Magnavox Odyssey, o primeiro dispositivo comercial que possibilitou que as pessoas acessassem jogos interativos em suas televisões. Ainda conforme Evan Amos (2018), o dispositivo não possui um único circuito integrado e, como consequência, é ausente um processador ou quantidade de memória RAM. Construído integralmente por capacitores, diodos semicondutores, transistores e resistores, apenas era possível manipular quadrados e linhas brancas intuitivas em um fundo preto. Nota-se, por decorrência disso, que os gráficos mostrados em tela e os objetos do ciberespaço (neste caso, dos quadrados) eram gerados pelo próprio projeto de eletromecânica que compunha a placa-mãe do sistema. Essa limitação de hardware influenciou a pequena biblioteca de jogos lançados para plataforma de maneira que a maioria das aplicações disponíveis foram elaboradas para serem jogadas em dupla, visto que não era possível programar uma inteligência artificial para disputar com o jogador (GULARTE, 2020). Além disso, certos games contavam com plásticos estilizados que deveriam ser colados nas televisões de tubo para proporcionar uma experiência visual que era impossível de ser reproduzida pelos gráficos do aparelho e, assim, visando contornar a inexistência de um leitor de cartuchos, ausente em toda a primeira geração de jogos digitais.

Figura 2 - Placa-mãe de um Magnavox Odyssey.

Fonte: The Game Console: A History in Photographs, 2018.

Em 1975 a empresa Atari distribuiu nas lojas o Pong Console, sistema de videogame que evoluiu os conceitos mostrados no Magnavox Odyssey ao adicionar um placar de pontuação e imagens de melhor identificação visual. O sucesso comercial desta franquia nos Estados Unidos motivou a companhia japonesa Nintendo a comercializar sua própria versão do Pong, o Nintendo TV-Games, em 1977. Embora tenha sido lançado em uma época na qual a televisão com imagens policromadas ainda era novidade e suas abordagens de gameificação terem revolucionado a indústria, o sistema ocidental foi produzido com conceitos de engenharia mecânica simples que utiliza o *chipset* C2566 para incorporar todo o circuito e lógica do jogo em único chip. Apesar de ser mais complexo do que o circuito de transistores do Magnavox Odyssey, o único conceito físico capaz de ser simulado no aparelho é o ricochete linear da bola de tênis.

3.2 Segunda Geração (1976 - 1984)

Em adversão ao casuísmo cômodo, a segunda geração de jogos eletrônicos se ergueu sobre o epitáfio de sua predecessora e adotou notáveis melhorias tecnológicas que, de certa forma, contemplam a organização estrutural da engenharia dos videogames até os períodos atuais. Não obstante, é relevante notar que os fliperamas ainda possuíam controles, gráficos e sons mais sofisticados por conta de suas especificações técnicas mais robustas. O Fairchild

Channel F (Channel Fun) lançado em 1976, no entanto, deu o primeiro passo para o futuro no qual os games caseiros iriam superar os arcades. Segundo Gularte (2020), este console da empresa Fairchild Semiconductor foi o primeiro aparelho doméstico destinado a jogos a possuir um microprocessador e cartuchos removíveis de mídia pré-programada em formato *read-only memory* (ROM), inovações que introduziram a possibilidade de serem desenvolvidos infinitos aplicativos distintos para uma mesma máquina. As melhorias nos componentes também compreendem uma velocidade de VRAM de 2 KB e 64 bytes de RAM, contribuindo para proporcionar experiências de jogo mais dinâmicas e, além disso, oferecem a possibilidade de se produzir um *background* virtual para os jogos - descartando a necessidade de uso de plásticos ilustrados como cenário de jogo. Em direção contrária ao indicado pela revolução técnica apresentada no Channel Fun, Amos (2018) aponta que a falta de jogos de ação colaborou para seu fracasso comercial e, conseqüentemente, para um baixo número de títulos publicados oficialmente.

Lançado um ano após o seu rival de mercado, e superando-o completamente em vendas, o console Atari 2600 foi o responsável por consagrar a companhia Atari como uma das maiores produtoras de videogames de sua época. O hardware desenvolvido era inferior em desempenho se comparado ao Fairchild Channel F, mas os programadores realizaram um verdadeiro baile técnico para poder proporcionar experiências únicas nos games publicados, sendo possível afirmar que: “Seus jogos repletos de ação entusiasmaram os jogadores e, posteriormente, suas adaptações exclusivas de títulos disponíveis apenas nos arcades tornaram o Atari 2600 o console que definiu a segunda geração de jogos digitais.” (AMOS, 2018, p. 18).

Nota-se, nos jogos disponíveis para o Atari 2600, que a impressão das simulações da Física ocorreu a partir de programação assim como, de acordo com Rabin (2012), todas as influências das forças, atuações da luz e sons condizentes com os eventos mostrados em tela - compreende-se, então, que toda a construção de um universo virtual, tal como as leis que o regem, são oriundas da criação dos informáticos. Nas condições apresentadas, os programadores da época definiram os componentes intuitivos criados nos jogos digitais como corpos rígidos, este conceito admite propriedades que são interpretadas como objetos sólidos suscetíveis à influência das forças atuantes no mundo virtual (BOURG; BYWALEC, 2013, p. 191). Toda a interação com o ambiente do jogo ocorre através dos valores independentes atribuídos a cada corpo rígido de maneira individual. Os objetos possuem quantidades de massa, tamanho e velocidade designadas e respondem de maneira singular de acordo com estas características apropriadas, permitindo assim a colisão e manipulação dos mesmos.

Ademais, a mecânica de simulação de disparos balísticos também era elemento presente em muitos jogos da segunda geração. O clássico *Asteroids*, publicado em 1981, compreendia uma nave de dimensões triangulares que precisava sobreviver o maior tempo possível em meio a uma chuva de asteroides. Os tiros são detectados por meio de objetos colisores que determinam quando o toque ocorre ou não. Entretanto, no game os corpos rochosos são representados com uma proporção geoidal irregular e não era possível, na época, possuir um corpo rígido que abrigasse exatamente este formato. Por conta disso, era comum que ocorressem situações nas quais os objetos funcionassem de maneira inadequada, passando informações visuais erradas ao usuário. Notava-se, conjuntamente, que a Geração Procedural de Conteúdo, método utilizado para conter uma quantidade de conteúdo maior do que a comportada pelos arquivos de memória, comumente admitia múltiplos asteroides em um mesmo lugar.

3.3 Terceira Geração (1983 - 1990)

Em 1982, o mercado americano de jogos eletrônicos se encontrava saturado por dezenas de companhias replicando de maneira exaustiva a mesma fórmula que outrora havia feito sucesso. Diversas empresas fabricaram produtos em excesso para o Natal daquele ano; a falta de incentivos para compra de novos consoles, quando os já publicados possuíam uma construção interna semelhante, e títulos disponíveis do mesmo gênero, tornou inevitável a saída de diversas produtoras do comércio de jogos digitais e a depressão do setor (Kent, 2001. pgs 175 – 177).

De acordo com o exposto, a empresa Nintendo publicou oficialmente nos Estados Unidos o console Nintendo Entertainment System (NES), lançado originalmente no Japão com o nome Famicom, em 1983. Apesar de ter chegado às lojas americanas numa época difícil, o processador que utiliza 8 bits de processamento, e um espaço de endereçamento de 64 kB, e sua biblioteca que conta com títulos criativos como *Super Mario Bros* e *The Legend of Zelda*, tornaram o aparelho um sucesso de vendas na América do Norte. Neste cenário, a gigante japonesa abriu portas para que outras produtoras da região, como a Capcom e a Konami, localizassem seus jogos para a Língua Inglesa, conquistando fãs em outros territórios.

Como mostrado por Amos (2018), o console nipônico da Nintendo inovou ao reproduzir uma paleta de cores com 54 tonalidades e por possuir um microfone embutido no controle, permitindo que alguns jogos tivessem funcionalidades com sopro e voz, além do já

citado processador de 8 bits, capaz de ler uma maior quantidade de sprites. No âmbito da simulação da Física, no entanto, não houve grandes avanços se comparados ao salto da geração anterior. Alguns jogos como Alex Kidd e Teenage Mutant Ninja Turtles estipularam novos padrões para a representação de mapas aquáticos e imagens estáticas de fundo, mas a programação do código, por outro lado, permanecia orientada a corpos rígidos em função da Mecânica Geral. Contudo, é impossível escamotear que novas versões de gêneros clássicos, como os episódios esportivos, dispõem de notáveis atualizações em suas mecânicas de jogo e sensação de resposta tátil dos controles, como é o caso de Soccer (NES) que apresenta uma dinâmica mais sofisticada de movimento da bola se comparado a RealSports Soccer (Atari 2600). Era evidente, em contrapartida, a inexistência de choque corporal na aproximação dos atletas dispostos no campo de futebol.

3.4 Quarta Geração (1987 - 1996)

Concomitante à quarta geração de consoles, a indústria ianque de jogos eletrônicos permanecia estagnada e sem grandes inovações no setor. Nada obstante, no outro lado do globo, o mercado japonês contemplava uma disputa comercial entre as empresas Nintendo e Sega pela qualificação de desenvolvedora preferida do público. Neste período, os jogos produzidos apresentavam sprites 2D mais detalhados, animações e interpretações eloquentes das práticas cotidianas presentes no mundo real - tendo em vista a evidente limitação dos gráficos de duas dimensões, e uma gama de cores aproximadamente dez vezes maior se comparada a da geração predecessora. Esse avanço técnico foi possibilitado pelos upgrades realizados na área de arquitetura de processadores, constituídos, naquele período, por registradores de 16 bits.

À guisa do contexto supra exposto, a Sega conquistou grande parte dos consumidores ocidentais de videogame com o aparelho Mega Drive e, mediante a implementação do processador Motorola 68000 de 16 bits, que opera a uma frequência de 7.6 MHz (AMOS, 2018. pg 86), foi a pioneira na implementação da tecnologia Parallax em consoles domésticos. Este recurso permite a criação de uma ambientação mais orgânica por apresentar fundos animados distribuídos em camadas, construindo uma atmosfera com maior número de identificadores visuais convincentes. Somado a isso, jogos como Sonic The Hedgehog e Virtua Racing puseram em prática maiores valores de aceleração, atrito e velocidade de corpos rígidos unitários o que, aliado a disposição de cores mais vibrantes para exibição de

paisagens horizontais mais primorosas, ocasionaram um grande aperfeiçoamento na impressão do deslocamento acelerado por cenários.

O Super Nintendo (SNES), concorrente direto do Mega Drive no mercado de jogos eletrônicos, foi lançado no Japão em 1990 e, conforme mostrado por Scullion (2021), seu processador de 16 bits era o mais rápido dentre os alocados nos consoles da época e seu kit de desenvolvimento garantia uma maior flexibilidade para os programadores otimizarem jogos da última geração através de remasterizações. Dessa maneira, a biblioteca de títulos do aparelho era extensa e bem diversificada entre novas IPs e versões retrabalhadas de clássicos do NES.

A Nintendo adotou, em parceria com a Sony, placas de áudio capazes de executar sons estéreos de maior qualidade, o que somado à expansão para 128 megabits de memória reproduzível nos cartuchos contribuiu para um maior espaço em disco dedicado a músicas e efeitos sonoros. A estética e responsividade dos personagens, no entanto, foram os principais recursos melhorados com o avanço tecnológico da engenharia de consoles. O uso de modelos pré-renderizados em 3D culminou na criação do estilo 2.5D, onde personagens realistas se dispõem frente a um campo de visão bidimensional. Dessa forma, pelo primor da sonoplastia e efeitos visuais, os gêneros de Fighting Games e jogos de rolagem lateral atingiram os seus ápices na representação de conceitos fidedignos, até então.

A qualidade dos jogos digitais da época era surpreendente, principalmente se levado em consideração o curto período de status *high-end* dos componentes eletrônicos antes de se tornarem obsoletos, dados os acelerados intervalos com os quais a tecnologia progride. Entrementes, o alto nível de entretenimento proporcionado e a definição inicial de taxa de atualização de sessenta quadros por segundo encobriram vários erros de conceituação da Física na execução e mecânica do gameplay. Diversos jogos de plataforma continham um sistema de salto “flutuante” e eventuais *slowdowns* ocorriam em momentos de maior estresse no hardware. Os algoritmos de elaboração da dinâmica de pulo poderiam ter sido mais bem formatados se parte da memória dos cartuchos não precisasse ser dedicada ao sistema de segurança antipirataria, este fora estabelecido pela Nintendo nos principais jogos do SNES para impedir a distribuição de softwares de propriedade intelectual da companhia sem a devida licença (Kent, 2001. pg 382).

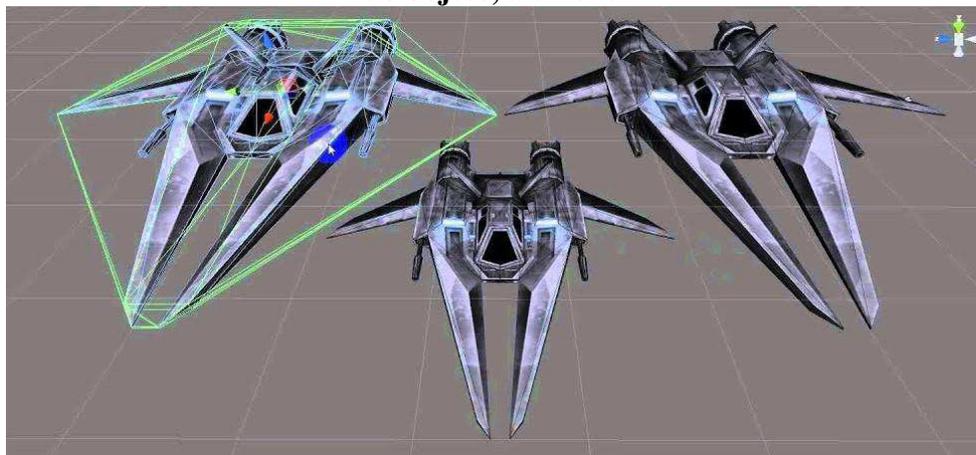
3.5 Quinta Geração (1993 – 1999)

O ano de 1993 simboliza o maior êxodo de fabricantes de hardware na história dos videogames, ao mesmo tempo que, anuindo ao aderimento de CPUs de 32 bits, a quinta geração de consoles domésticos contempla a transição do foco no estilo gráfico produzido em duas dimensões para cenários tridimensionais (AMOS, 2018. pg 121). Percebe-se, no entanto, que máquinas como o Nintendo 64, que ainda utilizam leitores de cartuchos ao invés de Drivers Ópticos, evidenciaram a baixa adaptabilidade de algumas empresas em relação à demanda por novas experiências de Interação Humano-Computador. Nesse contexto, a Sony, estreante no ramo de games eletrônicos, editorou o PlayStation em 1994, tornando-o o primeiro console apto a administrar todas as mídias digitais de entretenimento familiar, sendo capaz de executar CDs de jogos e músicas e reproduzir VCDs de filmes.

No que tangencia aos jogos eletrônicos, a quinta geração admite diversas modificações nos algoritmos que abrangem a simulação da Física. Em primeira instância, é perceptível a significativa mudança que a perspectiva em três dimensões proporcionou na hora de jogar. A adição de gráficos multipoligonais e a aplicação de texturas em corpos rígidos que apresentam volume, apartando-se da ideia de utilização de formas geométricas puras, permitiram ampliar o escopo de identificação, interação e representação dos ambientes virtuais. A anatomia dos personagens e a caracterização detalhada dos cenários se tornaram mais naturais por meio da composição de formas compostas (EBERLY, 2005. pgs 17 – 26), dada através da modelagem de múltiplas formas simples, que se assemelham àquilo que é conhecido no mundo real.

Com o que foi desenvolvido no parágrafo anterior, nota-se que o design de nível dos estágios presentes nos jogos em 3D viabiliza a acessibilidade de diversos corpos rígidos disponíveis para interação ao longo das áreas exploráveis (EBERLY, 2005. pgs 648 – 649), e sendo capazes de influenciar o jogador por meio de seus respectivos fatores responsivos aos fenômenos físicos, consolidando, dessa forma, os Ambientes Dinâmicos como fator comum em quase todos os jogos desde então. Este dinamismo no ambiente, por outro lado, contava com muitos problemas de funcionalidade de colisão devido aos erros de apresentação visual que a textura aparente do objeto demonstrava em relação ao seu corpo rígido dimensional.

Figura 3 – Delimitação espacial de colisão do objeto, demonstrado à esquerda, e textura do objeto, à direita.



Fonte: UltimateGameTools, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=mu__FxT8Gzk

Da mesma forma, a disposição de corpos rígidos em 3D possibilita interações individuais das partes do todo. Nesse ínterim, os sprites lineares de morte dos personagens foram substituídos por animações procedurais que desdobram a estrutura de cada membro do objeto de forma singular por conta dos pontos de articulação, efeito denominado Ragdoll Physics (BOURG; BYWALEC, 2013. pg 281). Esse recurso representou um grande avanço, pois leva em consideração o motivo da morte do personagem para demonstrar uma reação corporal correspondente, culminando para uma melhor expressão gráfica dos eventos ocorridos em cena.

Ademais, adjunto ao dinamismo de cenários com profundidade, o leque de possibilidades das mecânicas de jogabilidade foi expandido por novos jogos digitais que promoveram a popularização de estilos de visão de câmera diferentes. Tecnologias de *ray casting* foram utilizadas em First-Person Shooter e Third-Person Shooter para proporcionar simulações balísticas de disparo e recepção de tiro. A inovação originou muitos gêneros que são sucessos nos e-sports, incluindo os atuais, entretanto, a implementação da época possuía uma programação pouco funcional. Conforme exposto por Jung (2018), dentro do mundo virtual os raios possuem uma resposta de projeção instantânea e não sofrem alterações do meio, o que implica a impossibilidade de se desviar da bala e não ocorrendo desvio no trajeto provocado pela resistência do ambiente.

3.6 Sexta Geração (1998 – 2004)

Suprido de arcabouço empírico-teórico e sucedendo a prestigiosa estreia do PS1, o PlayStation 2 foi inserido no mercado em março de 2000, aparelho que viria a se tornar o console doméstico mais vendido de forma atemporal (AMOS, 2018. pg 170). Expandindo todas as funcionalidades e apresentando configurações técnicas superiores as disponíveis no primeiro videogame da linha PlayStation e adicionando, inclusive, recursos em rede para disputas de partidas multijogadores online, o PS2 ofuscou a atenção do público geral em relação aos concorrentes, incluindo o Xbox, console de introdução da Microsoft no setor de jogos digitais.

A evolução da Física nos jogos da época não ocorreu de maneira vertiginosa; conquanto os valores comerciais transparecessem. Simuladores de corrida, e demais títulos baseados na velocidade, desenvolveram um filtro visual que remete a deslocamentos acelerados por meio de um efeito borrado nas laterais da tela, conhecido como Motion Blur. Além disso, o jogo FlatOut 2 admite uma experiência muito operacional de mecanismo de catapulta com os conceitos de energia cinética, força gravitacional, lançamento oblíquo de projéteis e trajetória muito bem representados. Decorre-se, em contraponto, que essas particularidades condizem apenas à evolução natural de refinamento das mecânicas já observadas no PlayStation 1.

Observa-se, com base no exposto acima, que os veementes aprimoramentos da sexta geração de videogames se mostram por meio da ressignificação de conceitos apolíneos. Os principais lançamentos japoneses, como Final Fantasy XII e Monster Hunter, possuem texturas menos chapadas com definição de 480p e simulação realista de pelos e filamentos, feito realizado muito antes da existência dos filtros de UpScale e Nvidia HairWorks. Essas renderizações gráficas, conforme Eberly (2005), são executadas através da técnica de varredura progressiva, mesmo em jogos com mapas que utilizam multitexturas e iluminação adaptável ao ciclo de dia e noite, cenários destacados por comumente exigirem um maior esforço de processamento.

3.7 Sétima Geração (2004 – 2009)

Antitético aos anos anteriores, a sétima geração não é destacada pela presença de um protagonista antológico que assumiu o posto de favorito do público. Como exposto por Amos (2018), a disputa comercial entre as três principais fabricantes de consoles foi equilibrada,

analogamente a uma competição monopolística, e grande parte dos jogos de destaque foram produções Triple A, o que implicou, precipuamente, na escalonável melhora no nível de simulação dos fenômenos naturais, que se encontrava insosso. Sob esta ótica, o PlayStation 3 foi uma consola dionisíaca durante todo o seu período comercial. O kit de desenvolvimento abstrato, a perda de identidade dos títulos exclusivos e o investimento falho em periféricos que prometiam estender a experiência de jogo representam as principais matrizes alicerceais que corroboraram para a popularização do Xbox 360 e do Nintendo Wii, consoles que ajudaram a revolucionar a indústria dos jogos eletrônicos em virtude das adições de robustos serviços de internet e de controles por movimento.

Acerca da Física dos mundos virtuais, o uso de Physics Libraries facultou novos paradigmas para a manifestação das leis naturais, como os sistemas de aplicação de texturas em tempo real que possibilita que diferentes terrenos “reajam” aos comandos de movimentação dos personagens e seus veículos, citando caso análogo, estes passaram a deixar pegadas e marcas de pneus na areia, lama ou neve. Em adição a isso, fatores climáticos interativos começaram a influenciar a jogabilidade do usuário. Cenários com a presença de tempestade, por exemplo, comportam-se de maneira a atrapalhar trajetos de projéteis, acarretando uma porcentagem de desvio, de mesmo modo, é possível identificar gotículas que escorrem pela tela, ofuscando a visualização. Além disso, para Silva e Nesteriuk (2016), os feixes de luz nos videogames assumiram um posto, junto a demais elementos visuais de brilho, contraste e saturação, capaz de proporcionar ao jogador uma experiência mais polida. Dado o exposto, percebe-se como situações usuais da vida real podem ser recriadas com fidelidade nos jogos digitais. Títulos como Watch Dogs possuem modificações graduais e não-graduais no nível de iluminação e, como consequência disso, explorar os túneis da cidade do jogo e dirigir contra o sol resultam em um efeito de embaçamento do campo de visibilidade.

Como conjuntura, também se observou um enriquecimento na atenção dedicada aos detalhes gráficos. O poderio técnico capaz de reproduzir imagens de 1920x1080 pixels possibilitou que as texturas estivessem igualmente em alta resolução, o que, levada em consideração conjunta a adição de processadores de menor litografia focados no desempenho, permitiu um preenchimento maior do campo de jogo com corpos rígidos e objetos colisores não interativos. As modelagens são fotorrealistas e respeitam a anatomia de personagens humanos, animais e bestiais, de mesmo modo, as animações gráficas apresentam maior fluidez e imagens texturais bem definidas, que representam adequadamente materiais como tecido e pele. No que corresponde à sonoplastia, os principais consoles aderiram à tecnologia

de som surround, tornando-os compatíveis com fones de ouvido e alto-falantes multicanais 5.1 e 7.1, os quais possibilitam que a reprodução de áudio ocorra de diferentes direções, capacitando o jogador a identificar a posição de um inimigo correndo, mesmo quando este se encontra situado em suas costas.

Em discordância ao que foi exibido previamente, por mais que os avanços na recriação digital de eventos realistas tenham se mostrado ubíquos ao longo de toda a geração, incoerências podem ser vistas entre o limite do que é humanamente possível e os traços de acessibilidade nas dinâmicas dos jogos. O divulgador científico Jake Roper (2013), em seu canal no YouTube Vsauce3, realizou um estudo que aproximou em 300 KG o total de peso da munição carregada pelos personagens jogáveis de Grand Theft Auto 5, valor considerado impraticável. Observa-se, ainda neste ínterim, mecânicas inerentes aos títulos de gênero de Guerra e Velho Oeste que apresentam contrassenso em suas funcionalidades - exemplificativamente, o modo Dead Eye do jogo Red Dead Redemption diminui o ritmo da ação durante um intervalo, tornando a latência dos acontecimentos em tela mais vagarosa e possibilitando que o usuário aja normalmente enquanto o universo ao redor se comporta em câmera lenta. Compreende-se, em suma, que a elaboração de experiências palpáveis foi amplamente aprimorada, mas mantendo, em contrapartida, os agentes quiméricos que separam o avatar de uma figura plausível.

3.8 Oitava Geração (2011 – 2019)

Pode-se discernir a era do PlayStation 4 e do Xbox One conforme a fase que irrevogavelmente definiu as consolas domésticas consoante uma categoria autônoma de mídia, dedicada apenas a jogadores. Isso se deu, indubitavelmente, pois a década de 2011 a 2020 popularizou o uso de notebooks, tablets, telefones celulares e televisões inteligentes como os principais reprodutores de serviços de streaming e demais aplicações simples, orientadas a atender os usuários mais casuais. Como decorrência, os videogames publicados durante a oitava geração definiram a meta de contemplar inovações em todos os aspectos de um jogo digital, aderindo a recursos de imersão aplicados nativamente em Motores Gráficos e de Física.

Cabe mencionar, a princípio, que as engines apresentaram uma frequência constante de melhorias ao longo de todo o período da vida útil da geração, que ainda é beneficiada com o lançamento de eventuais novos títulos *cross-gen*. Destaca-se, então, que foram admitidas releituras nesse decorrer, confrontando uma obsolescência precoce em suas composições

técnicas e, assim, oferecendo suporte nativo nos kits de desenvolvimento, sendo as já mencionadas inovações tecnológicas disponibilizadas nas atualizações dos motores Unreal Engine 4, Havok Physics e PhysX/APEX e das APIs DirectX 11 e 12 e OpenGL.

Comercializado inicialmente em 2014, o jogo eletrônico Wreckfest foi o primeiro título dedicado aos videogames de mesa a conter um mecanismo simulador de Física de colisão capaz de calcular deformações em tempo real, e inaugurando nos consoles domésticos o uso de corpos suaves. Esta categoria de objeto se difere do corpo rígido ao apresentar maleabilidade por toda a sua área, modificando, inclusive, a textura aplicada. Pouco tempo depois, em 2016, o jogo Uncharted 4 elevou os padrões de simulação do movimento da água ao levar em consideração a natureza do fluido, diferenciando a dinâmica de água salgada, limpa e enlameada. Conforme os estudos de Bourg e Bywalec (2013), presume-se que esta nova interação entre corpos só foi possível graças aos Motores Físicos otimizados aos processadores de oito núcleos reais da oitava geração, que focaram no trabalho de formas elásticas e líquidas.

Em consenso com o exposto acima, e somado à florescente tendência de jogos que apresentam uma vasta densidade populacional em suas áreas exploráveis, mostrou-se necessária a elaboração de bibliotecas que auxiliassem o manuseio de pontos de articulação de personagens e a exterioridade de reações fisiológicas como sudorese e taquicardia. Anteriormente a isso, os movimentos eram animados de forma intencionalmente brusca, sob a justificativa de que havia limitações técnicas nos aparelhos dos anos predecessores, exigindo que propositalmente não fosse oferecida a mesma amplitude de movimento livre associada aos seres humanos. Como resultado da transição de gerações, no entanto, tornou-se comum títulos protagonizados por personagens espontaneamente articulados com notável mobilidade nos joelhos, cotovelos, punhos, tornozelos, ombros e demais membros, resultando, igualmente, na possibilidade de distribuição de peso em diferentes pedaços do modelo tridimensional. Essa mecânica de redistribuição é observada em jogos como *Death Stranding*, que define de maneira maleável os centros de massa dos corpos rígidos em 3D.

Convém ressaltar, em seguida, que é possível polir os algoritmos de construção dos jogos de forma a abrigar diversas funcionalidades distintas sem comprometer a fórmula proponente, consonante ao encontrado no jogo eletrônico *Red Dead Redemption 2*, que utiliza de maneira adimplente todo o poderio disponível nos circuitos da oitava geração. A RockStar ressignificou diversas tecnologias presentes em outros jogos de sucesso e, congregando-as, produziu o videogame comercial com melhor uso de recursos audiovisuais até a data de publicação deste artigo. O título contém uma inteligência artificial extremamente competente

em produzir uma ambientação de velho oeste convincente, os *non-playable characters* (NPCs) não seguem apenas um caminho específico e apresentam alterações em seus padrões de comportamento, reagindo de forma natural a eventuais alterações manifestadas nos cenários dinâmicos que compõem o mundo virtual e transparecendo sentimentos e caricaturas expressivas. Em outro aspecto, o mapa é vasto e aberto, composto por um detalhamento de flora e fauna estupefante e é possível notar modelagens em cada galho de arbustos e árvores, composições que costumavam ser requintes texturais. Junto a isso, as brisas marítimas obedecem a alteração do posicionamento das zonas anticiclônicas de acordo com o ciclo de dia e noite, os ventos afetam a angulação com a qual a chuva cai e a iluminação global e os shaders manifestam reflexos justapostos em água corrente ou parada. Por fim, dezenas de filtros foram utilizados para acrescentar aspectos de decorrência do tempo, como o Parallax Occlusion Mapping, que texturiza o ambiente em alta latência, e o filtro de composição capilar, que adiciona gradualmente densidade e volume aos cabelos.

3.9 Nona Geração (2019 – atual)

Num primeiro momento, a era atual de videogames se manifesta como a aurora de novos horizontes para a simulação de fenômenos físicos aplicados à gamificação, tendo o PlayStation 5 e o Xbox Series S/X como principais expoentes desta projeção, munindo-a de amparo factual. Os aparelhos possuem fichas técnicas com componentes suficientemente eficientes para contemplar a reprodução de efeitos de incidência de ondas eletromagnéticas e diferenciar a natureza dos materiais, frameworks inéditos desta geração de consoles domésticos.

Dentre as tecnologias implementadas, mostra-se necessário destacar a forma como o filtro de traçado de raios é capaz de substituir os sombreadores no trabalho de pós-processamento de imagem, reimaginando os processos de iluminação global e seus desdobramentos, incluindo sombras e luzes de diferentes colorações. Utilizando raios que concedem a impressão de uma fonte natural, o método de renderização com *ray-tracing* considera o ponto incidente de luz e a maneira como o feixe se comporta ao atingir um objeto, o que, somado à visualização reacionária das superfícies reflexivas e refratoras, transforma o tom do cenário através de uma Física Óptica funcional. Observa-se, no entanto, um uso demasiado de CPU quando esse recurso está habilitado, limitando-o ao modo de fidelidade gráfica. Nos *presets* de desempenho, por outro lado, destaca-se o uso da escala de resolução

dinâmica Fidelity FX, que retorna o uso de shaders junto à rasterização de sombras, mas garante uma taxa de atualização de sessenta quadros por segundo.

Em contrapartida ao que foi exposto até aqui, mostra-se essencial dissertar que, no ano de 2019, a nona geração de consoles domésticos testemunhou o preâmbulo de uma nova fase nos videogames com a entrada das maiores empresas do mercado geral no setor de jogos eletrônicos, através, sobretudo, da inserção de serviços de streaming. Superando todos os conceitos apresentados preliminarmente pelo PlayStation Now, o Google Stadia é uma plataforma de transmissão interativa que oferece suporte entre dispositivos domésticos e portáteis e compatibilidade aos principais títulos disponíveis para computadores. Seguindo essa linha comercial, a Nvidia, produtora mais tradicional de placas de vídeo, disponibilizou em outubro de 2020 o GeForce Now, servidor que possibilita ao usuário executar seus jogos na nuvem com tecnologia de traçado de raios habilitada e escala de resolução dinâmica funcional. A inovação possibilita que especificações sem VGA dedicada possam rodar aplicações que requerem um hardware de alto desempenho, mas é necessário, no entanto, que os jogos tenham sido adquiridos em uma conta da Steam ou Epic Games Store

Como efeito do que foi construído previamente, convém citar que, após diversas horas de experimentação, o Amazon Luna se mostrou o serviço mais estável e responsivo. Lançado oficialmente em março de 2022, o Luna dispõe de canais de streaming de jogos que possuem títulos disponíveis para serem jogados em formato *on demand*, sem a necessidade de compra ou locação individual. Visando à melhor configuração possível para realização dos testes, os autores utilizaram o navegador Google Chrome com VPN localizada em Miami, local do servidor principal da Amazon; internet cabeada para não haver problemas de conexão e um controle Xbox Series original da Microsoft em conectividade Bluetooth 4.0, evitando problemas de compatibilidade. Como resultado, os jogos apresentaram boa qualidade de imagem em resolução Full HD e com diversos filtros aplicados, a resposta tátil dos comandos se mostrou precisa e sem atrasos perceptíveis e não foi detectado nenhum travamento ou congelamento de tela. Observa-se, conjuntamente, que a Amazon possui um filtro de escala de resolução dinâmica com previsão inicial de distribuição para o início de 2023, o que possibilitará *upscales* visuais de até 3840 x 2160 pixels.

Com a acessibilidade da engenharia de computação em nuvem tangendo os videogames, é de vital importância que sejam discutidas as tecnologias capazes de se desenvolverem sem a necessidade de otimização de funcionamento em hardwares populares. Infere-se, portanto, que o Motor de Jogo Unreal Engine 5 será capaz de mudar a maneira como os jogos digitais são desenvolvidos, sobretudo pelas inovações de software que

possibilitam a realização do mapeamento de dinamismo do ambiente e a formatação de modelos hiper estilizados. Ao analisar o Benchmark cinemático da UE5, tornou-se evidente a presença de objetos importados com a tecnologia Nanite, que compreende uma leitura verdadeiramente virtualizada da modelagem geométrica e, por conta disso, admite objetos construídos por polígonos triangulares redimensionados no tamanho de um pixel, um conceito que é normalmente esfaimado no consumo de processamento disponível. A demonstração, ao contrário do que se esperava, não apresentou engasgos procedurais e o motor se mostrou muito competente na confecção de cenários orgânicos, capazes de diferenciar composições materiais de sedimentos como areia e cascalho.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a conjuntura hodierna do Estado de Arte, estipula-se que, com a iminente popularização da computação em nuvem como ferramenta de acessibilidade de superproduções da indústria, inevitáveis avanços serão realizados na área de frameworks aplicados à gamificação e, como consequência, a Física apresentará novas abordagens na interpretação de conceitos de Fluidos e Óptica. Dessarte, acompanha-se hoje um alinhamento característico de etapas transitórias, em que é perceptível que as aceleradas atualizações disponíveis para as versões de computador dos jogos eletrônicos estão em equilíbrio com as otimizações requeridas pelo hardware duradouro dos consoles, facilitando o trabalho de compatibilidade necessário para títulos multiplataformas. Vislumbra-se, perfazendo, um cenário no qual os jogos digitais serão disponibilizados de forma unificada, independente do hardware reproduzidor.

Dada a proposta inicial de elaborar um material unificado de análise geral da evolução da Física nos jogos digitais disponíveis para consoles domésticos, é passível de conclusão que o objetivo elencado foi concluído. Espera-se que o trabalho seja capaz de atender a todo o público que possa recorrer a consultá-lo sobre as diferentes fases dos videogames e, sobretudo, que as considerações inferidas acerca do deferimento da atual geração sejam concretizadas.

REFERÊNCIAS

AMOS, E. **The Game Console: A Photographic History from Atari to Xbox**. Nova Iorque: No Starch Press, 2018.

BATISTA, H. **Legislação Trabalhista em Tempos de Pandemia**: comentários às medidas provisórias 927 e 936. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020.

BARTLE, R. A. **Designing Virtual Worlds**. California: New Riders, 2003.

BOURG, D. M. e BYWALEC, B. **Physics for Game Developers**: Science, Math and Code for Realistic Effects. Ed 2.

DELOURA, Mark. **Game Programming Gems**. Massachusetts, Charles River Media, 2000.

EBERLY, D. H. **3D Game Engine Architecture**: Engineering Real-Time Applications with Wild Magic. São Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

EBERLY, D. H. **Game Physics**. São Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

ERICSON, C. **Real-Time Collision Detection**. Flórida: CRC Press, 2004.

GULARTE, D. Museu de Jogos Eletrônicos: Channel F. **Bojogá**, 2020. Disponível em: <<https://bojoga.com.br/acervo/consoles/geracao-2/channel-f/>>. Acesso em: 28 de janeiro de 2022.

GREGORY, J. **Game Engine Architecture**. Ed 2. Flórida: CRC Press, 2014.

How Much Can you Carry?. **Youtube**, 06 de outubro de 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xtHDQA4ge0k>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2022.

JUNG, T. How Do Bullets Work in Video Games? **Medium**, 2018. Disponível em: <<https://medium.com/@3stan/how-do-bullets-work-in-video-games-d153f1e496a8>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2022.

KENT, S. L. **The Ultimate History of Video Games**: From Pong to Pokemon and Beyond... the Story Behind the Craze That Touched Our Lives and Changed the World. Nova Iorque: The River Press, 2001.

KOTHARI, D. P *et al.* **Mathematics for Computer Graphics and Game Programming**: A Self-Teaching Introduction. Massachusetts: Mercury Learning and Information, 2019.

KRISHNAN, V. N. V. S AMD: who is better at game physics in 2020? **MOBHOUSE**, 2020. Disponível em: <<https://www.mobhouse-productions.com/news/pc-news/amd-femfx-vs-vidia-physis-5-0/>>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2022.

MARTINS, I. Home office deve ser tendência entre empresas após a pandemia. **Correio Braziliense**, 2020. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/eu-estudante/trabalho-e-formacao/2020/07/05/interna-trabalhoformacao-2019,869603/home-office-deve-ser-tendencia-entre-empresas-apos-a-pandemia.shtml>>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2022.

MILLINGTON, I. **Game Physics Engine Development**: How to Build a Robust Commercial-Grade Physics Engine for Your Game. Flórida: CRC Press, 2010.

NA PANDEMIA, O MERCADO DE COMPRA E VENDA DE GAMES AUMENTA EM MAIS DE 100%. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 07 de julho de 2021. Disponível em: <https://www.em.com.br/app/noticia/economia/mfpress/2021/07/07/mf_press_economia_economia,1284297/na-pandemia-o-mercado-de-compra-e-venda-de-games-aumenta-em-mais-de-100.shtml>. Acesso em: 21 de fevereiro de 2022.

RABIN, S. **AI Game Programming Wisdom**. Massachusetts: Charles River Media, 2002.

ROPER, J. **How Much Can You Carry?** Youtube, 6 out. 2013. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=xtHDQA4ge0k>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2022.

SCULLION, C. **The SNES Encyclopedia: Every Game Released for the Super Nintendo Entertainment System**. Reino Unido: Pen and Sword, 2020. Pgs 19-21.

SERAFIM, M. Museu de Jogos Eletrônicos: Pong. **Bojogá**, 2020. Disponível em: <<https://bojoga.com.br/acervo/consoles/geracao-1/pong/>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2022.

SILVA, E. C; NESTERIUK, S. Luz nos Games: por uma abordagem interdisciplinar na indissociabilidade forma, conteúdo e função. **SBC – Proceedings of SBGames 2016**, São Paulo, p. 687 – 694, set. 2016. Disponível em: <<http://www.sbgames.org/sbgames2016/downloads/anais/157890.pdf>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2022.

SCHAWBEL, D. **De Volta às Conexões Humanas: como grandes líderes formam vínculos na era do isolamento**. Tradução de Cristina Yamagami. Editora Alfacon: Paraná, 2020.

WINTER, D. **Pong in a Chip**. Pong Story, 1996. Disponível em <<https://www.pong-story.com/gi.htm>>. Acesso em: 25 de janeiro de 2022.

WOODCOCK, J. **Coding Games in Scratch: A Step-by-Step Visual Guide to Building Your Own Computer Games**. Reino Unido: Dorling Kindersley Limited, 2015.

YOUNG, H. D; FREEDMAN, R. A. **Física 1: Mecânica**. Ed 12. Tradução de Sonia Midori Yamamoto. Pearson Education do Brasil: São Paulo, 2008.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

MILNER, G. N; NASRI, A. L. X. G; DIAS, C. P. A Evolução da Física nos Jogos Digitais: Uma Análise Temporal Acerca dos Consoles Domésticos, seus Desafios e Potencialidades. **Rev. FSA**, Teresina, v.19, n. 10, art. 12, p. 235-259, out. 2022.

Contribuição dos Autores	G. N. Milner	A. L. X. G. Nasri	C. P. Dias
1) concepção e planejamento.	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X