

Aplicativo Musical na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento: Um Estudo de Revisão

Débora Line Gomes*

Dra. Cybelle Loureiro†

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), PPG - Música - Sonologia, Brasil
 Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Musicoterapia, PPG - Música - Sonologia, Brasil

RESUMO

Essa pesquisa é parte do Projeto de Mestrado “Aplicativo Musical na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento”, do Programa de Pós-Graduação em Música da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais, cujo objetivo é desenvolver um jogo musical que promova modificação de comportamentos expressivos de agrado ou desagrado através do jogar. Nessa revisão de literatura buscamos por estudos na área de games, música, Transtornos do Neurodesenvolvimento e Hipersensibilidade Sonora. A coleta de dados foi conduzida pelos sites de pesquisa, Google Acadêmico, Cochrane e Scielo, no dia 06 de Junho de 2017, buscando as palavras: “game” AND “music” AND “neurodevelopmental disorders” AND “hypersensitivity to sounds”. Como critério de inclusão dividimos a análise de seleção do material em duas etapas: (1) analisando a possível relação entre as quatro palavras da busca; (2) verificando estudos abrangentes nos Transtornos do Neurodesenvolvimento com a música e games separadamente, e também que tratasse de mídias virtuais. Durante a primeira etapa da análise não identificamos conteúdo relacionado diretamente às quatro palavras chave mencionadas, tornando-se necessária uma segunda análise, investigando agora a possível relação entre os Transtornos do Neurodesenvolvimento e a música e/ou games. Como critério de exclusão, desconsideramos games musicais não diretamente associados aos Transtornos do Neurodesenvolvimento, também softwares comerciais e mídias convencionais. Entre os 12 artigos encontrados, destacamos pesquisas com interface pc e iPad; games controlados por Kinect ou câmera e através de movimento de olhos; vários tipos de interação corpo controle, entre outros. Concluímos a não existência de game musical na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento, o que justifica a necessidade de pesquisas nessa área.

Palavras chave: games, música, transtornos do neurodesenvolvimento, hipersensibilidade sonora.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo de revisão, é parte da pesquisa de mestrado “Aplicativo Musical na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento” Leve e Moderado, em andamento no Programa de Pós-Graduação em Música da Escola de Música da Universidade Federal de Minas Gerais, na área de Sonologia. Objetivamos buscar por artigos ou literatura em jogos musicais na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento. Este estudo de revisão bibliográfica identifica trabalhos científicos produzidos na área, a fim de reconhecer, descrever, comparar e classificar os dados coletados para uma maior compreensão do que já

*e-mail: decamus@gmail.com

†e-mail: cybelle@musica.ufmg.br

foi desenvolvido até agora e, posteriormente, aplicar tais contribuições à pesquisa. Acreditamos ser importante explorar o assunto, pois a população em questão revelou-se extensa e complexa, conforme *American Psychiatric Association* [1]. A música é um elemento mediador de respostas não musicais que contribuem para o desenvolvimento global da criança, Loureiro [27]. Os games e suas características surgem como ferramentas de suporte para o jogar. A investigação é mista pois envolve, no mínimo, quatro campos de conhecimento: (1) Transtornos do Neurodesenvolvimento; (2) Hipersensibilidade Sonora; (3) música e (4) aplicações tecnológicas/games. Todo esse conjunto prevê possíveis melhorias nos quadros sintomáticos próprios da Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento.

2 BACKGROUND

2.1 Transtornos do Neurodesenvolvimento

Segundo o Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais 5 (DSM-5) [1], os Transtornos do Neurodesenvolvimento são definidos por um grupo de condições irregulares desde o período do desenvolvimento, antes mesmo da idade escolar. Os Transtornos caracterizam-se por déficits que variam desde limitações muito específicas na aprendizagem ou no controle de funções executivas, envolvendo prejuízos globais em habilidades sociais ou de inteligência [14].

A *American Psychiatric Association* [1], classificou o grupo de condições e destaca algumas características e sintomas: (1) os *Transtornos do Desenvolvimento Intelectual* causam insuficiência nas capacidades mentais genéricas, assim como: raciocínio, solução de problemas, planejamento, pensamento abstrato, capacidade de julgamento, aprendizagem acadêmica e aprendizagem pela experiência; (2) os *Transtornos da Comunicação* caracterizam-se pela carência no desenvolvimento, bem como no uso da linguagem, da fala e da comunicação social; (3) o *Transtorno do Desenvolvimento da Coordenação* caracteriza-se por inabilidade na aquisição e na execução de movimentos coordenados, manifestando-se pela não aptidão e imprecisão no desempenho de habilidades motoras, causando interferência nas atividades da vida diária; (4) o *Transtorno Específico da Aprendizagem*, é diagnosticado diante de déficits específicos na capacidade individual de perceber e/ou processar informações com eficiência e precisão; (5) o *Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade* (TDAH) é definido por níveis prejudiciais de desatenção, desorganização e/ou hiperatividade-impulsividade, uma vez que desatenção e desorganização envolvem a incapacidade de permanecer em uma tarefa, aparência de não ouvir e perda de materiais em níveis inconsistentes com a idade ou o nível de desenvolvimento; (6) o *Transtorno do Espectro do Autismo* (TEA) caracteriza-se pela escassez persistente na comunicação e interação social em múltiplos contextos, incluindo déficits na reciprocidade social, em comportamentos não verbais de comunicação usados para interação social e em habilidades para desenvolver, manter e compreender relacionamentos. Além dos déficits na comunicação social, o diagnóstico do TEA requer a presença de padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades [15].

A autora Sallum [23] cita o Código Internacional de Doenças

(CID-10; World Health Organization, 1997) que define os Transtornos do Neurodesenvolvimento por três características básicas: (1) acontecer no início na infância; (2) um prejuízo ou atraso no desenvolvimento fortemente ligados à maturação do sistema nervoso central e (3) apresentar um curso relativamente estável, sem haver remissões ou recorrências, comuns em outros transtornos mentais. Sallun esquematizou uma figura de hierarquia dos Transtornos do Neurodesenvolvimento a partir da classificação DSM-5 (Figura 1).



Figura 1: Hierarquia Diagnóstica dos Transtornos do Neurodesenvolvimento pelo DSM-5. Adaptado de Sallun [23].

Após extensa averiguação, Patel e colaboradores [37], Klimkeit e Rinehart [9] e também Janssen [20], identificaram 30 patologias epistemológicas dos Transtornos do Neurodesenvolvimento e apontam para a necessidade de compreender a ampla população e as diversas características envolvidas nos Transtornos. Quanto ao diagnóstico dos Transtornos do Neurodesenvolvimento, realiza-se por meio de diretrizes e julgamento clínico especializado, com auxílio de especificadores descritores que ampliam, com base em relatos comportamentais, o quadro clínico do indivíduo, os sintomas do estado atual, idade de início dos indícios e classificações da gravidade [1]. Como o quadro de patologias é amplo, cada uma deve ter seu descritor específico, assim como a sintomatologia.

Vale ressaltar que a classificação quanto a gravidade é muito importante, pois por meio dela, é possível selecionar o grupo que corresponde ao público alvo de aplicações. A dissertação de Loureiro [27] indica que, em disfunções motoras, os portadores de atraso do desenvolvimento leve e moderado tem movimentos descritos como desajeitados, desorganizados e de precisão pobre, diferentemente do grupo severo e profundo, que são dependentes da localização e extensão das disfunções neurológicas ou fisiológicas. A autora revela ainda que, uma criança diagnosticada com gravidade leve e moderada tem em média de 2 a 3 anos de diferença intelectual, se comparados a uma criança típica.

Entendemos que atributos como, o número de indivíduos pertencentes a uma população, faixa etária, sexo, gravidade, manifestações sintomáticas diferenciadas, ocorrência de um ou mais transtornos no indivíduo, peculiaridades individuais e personalidade, são fatores a considerar para o desenvolvimento de qualquer tecnologia que atenda às necessidades dessa população.

2.2 Hipersensibilidade Sonora

A Hipersensibilidade Sonora caracteriza-se por uma desordem na sensação de intensidade aos sons do dia a dia, sem comprometimento da cóclea, que é perfeitamente normal. Sons que a maioria das pessoas toleram e consideram imperceptíveis, para o hiperacústico é extremamente incômodo e intenso [17, 18, 21]. Em outras palavras, é como se o som chegasse mais intenso ao ouvido, porém é só uma sensação, não há indícios clínicos que captem esses

sinais, restringindo o diagnóstico a relatos do próprio indivíduo. Essa impressão sonora pode variar de uma irritação simples à fobia, causando, em alguns casos, a exclusão social do indivíduo pelo medo de lidar com essa sensibilidade. Um indivíduo com grau moderado de Hipersensibilidade Sonora suporta uma área dinâmica de audição de 40 a 45 dB [18] em algumas frequências, porém esse valor equivale a uma rua com muito trânsito, de acordo com Lent [26]. Isso reforça a ideia de que sons considerados silenciosos para a grande maioria, causam desconfortos a população hipersensível a sons, e vai além pois, sons realmente intensos como uma buzina ou fogos de artifício podem desorientar e causar reações inesperadas no hiperacústico.

Crianças com *Transtorno do Espectro do Autismo* tem frequentemente o diagnóstico de Hipersensibilidade Sonora, destacam-se como a população que mais se enquadra na identificação, talvez pela “demonstração comportamental incisiva como tapar os ouvidos quando um som incomoda, ou agitar-se e desorganizar-se pelo mesmo motivo ou ainda demonstrar expressão/sensação de dor ou medo” [16]. A Hipersensibilidade Sonora não se restringe somente ao TEA, pelo contrário, há um amplo espectro de patologias associadas aos Transtornos do Neurodesenvolvimento [18].

Para tentar modificar tais comportamentos, ou mesmo estudá-los, é que utilizaremos da música e do game como foco de atenção, num treinamento auditivo onde a exposição aos sons ambientais ao paciente é realizada gradualmente [15]. Acreditamos ser significativo pesquisas nesse domínio, pois muitos hiperacústicos entram em um período de crise profunda, com depressão severa, sentindo-se tremendamente isolados e não imaginam como é possível continuar convivendo com o barulho [3].

2.3 Música

Segundo Loureiro [27], a música como tratamento terapêutico traz contribuições ao desenvolvimento completo das capacidades intelectuais e expressivas, na forma pura e simples de interação, de auto exploração e descobertas, e também na comunicação, memória, habilidades motoras e respostas afetivas. A autora afirma ainda que o portador de atraso do desenvolvimento é capaz de demonstrar habilidades e interesses musicais como imitar ritmo e melodia e distinguir musicalmente a partir do nascimento. Há estudos que manifestam os benefícios através de experiências musicais como a improvisação, processo de criação, audição e composição musical [2]. Entretanto, este artigo tem como objetivo categorizar estudos que envolvam a música no contexto tecnológico e as vantagens da tecnologia e música no auxílio aos Transtornos do Neurodesenvolvimento. Fortunas [10] em seu trabalho sobre o desenvolvimento musical de crianças com Paralisia Cerebral (PC), discute alguns casos em que a música seria a única via possível de comunicação das pessoas não verbais. A autora aponta ainda para a importância da tecnologia musical no contexto citado.

Durante o estudo, no qual a criança com PC entra em contato com a música por meio de um software de composição, foram relatados progressos de caráter geral e musical. Fortunas relaciona esses contributos da seguinte maneira: em motivação e participação, existe relação com a concepção mais ampla da música; em aprendizagem pela descoberta, há facilitação da audição interativa; em trabalhos por etapas, elimina dificuldades de interpretação; satisfação pessoal, auxilia na autocorreção imediata de erros; alfabetização tecnológica, desenvolve a intuição e a criatividade musical; e por fim, a eliminação de fronteiras, beneficia o intercâmbio de informação musical.

Gehlhaar [13] amplia a discussão sobre a temática música, tecnologia e expressão, apontando para o desenvolvimento de instrumentos que visem pessoas com inabilidades, uma vez que os instrumentos convencionais exigem um alto nível físico e intelectual durante sua performance. Segundo o autor, instrumentos musicais para pessoas com desabilidades, devem produzir resultados musi-

cais adequados, sem precisar ser dominados por processos corporais e mentais complexos, tentando principalmente a expressividade do executante. A pesquisa de Aline André e colaboradores [2] aponta ser conveniente o uso de tecnologias musicais no contexto clínico ou da educação musical e o emprego de instrumentos digitais no ambiente hospitalar, pois há relatos constantes de pacientes que não tem condições de manipular instrumentos musicais convencionais e em outros casos, não é permitida a entrada de utensílios não esterilizáveis.

2.4 Games

Koster [25] afirma que jogos apresentam-se como algo especial e único, que fazem uso de símbolos, ícones e abstrações e por isso são processados mais rapidamente pelo cérebro. Atuam por meio de detalhes adicionais de caráter distrativo, diferente de atividades que demandam foco exclusivo como ler um livro. Outra definição de jogo, mais conceitual, é conduzida pelo filósofo Huizinga [22], em que todo ser pensante é capaz de entender que, à primeira vista todo jogo possui uma realidade autônoma independente da língua. Segundo ele isso deve-se ao fato de que a existência do jogo não está ligada ao grau de civilização ou concepção do universo e completa:

É uma atividade que se processa dentro de certos limites temporais e espaciais, segundo uma determinada ordem e um dado número de **regras** livremente aceitas, e fora da esfera da necessidade ou da utilidade material. O ambiente em que ele se desenrola é de arrebatamento e entusiasmo, e toma-se sagrado ou festivo de acordo com a circunstância. A ação é acompanhada por um sentimento de exaltação e tensão, e seguida por um estado de alegria e de distensão [22].

A revisão de literatura de Tourinho e colaboradores [39], um levantamento de pesquisas que relacionam jogos, função executiva e TDAH, os autores indicam melhorias cognitivas em funções executivas, em que, a memória operacional foi o processo mais citado entre atenção, concentração, flexibilidade cognitiva e velocidade de processamento. Segundo os autores, os processos de “planejamento, estratégia, flexibilidade cognitiva, controle inibitório, atenção seletiva, memória operacional, dentre outros”, são facilmente acionados pelo games. Afirmando ainda que veem neles um espaço para aprendizagem maior que suas características lúdicas, pois por meio deles, há possibilidade de realizar avaliações e tratamentos neuropsicológicos.

Essas características tratadas por Huizinga, Koster e Tourinho são de relevantes para esta pesquisa pois o público alvo, crianças com Transtornos do Neurodesenvolvimento, muitas vezes fazem uso de linguagens não convencionais e a percepção do universo é diferenciada. Por esse motivo, vemos no jogo musical, uma alternativa de interação com essa população, usando os conceitos e experiências elucidados.

Por fim, a frase de Gee: “os bons videogames operam de acordo com um princípio justamente oposto ao da maioria das escolas: a performance vem antes da competência” [12], enfatiza ainda mais seu uso.

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar trabalhos que desenvolvam ou utilizem tecnologia envolvendo música, game, Transtornos do Neurodesenvolvimento e Hipersensibilidade Sonora, realizamos uma coleta nos sites de pesquisa, Google Acadêmico, Cochrane e Scielo, no dia 06 de Junho de 2017, buscando as palavras “game” AND “music” AND “hypersensitivity to sounds” AND “neurodevelopmental disorders” concomitantemente, no idioma português e também no inglês. Executamos, no dia 06 de Agosto 2017, a última revisão nos portais citados.

3.1 Critérios de Inclusão e Exclusão

Na primeira etapa da busca, utilizamos o critério de incluir estudos que tivesse relação direta com as palavras escolhidas, ou seja, um game musical para Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento. E como exclusão, desconsideramos os estudos que não envolviam diretamente as quatro palavras chave.

Entretanto, não identificamos nenhuma pesquisa que apresentasse relação direta com as quatro palavras em questão, sendo assim, decidimos organizar a próxima etapa da busca retirando a Hipersensibilidade Sonora e considerando estudos que abrangessem os Transtornos do Neurodesenvolvimento com a música e com games separadamente e que se tratasse de mídias virtuais. Como critério de exclusão, desconsideramos games musicais que não fossem diretamente relacionados com os transtornos em questão, assim como softwares comerciais e também mídias convencionais.

4 RESULTADOS

Durante a primeira etapa da coleta, na qual buscamos trabalhos que contivessem as palavras, “game” AND “music” AND “neurodevelopmental disorders” AND “hypersensitivity to sounds”, detectamos um total de 1.380 estudos. Contudo, muitas vezes a temática envolvia relação entre música e games, mas não se associava aos Transtornos do Neurodesenvolvimento. Após a segunda etapa da busca, identificamos 12 estudos que possuíam as características de abranger os Transtornos do Neurodesenvolvimento e a música e/ou os Transtornos do Neurodesenvolvimento e games. A Tabela 1 é a descrição de todos dados coletados e detalhados, com base nos critérios estabelecidos. São eles respectivamente: (1) **Autores**: lista dos escritores dos estudos; (2) **Nome do Sistema**: nome da aplicação; (3) **Interface de Entrada**: tipo de interface adotada; (4) **Controle**: tipo de controle do sistema; (5) **Sensores**: se a aplicação faz uso ou não de sensores de movimento; (6) **Interação Corpo Controle**: forma de movimento corporal captado pelo sistema; (7) **Área**: área de conhecimento utilizada no desenvolvimento; (8) **Diagnóstico**: descrição diagnóstica nas pesquisas; (9) **Faixa Etária**: idade destinada as aplicações; (10) **País**: origem dos estudos; (11) **Palavras Chave**: identificação da palavras chave correspondentes ao tema das pesquisas e (12) **Ano**: ano de publicação.

Descreveremos resumidamente, em ordem alfabética, cada um dos 12 estudos identificados. Bozzi [4] desenvolveu uma plataforma chamada **GoLIAh (Gaming Open Library Intervention for Autism at Home)** para crianças no *Espectro do Autismo*, um conjunto de jogos de computador criados por mapeamento dos estímulos de intervenção, imitação e contexto de atenção. O game é dividido em duas partes: (1) avaliação e (2) intervenção. A plataforma se apropria do *multi-player* com finalidade terapêutica, buscando nesse recurso, comunicabilidade e interação com a criança autista. Além disso o game é desenhado com nivelamento de fases baseados no protocolo *Early Start Denver Model (ESDM)*, de comportamento para crianças autistas. Quanto ao *player*, um jogador é a criança com autismo e o outro é uma pessoa de sua casa ou o próprio terapeuta. Os jogos de imitação do GoLIAh são 7: (1) imitação de desenho livre; (2) imitação de desenho passo a passo; (3) imitação de frases ou palavras; (4) imitação de sons; (5) imitação de ações; (6) imitar ações e construir e (7) imitar e adivinhar o instrumento. Os 4 jogos de atenção são: (1) siga o terapeuta (áudio e vídeo); (2) desenho cooperativo de ligar pontos; (3) cozinhe um bolo e (4) comunicação receptiva. O GoLIAh pode ser jogados no computador ou tablet, desde que os *players* estejam conectados à internet.

Brooks [5], no livro *Technologies of Inclusive Well-Being*, de caráter relevante para essa pesquisa, é um apanhado de artigos sobre Jogos Sérios (*Serious Games*), Alternativas de Reabilitação (*Alternative Realities*), e Terapia do Brincar (*Play Therapy*). *Serious Game*, de acordo com o autor Ma [28], é um termo antigo e desde 2007 é definido como “qualquer uso significativo de recursos in-

Autores	Nome do Sistema	Interface de Entrada	Controle	Sensores	Interação Corpo Controle	Área	Diagnóstico	Faixa Etária	País	Palavras Chave	Ano
Bozzi	GoLIah	pc ou mobile	teclado/mouse ou multi-touch		digitação, movimento do mouse ou movimento das mãos no tablet	Terapia	autismo	5-9	ITA	Game + Neurodevelopmental Disorders	2016
Challis	Octonic	microchip	infrared sensors	✓	movimento dos braços e dedos	Música	deficiência motora	não mencionado	UK	Music + Neurodevelopmental Disorders	2014
Cibrian	BendableSound	pc	kinect tecido	✓	mãos pressionando o tecido e movimentação de todo corpo	Terapia	autismo	3-11	MEX	Music + Neurodevelopmental Disorders	2016
Gehlhaar et al	Instrument A	pc	teclado, mouse, foot switch, push switch		movimento do mouse e pressão sobre foot e/ou push switch	Música	amplo espectro de deficiências	não mencionado	POR	Music + Neurodevelopmental Disorders	2010
Gehlhaar et al	Sound = Space	pc	câmera	✓	movimentação de todo corpo	Música	amplo espectro de deficiências	não mencionado	POR	Music + Neurodevelopmental Disorders	2010
Key-Bright	Reactickles MAGIC	pc ou mobile	kinect ou multi-touch	✓	movimentação de todo corpo ou movimento das mãos no tablet	Terapia	autismo	15	UK	Game + Neurodevelopmental Disorders	2012
Malinverni	Pico's Adventures	pc	kinect	✓	movimentação de todo corpo	Terapia	autismo	4-6	ESP	Game + Neurodevelopmental Disorders	2017
Ringland	Sensory Paint	pc	rubber balls, kinect	✓	movimentação de todo corpo	Terapia	transtorno do neurodesenvolvimento	10-14	EUA	Game + Neurodevelopmental Disorders	2014
Wrońska	----	mobile	multi-touch		movimento das mãos no tablet	Terapia	tdah	8-12	ESP	Game + Neurodevelopmental Disorders	2015
Yu	Piano Modified	pc	pedais do instrumento, câmera, multi-touch, comando de voz, eye-tracking, eye movement-controlled	✓	movimentação das mãos, dedos, e olhos, pressão sobre a tela e pedais, comando de voz, movimento de olhos	Musico terapia	transtorno do neurodesenvolvimento	não mencionado	EUA	Music + Neurodevelopmental Disorders	2013

Tabela 1: Descrição dos Artigos Coletados com Base nos Critérios Estabelecidos.

formatizados do setor de jogos ou jogos cuja missão principal não seja o entretenimento” (Sawyer, 2007); ou “um concurso mental, jogado com um computador de acordo com regras específicas, que usa entretenimento, para promover treinamento governamental ou corporativo, educacional, de saúde, na política pública e em objetivos de comunicação estratégica” (Zyda, 2005).

Challis [7], no Capítulo 10 - *Designing for Musical Play*, percorre escolas com espaço sensorial multidisciplinar no Reino Unido, para entender melhor o raciocínio e a motivação por trás do seu *design* e uso. O autor menciona o **Octonic** [6], um *Digital Music Instruments* (DMIs) projetado para usuários com *deficiências motoras*. Todo desenvolvimento do instrumento tem em vista ser fácil de usar e configurar, diferente de outros instrumentos digitais comerciais. O Octonic é um instrumento diatônico em que cada nota é um ponto específico da série de escalas disponíveis (maior, menor natural, menor harmônico, pentatônico, blues, dorian, mixolydian, etc.). Sua funcionalidade de interação é por meio de infravermelho (IR), que detecta o movimento do *player* e transforma em música, sons e ritmos. Oferece controle polifônico expressivo de até oito notas ou sons, projetado para ser intuitivo de usar, simples de operar e barato para produzir. O DMIs tem fonte de som interna e amplificação, além de empregar uma série de sensores infravermelhos para fornecer duas dimensões de interação (horizontal e vertical) acionados por meio de uma ou duas mãos ou braços, dando autonomia ao *player*.

Cibrian [8] gerou o **BendableSound**, um tecido flexível que per-

mite crianças com *Transtorno do Espectro do Autismo*, a partir de um contato multissensorial, reproduza teclas de um piano. O sistema da Superfície Interativa (IS) armazena sons que representam a ordem de afinação da escala musical ascendente, acionada pelo toque no tecido, que exibe um fundo animado 3D de uma nebulosa espacial. Utiliza o sensor Microsoft Kinect e a biblioteca TSPS1 para detectar gestos de interação. Foram elaboradas 3 atividades para esse utilitário, são elas: (1) iluminar o tecido com o toque e apagar a camada de nebulosa espacial tocando, pressionando ou agarrando o tecido sensível; (2) elementos, quando vistos, devem ser tocadas ou movidos para que haja produção de som e (3) o personagem aparece para orientar às crianças sobre como executar uma música, exibindo animações de estrelas que, quando tocadas, pagam-se, aparecendo assim a próxima estrela iluminada que tem a nota seguinte.

Gehlhaar [13], no Capítulo 9 - *Instruments for Everyone: Designing New Means of Musical Expression for Disabled Creator* do livro de Brooks [5], contribui para essa pesquisa com dois *Digital Music Instruments* (DMIs). O primeiro deles é o **Instrument A**, criado para um *espectro de deficiências físicas*. Identifica-se como sequenciador musical baseado em *loop* que facilita a composição de músicas pelo *player*. Todas as ações que normalmente estão disponíveis para o usuário de um sequenciador convencional, podem ser acessadas por uma única ação, num botão de pressão, ou interruptor de cabeça ou sopro, almofada de mesa, pedal, etc. O usuário pode então escolher os sons, compor frases musicais e colocá-las em sequência para formar uma música inteira. Este mesmo capítulo ainda menciona o **Sound = Space**. É uma ferramenta, com base em rastreamento, que utiliza *web-cam* para captura o movimento corporal de uma ou mais pessoas, transformando cada movimento em som e por sua vez em composições musicais. A câmera, responsável por desencadear o som, fica suspensa no teto, aproximadamente 3 metros do chão e a partir daí uma topologia musical resulta da análise e processamento de informações coletadas sobre o movimento dos corpos, em um espaço sensorizado. Os autores definiram um local exploratório onde o centro da área é responsável por variações de temas musicais, enquanto as laterais podem modificar o ritmo.

Key-Bright [24] criou o **Reactickles MAGIC**, um aplicativo para *autistas*, que usa *multi-touch* e sensores embutidos em dispositivos comerciais, no caso Kinect do console xBox. O objetivo dessa atividade, segundo a autora, é baseado em *cause and effect*, ou seja, uma ação realizada pelo usuário traria um efeito no aplicativo. Por exemplo, em uma atividade em que só aparece um círculo preto, a cada toque na tela do iPad, o círculo se torna maior. O design do MAGIC é baseado em formas simples: um círculo. O menu tem oito atividades e com três diferentes níveis de dificuldade. É equipado com *input* de movimento e som que detectada o deslocamento, trazendo resposta pelo círculo tanto na tela do iPad quanto na parede do MAGIC room. Na medida em que o *player* avança, a quantidade de cor aumenta, e/ou novas formas são criadas, ou há impacto na maneira de aceleração desenhada. O sistema foi desenvolvido para que, a partir do gesto, algumas formas se agrupem ou girem, acompanhando a trajetória da criança. A autora explica que, quando o *player* percebe o significado do círculo projetado, o sentido visual distingue-o como diferente, tornando o círculo mais significativo. Há uma versão para Ipad e outra, na qual chamam de MAGIC room, que consiste em uma sala apropriadamente equipada.

Malinverni [29] elaborou o **Pico's Adventures**, um jogo sensorial que promove interação social destinado à crianças *autistas*. O jogo permite ao *player* ver sua imagem na tela projetada em tempo real e é dividido em 4 fases: (1) com base em Interação Social: a criança tem que fazer um gesto para pegar o objeto no cenário de árvores; (2) Interação e Cooperação: o usuário tem que usar vocalizações para afastar o antagonista do jogo e fazer gestos para obter

um objeto; (3) Interação, Cooperação e Atenção: é preciso chamar a atenção do adulto para os objetos alvo, através de um gesto indicativo e (4) Interação, Cooperação e Decisões Conjuntas: é necessário que duas crianças se comuniquem para resolver a tarefa, coordenando gestos iguais e simultâneos para capturar peças alvo.

Ringland [38] produziu o **SensoryPaint**, uma ferramenta de pintura interativa para os *Transtornos do Neurodesenvolvimento*, apresenta um reflexo sobreposto do usuário projetado em uma tela ou parede. O sistema de cores de reflexão do usuário muda de vermelho para verde para demonstrar proximidade com a tela, já para simular o uso de pincéis, utilizam bolas de borracha que são detectadas pelo sistema e variam em tamanhos, texturas e cores. Os desenhos podem ser realizados de modo livre ou com uso de um modelo, auxiliados pelas bolas de borracha que servem também para salpicar cores quando jogadas contra parede. Completando a experiência multissensorial, sons são emitidos em conexão com o movimento da bola. A aplicação tem dois modos de interação: (1) imitar a modalidade de interação livre que é tradicionalmente utilizada durante as terapias de integração sensorial, onde os usuários podem compartilhar livremente a partir estímulos orientados e (2) a equipe de design selecionou duas atividades de colorir com vários modelos de desenho ou um alvo em movimento, e os terapeutas podem alternar entre modos de interação e recomeçar as atividades. O estudo se concentra em descobrir o potencial desta tecnologia para apoiar a integração sensorial, incluindo sensibilidade ao estímulo, consciência corporal, funcionamento do motor, atenção e engajamento.

Wrońska [40] formou, a partir de atividades terapêuticas e com base em *Serious Games for Health*, uma **Ferramenta para o Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade** (TDAH), cujo objetivo não se restringe apenas à melhoria na compreensão de um típico TDAH, mas também manter a atenção do usuário. A aplicação desenvolvida em iPad, consiste em nove exercícios com diferentes níveis de dificuldades, estabelecidos pelos psicopedagogos envolvidos no projeto. O método usado no jogo, para ser considerado como completado, divide-se em 3 etapas: (1) ler o texto; (2) compreender e processar a resposta e (3) selecionar a resposta correta. A resposta é selecionada quando o usuário arrasta o objeto para o local correspondente, que geralmente é uma imagem ou rótulo. A ação de soltar, ativa *feedbacks* visuais que orientam o *player* sobre os erros e acertos da atividade. O software apresenta uma tela com os resultados e respostas corretas. O usuário poderá prosseguir para o próximo exercício, somente se seu placar for igual ao máximo (máximo-1), ou do contrário, o jogo deve ser repetido até que a pontuação atinja o nível estabelecido. O aplicativo armazena o nome do usuário, pontuação, tempo necessário para completar o exercício, tempo necessário para verificar os resultados e o número de repetições, dados esses analisados pelos autores. Há ainda um recurso de temporizador que grava o tempo de interação do usuário e armazenando no banco de dados pelo sistema.

Yu [41] construiu o **Piano Modified** para os *Transtornos do Neurodesenvolvimento*. O piano é equipado 4 monitores de LCD *multi-touch* para interação com o computador e o software de ensino, um *mouse* (e um teclado alfanumérico abaixo das teclas), um quarto pedal para virar página, câmera de vídeo para facilitar a correspondência remota, alto-falantes embutidos acima das teclas para o instrumentista e portas de dados eletrônicos abaixo das teclas superiores que permitem ao piano se conectar a ferramentas e sistemas adicionais. O Piano é capaz de manter comunicação remota de áudio e vídeo, tem um software de ensino de música e tecnologia responsiva de movimentos corporais e voz. O autor diz que software de ensino fornece instruções remotas, é direcionado para indivíduos com autismo e que o reconhecimento de voz com recursos de comando, software de lentes de aumento, teclado em Braille e som, *surround*, são projetados para estudantes com perda de visão. Sobre os comandos de resposta, o Piano consegue detectar movimen-

tos corporais como ondas ou apontadores e até movimentos oculares para controlar a reprodução de som (por exemplo, play/stop, controle de volume, avanço/voltar); operar sintetizadores MIDI e outros sons pré-gravados; operar software (por exemplo, tutoriais, composição) e editar páginas ou ditar partituras.

5 EXPLORANDO OS RESULTADOS

Os principais resultados encontrados do mapeamento produzido, a partir da revisão de literatura, foram organizados obedecendo a sequência de colunas da Tabela 1 e serão apresentados respectivamente. Os primeiros componentes assinalam a relação de **Autores** e os **Nomes do Sistema** desenvolvidos por eles (Tabela 2).

Autores	Nome do Sistema
Bozzi [4]	GoLIAh
Challis [7]	Octonic
Cibrian [8]	BendableSound
Gehlhaar [13]	Instrument A
Gehlhaar [13]	Sound = Space
Keay-Bright [24]	ReacTickles MAGIC
Malinverni [29]	Pico's Adventures
Ringland [38]	SensoryPaint
Wrońska [40]	—
Yu [41]	Piano Modified

Tabela 2: Relação dos Autores e Nome de seus Respetivos Sistemas.

Interface é a conexão entre o jogador e jogo, a comunicação entre o *player* e a máquina. A interface que envia os dados do jogador (*input*) para a aplicação e o *feedback* (*output*) da máquina para o *player*, contendo elementos físicos e visíveis. Os elementos físicos incluem disparadores como controles, chaves e mouse usados para se comunicar com os personagens não jogáveis (*non-player character*-NPCs) e outros jogadores. Os elementos visíveis são recursos na tela que permitem ao *player* conhecer o jogo. O autor Novak [35] diz que interface é um elemento menos compreendido e por isso crítico de um jogo. Utilizaremos, neste estudo, a análise a partir das interfaces físicas conceituadas por Novak: controles baseados em *hardware*, combinações teclado-mouse e outros dispositivos de entrada com os quais os jogadores interagem fisicamente para jogar, estando intimamente associadas à plataforma de *hardware* do jogo [35], categorizadas: (1) *Arcade*: inicialmente era uma cabine de interface simples com botões, *joysticks* e *sliders*; (2) *Computer*: normalmente usa teclado, mouse e alguns periféricos especializados; (3) *Console*: controladores de navegação e ação mais eficientes, pois foram projetados especificamente para permitir reflexos rápidos. Exemplos: Xbox 360, Wiimote, PS3 e Kinect; (4) *Handheld*: sistema de consoles em miniaturas que possuem seus próprios controladores embutidos e suas próprias telas; (5) *Mobile*: dispositivos móveis multifuncionais dividindo-as nas categorias *smartphones* e *tablet* e (6) *Microchip*: micro processador, não necessariamente um computador que irá conduzir os sinais recebidos pelos sensores [34].

A partir dessa classificação, analisamos os estudos e observamos incidência maior de aplicações que utilizam o computador (pc) para receber os dados (Figura 2). São 5 estudos: Cibrian [8], 2 de Gehlhaar [13], Malinverni [29], Ringland [38] e Yu [41]. Quanto ao uso de pc ou mobile, mostrando aqui versatilidade de mídia de acesso, 2 autores foram identificados: Bozzi [4] e Keay-Bright [24]. Wrońska [40] fez uso apenas da interface mobile. O microchip foi usado por Challis [7], que criou um Instrumento Musical Digital.

Há ainda outro item importante a ser analisado, a forma de **Controle** dos sistemas estudados. Bozzi [4] e Gehlhaar [13] optaram pelo uso de controles como teclado e mouse. Challis [7] específica em seu trabalho o uso de Infra Vermelho (*Infrared Sensors-IR*).

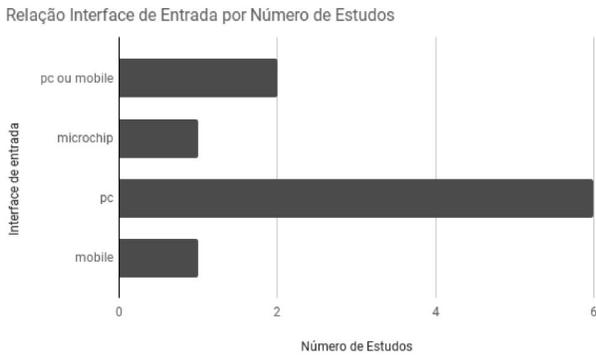


Figura 2: Interface de Entrada. O eixo vertical refere-se ao tipo de interface adotada e o eixo horizontal, o número de estudos encontrados.

Já Cibrian [8] utiliza o Kinect e tecido. Gehlhaar [13] faz uso de câmera para controle do Sound=Space. Keay-Bright [24] emprega Kinect ou *multi-touch*, já que o ReacTickles MAGIC pode ser acessado por iPad ou na Magic room com os sensores. E Wronska [40] trabalhou apenas com *multi-touch* (Tabela 3). Já a autora Malinverni [29] usa exclusivamente o Kinect para controle. Ringland [38] valeu-se de Kinect e bolas de borracha (*rubber balls*) com localizador. Yu [41] usou em seu *Piano Modified* controladores nos pedais do instrumento, câmera, *multi-touch*, comando de voz, *eye-tracking* e *eye movement-controlled*. Além disso, a Tabela 3 trás um *check* nos estudos que manipularam Sensores de Movimento, sendo que, apenas Bozzi [4], Gehlhaar [13] com *Instrument A* e Wronska [40], não os apresentam.

Autores	Controle do Sistema	Sensor
Bozzi	teclado/mouse ou <i>multi-touch</i>	
Challis	<i>infrared sensors</i>	✓
Cibrian	kinect e tecido	✓
Gehlhaar	teclado, mouse, <i>foot switch</i> , <i>push switch</i>	
Gehlhaar	câmera	✓
Keay-Bright	kinect ou <i>multi-touch</i>	✓
Malinverni	kinect	✓
Ringland	<i>rubber balls</i> , kinect	✓
Wronska	<i>multi-touch</i>	
Yu	pedais do instrumento, câmera, <i>multi-touch</i> , comando de voz, <i>eye-tracking</i> , <i>eye movement-controlled</i>	✓

Tabela 3: Relação entre Autores, Controle do Sistema e Presença de Sensor de Movimento.

Acreditamos que a **Interação Corpo Controle**, a forma em que o usuário controla o aparelho, é um item a ser analisado detalhadamente, a partir das representações fracionadas de todas as ações coletadas dos estudos (Figura 3). É proveitoso observar o modo de utilização do controle “movimentação de corpo todo”, aplicado forma mais ampla por Gehlhaar [13], Malinverni [29] e Ringland [38]. Keay-Bright [24] utiliza também o controle de todo o corpo, bem como o movimento das mãos na versão para tablet. Já Wronska [40] emprega apenas o “movimento das mãos no tablet”. Bozzi [4] usa também as possibilidades do tablet, assim como dos “movimen-

tos do mouse” e “digitação”. Gehlhaar [13] aplica a digitação, bem como os movimentos do mouse e “pressão sobre *foot e/ou push switch*”. Challis [7] faz uso de “movimentos de braços e dedos”. Cibrian [8] manipula os dados com os movimentos das “mãos pressionando o tecido” e movimentação de todo corpo. Por fim, com um conjunto de controles empregados num mesmo sistema está Yu [41], aplicando “movimentação das mãos, dedos, e olhos, pressão sobre a tela e pedais, comando de voz e movimento de olhos”. Podemos destacar que a maior porção de estudos refere-se a “movimento de corpo todo” 3 pesquisas, as demais desenvolveram formas mais customizadas de interação, possivelmente, tendo em vista o tipo de atividade a realizar-se e/ou público alvo destinado.



Figura 3: Modo de Interação Corpo Controle.

As porcentagens de utilização por **Área de Conhecimento**, das aplicações analisadas são: Música, Terapia e Musicoterapia, representadas na Figura 4. Na Música identificamos 3 estudos (30%), sendo o estudo de Challis [7] e 2 estudos de Gehlhaar [13]. Na área de Terapia foram encontrados 6 estudos (60%) retratados por Bozzi [4], Cibrian [8], Keay-Bright [24], Malinverni [29], Ringland [38] e Wronska [40] desenvolvendo aplicações com princípios terapêuticos. Por fim, na área de Musicoterapia, está o estudo de Yu [41] (10%).

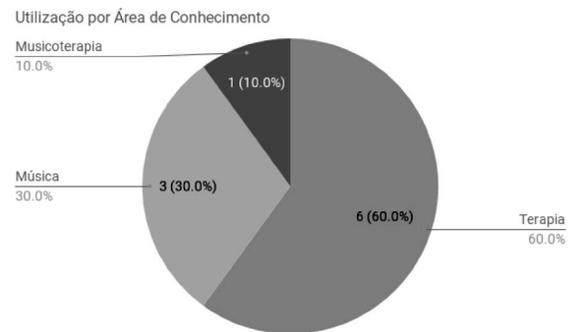


Figura 4: Porcentagem da Utilização por Área de Atuação dos Sistemas Encontrados.

Em uma análise descritiva sobre os **Diagnósticos** e os sistemas, percebemos uma maior incidência de estudos envolvendo o Transtorno do Espectro do Autismo (Figura 5). Num total de 4 estudos (40%), os autores Bozzi [4], Cibrian [8], Keay-Bright [24] e Malinverni [29] descrevem experimentos envolvendo essa população especificamente. Já o autor Gehlhaar [13] com *Instrument A* e Sound = Space, focou sua pesquisa no amplo espectro de habilidades, somando 2 estudos (20%). Por sua vez, Challis [6] desenvolveu 1 estudo (10%) para pessoas com deficiência motora. Wronska [40] criou uma ferramenta no TDAH (10%). Ringland [38] e Yu [41], elaboraram 2 estudos (22%) nos Transtornos do Neurodesenvolvimento.

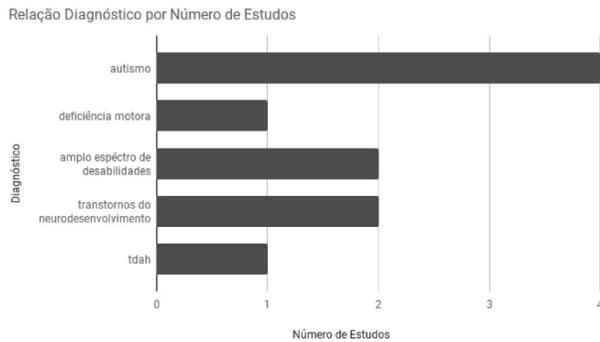


Figura 5: Número de Estudos por Diagnóstico. O eixo horizontal representa o diagnóstico. O eixo vertical contém o número de estudos identificados em cada diagnóstico.

Os sujeitos registrados nos estudos são de diferentes **Faixa Etária**. Bozzi [4] levou em consideração incluir crianças de 5 a 9 anos; por sua vez, Cibrian [8] estabeleceu a idade de 3 a 11 anos; já Keay-Bright [24] definiu 15; Malinverni [29] de 4 a 6; Mazurek [30] fixou idade entre 8 e 18 anos em um artigo e em outro, população adulta; Ringland [38] determinou a faixa etária de 10 a 14 anos e Wrońska [40] 8 a 12. Os autores Challis [7], Gehlhaar [13] e Yu [41] não mencionaram idade em suas pesquisas.

É proveitoso também notar os **Indicadores Bibliométricos**. Os resultados indicam que 2 estudos foram realizados nos EUA: Ringland [38] e Yu [41]. Na Europa foram 6 estudos: Bozzi [4] na Itália, Challis [7] e Keay-Bright [24] no Reino Unido, Gehlhaar [13] em Portugal e Malinverni [29] e Wrońska [40] na Espanha. Por fim, 1 estudo na América Latina: Cibrian [8], no México. Por esses números obtidos, verificamos ser maior o número de produções dos países desenvolvidos.

Retomando a discussão sobre **Palavras Chave**, percebemos que os números de aplicações estão segmentados em duas classificações (Figura 6). A primeira se trata de Game + Neurodevelopmental Disorders e detectamos 5 estudos: dos autores Bozzi [4], Keay-Bright [24], Malinverni [29], Ringland [38] e Wrońska [40]. Já as palavras chave Music + Neurodevelopmental Disorders, assinalamos 5 estudos publicados: 1 de Challis [6], 1 de Cibrian [8], 2 de Gehlhaar [13] e 1 de Yu [41].

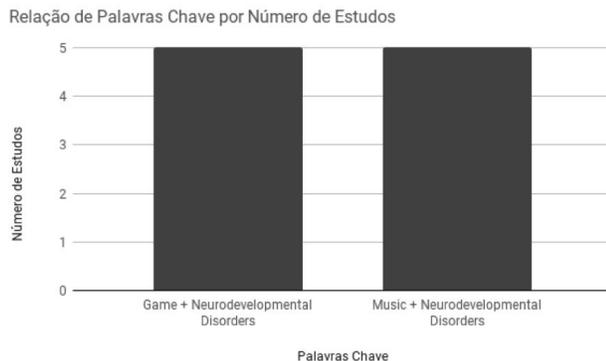


Figura 6: Número de Estudos por Palavra Chave. O eixo vertical representa o número de estudos publicados. O eixo horizontal contém as palavras chave correspondentes.

É significativo observar que, das pesquisas analisadas com foco no Autismo, apenas uma envolve a música diretamente, analisando

a coluna Palavras Chave, na classificação Game + Neurodevelopmental Disorders (ND). Os demais estudos correspondem a jogos que não têm a música como primeiro plano de interação (Tabela 4). Os autores Bozzi [4], Keay-Bright [24] e Malinverni [29] dedicaram suas interfaces a finalidades interativas que utilizam sons *input* e *output*, mas não se designam como sistemas musicais. Já Cibrian [8], em BendableSound, tem como objetivo explorar a música e meios digitais para produzir melhoras no quadro autístico dos jogadores.

Autores	Diagnóstico	Palavras Chave
Bozzi	Autismo	Game + ND
Cibrian	Autismo	Music + ND
Keay-Bright	Autismo	Game + ND
Malinverni	Autismo	Game + ND

Tabela 4: Relação entre Autismo e Palavras Chave.

Analisando a coluna Palavras Chave, na classificação Music + Neurodevelopmental Disorders (ND), percebemos que os sistemas produzidos com objetivo de ser essencialmente musicais tem uma gama maior de diagnósticos. Challis [6] desenvolveu para deficiência motora, Cibrian [8] para TEA, Gehlhaar [13] no amplo espectro de habilidades, Wrońska [40] ao TDAH e Yu [41] nos Transtornos do Neurodesenvolvimento (tn) (Tabela 5).

Autores	Diagnóstico	Palavras Chave
Challis	deficiência motora	Music + ND
Cibrian	autismo	Music + ND
Gehlhaar	amplo espectro de habilidades	Music + ND
Gehlhaar	amplo espectro de habilidades	Music + ND
Yu	tn	Music + ND

Tabela 5: Relação entre Palavras Chave e Diagnóstico.

Quisemos verificar se há relação entre o **Ano da Publicação** dos estudos e o tipo de Interface de Entrada adotado (Figura 7). Através dela é possível perceber melhor o uso do computador como ferramenta ainda dominante na interface de entrada, porém, com alternância maior a partir dos anos 2012, diferente do que aconteceu no ano de 2010 a 2012, porém com uma retomada entre 2016 e 2017. Essa alternância pode sugerir que as novas tecnologias, principalmente as móveis, estão sendo estudadas e utilizadas em experimentos científicos. O fato de quase todos os sistemas apresentados usarem sensores de movimento também indica que é crescente a apropriação desse recurso pela comunidade científica e decrescente o emprego de mouse e teclado como controladores.

Por sua vez, o mercado de Games tem sua própria tendência. As revistas Gameinformer [11] e Metacritic [33] fizeram um *ranking* dos melhores games de 2016, em que *Resident Evil 0* foi eleito pela Gameinformer [11] como o melhor. Dentre as características destacadas, a revista argumenta que a pontuação devido ao jogo ser multiplataforma, sem desprezar seus outros atributos, talvez tenha sido a garantia de pontos. Já a Metacritic [33] relacionou todos os games testados pela revista e expôs os seguintes números de produção por plataforma: PlayStation 4 teve 445 produções, Xbox One listou 294, Wii U enumerou 44 e PC 450 publicações. Já em 2015 [32]: PlayStation 4 teve 276 produções, Xbox One fabricou 204, Wii U apresentou 80 e PC 415 jogos. Esses números indicam, principalmente, queda na quantidade de criação gerada para o console Wii U. Ainda não houve um jogo revolucionário, com uso sensores de movimento que despertasse mais investimento das fábricas e posteriormente aquisição dos usuários. Sendo assim, é possível que o momento seja de transição para os controladores de movimento usados em games.

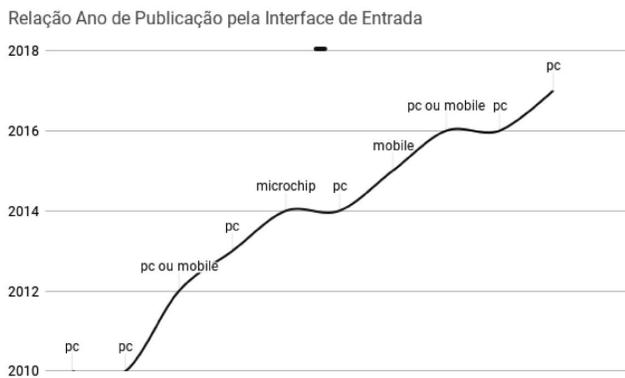


Figura 7: Relação do Ano de Publicação pela Interface de Entrada. O eixo vertical é o ano de publicação dos estudos e o eixo horizontal representa o tipo de interface de entrada.

Quanto ao *multiplayer* encontrado na revisão, identificamos apenas Bozzi [4] fazendo uso do recurso como ferramenta terapêutica, com a finalidade de maior interação entre os jogadores. Ressaltamos também que Picos Adventures [29] pode ser jogado por mais de um *player*, mas apenas GoLIAh [4] tem a opção de manuseio via internet com outro *player* ao mesmo tempo. Por sua vez, Wronska [40] foi o único sistema que apresentou manipulação de dados de usuário por meio de *login*.

Consideramos os autores Ortega [36] e Cibrian [8] como um autor apenas em nossa tabela de dados, apesar de terem publicações diferentes, ambos conceberam o mesmo sistema, o BendableSound.

Decidimos falar sobre os artigos de Mazurek [31] [30] nessa sessão, pois o autor faz uma vasta pesquisa sobre os games no *Transtorno do Espectro do Autismo* (TEA), com crianças de 8 a 18 anos [30] e com autistas adultos [31]. Os dados coletados para a pesquisa vieram de entrevistas com os pais dos autistas, que monitoravam suas horas de jogo. Os gêneros selecionados e os jogos analisados respectivamente foram: (1) *Action and Action-Adventure* (Star Wars série); (2) *Adventure* (Legend of Zelda series); (3) *Role-Playing* (Pokemon series); (4) *Strategy* (Plants vs. Zombies); (5) *Puzzle and Mini-game* (Angry Birds); (6) *Educational* (PBS Kids Online Games); (7) *Fighting* (Super Smash Bros. Brawl); (8) *First-Person Shooter* (Call of Duty series); (9) *Music* (Guitar Hero); (10) *Platform* (Super Mario Bros series); (11) *Racing* (Mario Kart series); (12) *Simulation* (The Sims) e (13) *Sports Simulation* (Madden NFL series). O estudo revelou que o uso problemático de videogames está altamente associado a problemas de comportamento de contestação/desafiar, desatenção e hiperatividade/impulsividade, entre meninos com TEA. Destacam também que os resultados indicam a importância clínica de examinar padrões de uso de videogames em crianças autistas. O segundo estudo do autor [31], com adultos autistas, reforça os benefícios percebidos pelo uso do videogame, como: integração social, redução do estresse e de níveis de depressão, assim como os efeitos negativos: aceleração dos padrões de perda auditiva e auto declaração de dependência em jogos.

Sabemos da existência do game *Aut-Sim* [19], um simulador de realidade virtual que pretende inserir o portador de Autismo num ambiente que lhes é pouco confortável devido a Hipersensibilidade Sonora. O intuito é simular a reação sensorial dos autistas que sofrem com a Hipersensibilidade Sonora, por isso não o consideramos, de certa maneira, um jogo para a Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento, porém consideramos a iniciativa notável.

6 DISCUSSÃO

Nessa seção do artigo indicaremos alguns elementos que entendemos como cruciais para o desenvolvimento de um aplicativo musical na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento. São relatos dos autores da revisão e suas experiências com criação e desenvolvimento de sistemas para populações específicas, com inserção, por algumas vezes, de comentário de outros autores que também exploram o assunto.

6.1 Interfaces

Quanto às interfaces, o autor Ma [28], analisa dispositivos de entrada convencionais e alternativos para jogos, incluindo tapete de dança, haptics, entrada baseada em câmera, entre outros. O autor relata que até à data, os *Serious Games* usam interfaces de entrada tendo em vista controladores como teclado e mouse. Para o autor, há espaço para tentar outras opções alternativas como estimular as múltiplas percepções e exploração do realismo virtual para o processo de aprendizagem. Salienta ainda que esta pode ser a tendência daqui em diante, especialmente em treinamentos cirúrgicos. A autora Keay-Bright [24] menciona ainda que a principal função da interface gráfica é desencadear a curiosidade e recompensar a interação com experiências emocionais positivas, gerando assim um fluxo de jogabilidade. Este fluxo, com recursos simples e de processamento cognitivo mínimo necessário será, para muitas pessoas, o segredo para a fluidez na aplicação.

6.2 Controladores

Challis [7] percebeu que, nos espaços multidisciplinares percorridos por ele, algumas das tecnologias empregadas eram deixadas de lado pelo usuários por não entenderem o funcionamento das atividades, ou por preferirem não interagir com o aparelho. O autor sugere que o abandono do objeto deve-se às escolhas referente às características manifestas na aplicação, constantemente desenhada de forma complexa. Talvez por isso, algumas crianças preferiam manipular brinquedos simples, pela facilidade tátil e pela natureza compreensível do utensílio. Além disso, em suas conclusões, o autor sugere que a interação por meio de sensores de movimento pode ser mais agradável e funcional às crianças de modo geral e principalmente às portadoras de deficiências. Para Charllis, os sensores não se limitam a ação de “apertar botões” comuns em controladores padrões e podem produzir maior interação, proporcionar atenção e expressividade dentro do contexto de tecnologias musicais. Recomenda também, com base em estudo de caso, que aplicações tecnológicas incluam captação de som (*sound inputs*) feito pelos usuários, ou inserção de seus próprios nomes, imagens pessoais e fotos da família, vozes conhecidas e/ou sons pessoais significativos. Esses elementos causariam maior efetividade as experiências criativas do *player*.

Tratando de controladores, porém na ótica da manipulação de objetos, o autor Ma [28] menciona que a capacidade de aprendizado a partir de estímulos visuais e táteis e como isso se integra a experiência virtual, está diretamente ligada a forma que exercemos os objetos, ambientes e, por sua vez, a maneira que os exploramos. A experiência imersiva pode ser aprimorada quando o aluno não apenas vê o objeto, mas pode manipulá-lo, pois o toque está ligado aos processos cognitivos, aumentando assim o engajamento no processo de aprendizagem, também na compreensão de sujeitos/amstras em experiências concretas.

6.3 Design

Gehlhaar [13] relata as dificuldades da linguagem, na expressão musical e dos elementos de motricidade presentes na ação de tocar um instrumento. Os autores afirmam existir dois elementos benéficos quanto ao desenvolvimento de instrumentos musicais adequados às pessoas com desabilidades: (1) a capacitação, que lhes oferece oportunidades e acesso a atividades que colaborem para a

felicidade, dignidade, bem-estar e desenvolvimento humano e (2) é a comunicabilidade musical e a busca por ferramentas tecnológicas que facilitam o diálogo inicialmente musical e posteriormente ampliado.

Keay-Bright [24] usa figuras, desenho e layout simples para os sistemas desenvolvidos por ela e cita princípios básicos para a escolha: (1) Descoberta pela Ação: evitar detalhes desnecessários que supostamente presumam o interesse do usuário. A customização de dificuldade/complexidade, posta pelo próprio usuário traria mais interação e possibilidades de descoberta; (2) Experiências Simples Centradas no Usuário: a interface interage de acordo com o humor do usuário e para evitar que, o *loop* de *feedback* negativos causados por erros percebidos e manuseio não apropriado seja expressivo, o projeto não deve sobrecarregar o usuário; (3) Intensa Exploração Sensorial: cor, luz, textura e sons podem condicionar à experiência formas específicas, e proporcionar um espaço estético e metafórico para a imaginação e (4) Curiosidade Através da Repetição: entre entrada e saída de sinais acontece uma cinética natural, rítmicos e formas criados pela movimentação visual e aural, traçando padrões que aumentam o interesse através da oportunidade de coreografar/gesticular experiência únicas.

6.4 Uso de Games

A conclusão, do estudo com autistas adultos do autor Mazurek [31], reforça benefícios percebidos pelo uso de videogame, assim como os efeitos negativos involuntários ligados a eles. Sinalizam aos desenvolvedores de jogos que fiquem atentos às perspectivas dos jogadores em todo o processo de design e criação, pois falhas tecnológicas e/ou uso controles de movimentos inadequados, parecem ser particularmente desagradáveis para os indivíduos com autismo, causando distração aos jogadores, minimizando o conteúdo, características e funções. É curioso a afirmação do autor de que, os controles de movimento em perspectiva de primeira pessoa parecem ser indesejáveis para muitos indivíduos com TEA. Por outro lado, manifesta que as características do jogo que podem melhorar as experiências dos jogadores incluem uma maior ênfase em gráficos visuais, mundos fantasiosos ou elementos baseados em histórias e enredos, ou recompensas por realizações no jogo.

Por sua vez, Malinverni [29] salienta a cerca do uso de games como complemento de horas das terapias convencionais. Entretanto adverte quanto às grandes fraquezas encontradas no design dos jogos, que não conseguem cumprir objetivos terapêuticos ou envolver de forma adequada. Para a autora, isso se dá à falta de integração efetiva inerente a saúde mental, aos interesses das crianças e aos conhecimentos dos designers e equipe. Devido a tal necessidade, Malinverni propôs um projeto abrangente, com estratégias e técnicas de eliciação e fusão para desenvolver jogos terapêuticos.

6.5 Melhorias Terapêuticas Através dos Games

Cibrian [8] afirma que, estudos preliminares indicam aumento na curiosidade de criança e melhorias na experimentação de modo geral, com base na utilização do BendableSound. Malinverni [29] destaca em seus resultados, que nas análises de vídeo, as crianças demonstram aceitação, alegria/sorrir, contato visual, vocalização direcionada a outra criança ou adultos ou personagem do jogo, gestos descritivos, imitação, expressões sociais, gestos de indicação, exposição e compartilhamento de emoções, interação social espontânea, *feedback* a interação social e colaboração através de comunicação social regulatória e ilustrativa. Ringland [38] salienta que todos os participantes da pesquisa usaram com sucesso o SensoryPaint, apontando que do sistema pode ser útil para uma população ainda maior que a verificada. Quanto a exploração da multimodalidade, a autora defende que movimentos de todo o corpo e interações com objetos físicos aumentam a integração sensorial, complementam as terapias de conscientização corporal e focam a atenção das crianças em seus próprios corpos e estímulos sensoriais.

Nos estudos preliminares, o autor Yu [41] infere que as modificações no instrumento, com base em pesquisas sobre os Transtornos do Neurodesenvolvimento e princípios da Musicoterapia, têm o potencial de transformar terapia musical e educação para crianças com deficiências do desenvolvimento neurológico, incluindo o autismo.

6.6 Games, Música, Transtornos do Neurodesenvolvimento e Hipersensibilidade Sonora

Jogar um game deve ser uma experiência divertida, animada, que proporcione aprendizado, desafios, atenção, conhecimento, execução de habilidades motoras e cognitivas, entre outros elementos atribuídos ao jogar. Jogos não designados ao entretenimento puro são conhecidos como tediosos e para minimizar essa imagem, consideremos a ótica de *gameplay* levantada por Novak [35] como as escolhas, desafios ou consequências que os jogadores enfrentam ao adentrar num ambiente virtual, e de Koster [25], como tudo que está relacionado à experiência do jogador ao interagir com o jogo. O *gameplay* compreende fundamentos de experiência, ou seja, o *player* deve querer voltar a jogo de forma espontânea. Devemos avaliar bem esse conceito pois, na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento, o tratamento é realizado por meio de exposição aos sons que causam irritação a essa população específica.

7 CONCLUSÃO

Este estudo evidencia a necessidade de pesquisas na área. Reiteramos a dificuldade de elaboração de um “Aplicativo Musical na Hipersensibilidade Sonora nos Transtornos do Neurodesenvolvimento”, pois esse público requer um olhar especial sobre os sintomas e não há muito material que aborde o tema. Por outro lado, a segunda etapa da investigação nos apresentou elementos e conceitos cruciais para desenvolvimento de aplicações nos Transtornos do Neurodesenvolvimento e para pessoas com outras dificuldades, como os da Hipersensibilidade Sonora. Mostraram-se indispensáveis, para a construção do game proposto, explorar fundamentos de tecnologia, interfaces, controladores, jogabilidade, design e ter conhecimento profundo dos indivíduos. Todavia consideramos pequeno o número de estudos encontrados, tendo em vista a fração apresentada nos resultados, no tocante a produção anual do mercado de games. As empresas investem muito em gráficos, realidade virtual, sensores de movimento, processamento, distribuição, *multiplayer* online, inteligência artificial, customização e muitas outras áreas que o desenvolvedor necessite em sua equipe multidisciplinar composta por artistas, músicos, programadores, técnicos e roteiristas. As informações do mercado não devem ser ignoradas, pois por meio delas identifica-se tendências que possivelmente agradarão usuários de faixa etária diversificada.

REFERÊNCIAS

- [1] American Psychiatric Association. *Manual Diagnóstico e Estatístico de Transtornos Mentais (DSM-5)*. American Psychiatric Pub, editora ar edition, 2013.
- [2] A. M. André, D. L. Gomes, L. C. Souza, and C. M. V. Loureiro. Tecnologia e Atraso do Desenvolvimento: Relações com a Musicoterapia. *Editora da Universidade do Estado de Minas Gerais e Escola de Música da UFMG*, 1(978-85-60488-10-0):19, 2015.
- [3] A. Bassanello. *Estudo Da Hiperacusia: Revisão Bibliográfica*. PhD thesis, CEFAC - CEDIAU SÃO PAULO, 2000.
- [4] Y. Bozzi, M. Dundar, V. Bono, J. A-I, A. Narzisi, A.-L. Jouen, E. Tilmont, S. Hommel, W. Jamal, J. Xavier, L. Billeci, K. Maharatna, M. Wald, M. Chetouani, D. Cohen, F. Muratori, and M. Study Group. GoLIAH: A Gaming Platform for home-Based Intervention in Autism – Principles and design. *Frontiers in Psychiatry*, 7, 2016.
- [5] A. L. Brooks, S. Brahnam, and L. C. Jain. *Technologies of Inclusive Well-Being*, volume 536. Springer Heidelberg, New York, 2014.
- [6] B. Challis. Octonic: an accessible electronic musical instrument, 2011.

- [7] B. Challis. Designing for Musical Play. In *Technologies of Inclusive Well-Being*, volume 536, chapter Chapter 10, pages 197–218. Springer Heidelberg, New York, 2014.
- [8] F. L. Cibrian, M. Tentori, and N. Weibel. A Musical Interactive Surface to Support the Multi-Sensory Stimulation of Children. *10th EAI International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*, pages 241–244, 2016.
- [9] J. B. E. Klimkeit, N. Rinehart. Neurodevelopmental Disorders. *America's Children and the Environment*, Third Edit(October):32, 2015.
- [10] M. L. F. Fortunas. *O Desenvolvimento Musical de Crianças com Paralisia Cerebral*. PhD thesis, Universidade Católica Portuguesa, 2015.
- [11] Gameinformer. Game Informer's Top Scoring Game Reviews Of 2016 - Features - www.GameInformer.com, 2016.
- [12] J. P. Gee. Bons videogames e boa aprendizagem. In *PERSPECTIVA*, page 14, Florianópolis, 2009.
- [13] R. Gehlhaar, P. M. Rodrigues, and L. M. Girão. Instruments for Everyone: Designing New Means of Musical Expression for Disabled Creators. In *Technologies of Inclusive Well-Being*, volume 536, chapter Chapter 9, pages 167–196. Springer Heidelberg, New York, 2014.
- [14] D. L. Gomes, A. M. André, and C. M. V. Loureiro. Softwares Musicais e Transtorno do Neurodesenvolvimento: Um Estudo de Revisão de Literatura. *2ª Nas Nuvens... Congresso de Música*, pages 1–16, 2016.
- [15] D. L. Gomes and C. M. V. Loureiro. Proposta de um Aplicativo na Hipersensibilidade Sonora no Autismo. *XIII SIMCAM - Simpósio Internacional de Cognição e Artes Musicais*, 22(2005):8, 2017.
- [16] E. Gomes. *Hipersensibilidade Auditiva e o Perfil Pragmático da Linguagem de Crianças e Adolescentes com Transtorno do Espectro Autista*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- [17] E. Gomes, F. S. Pedroso, and M. B. Wagner. Auditory hypersensitivity in the autistic spectrum disorder. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 20(4):279–284, 2008.
- [18] M. S. Gonçalves and T. M. Tochetto. Hiperacusia: Uma Abordagem Teórica. *Revista CEFAC*, 7(2):234–240, 2005.
- [19] Hacking Health Event. *Auti-Sim, The Game That Startlingly Reconstructs Life As An Autistic Child*, 2013.
- [20] R. J. Hagerman. *Neurodevelopmental disorders: diagnosis and treatment*. Oxford University Press Oxford, New Yor, 1999.
- [21] J. Hazell. Hypersensitivity of Hearing. *Tinnitus*, pages 171–176, 2002.
- [22] J. Huizinga. *Homo Ludens: O Jogo como Elemento da Cultura*. São Paulo: Perspec va, v. 4, São Paulo - SP - Brasil, 1945.
- [23] Isabela Sallum. O que são transtornos do desenvolvimento? | iLumina Neurociências.
- [24] W. Keay-Bright. Designing Interaction Though Sound and Movement with Children on the Autistic Spectrum. In *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering*, volume 101 LNICST, chapter 1, pages 1–9. Springer Heidelberg Dordrecht London NewYork Library, London, 2012.
- [25] R. Koster. *A Theory of Fun for Game Design*, volume 1. O'Reilly Media, Sebastopol, 2 edition, 2013.
- [26] R. Lent. Cem Bilhões de Neurônios. *S50 Paulo: Ed. Atheneu*, page 698, 2002.
- [27] C. M. V. Loureiro. *Musicoterapia na Educação Musical Especial de Portadores de Atraso do Desenvolvimento Leve e Moderado na Rede Regular de Ensino*. PhD thesis, UFMG, 2006.
- [28] M. Ma, A. Oikonomou, and L. C. Jain. *Serious Games and Edutainment Applications*. Springer London Dordrecht Heidelberg New York, London, 1 edition, 2011.
- [29] L. Malinverni, J. Mora-Guiard, V. Padillo, L. Valero, A. Hervás, and N. Pares. An inclusive design approach for developing video games for children with Autism Spectrum Disorder. *Computers in Human Behavior*, 71:535–549, 2017.
- [30] M. O. Mazurek and C. R. Engelhardt. Video Game Use and Problem Behaviors in Boys with Autism Spectrum Disorders. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 7:316–324, 2013.
- [31] M. O. Mazurek, C. R. Engelhardt, and K. E. Clark. Video Games from the Perspective of Adults with Autism Spectrum Disorder. *Computers in Human Behavior*, 51(PA):122–130, 2015.
- [32] Metacritic. Best Video Games of 2015 - Metacritic, 2015.
- [33] Metacritic. Best Video Games of 2016 - Metacritic, 2016.
- [34] E. R. Miranda and M. M. Wanderley. *New digital musical instruments: control and interaction beyond the keyboard*, volume 21. AR Editions, Inc., 2006.
- [35] J. Novak. *Game Development Essentials Third Edition*. Delmar Cengage Learning; 3 edition (August 17, 2011), NY, third edit edition, 2012.
- [36] D. Ortega, F. L. Cibrian, and M. Tentori. BendableSound: A Fabric-based Interactive Surface to Promote Free Play in Children with Autism. *17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers & Accessibility*, pages 315–316, 2015.
- [37] D. R. Patel, D. E. Greydanus, H. A. Omar, and J. Merrick. *Neurodevelopmental Disabilities - Clinical Care for Children and Young Adults*. Springer, NY, 2011.
- [38] K. E. Ringland, R. Zalapa, M. Neal, L. Escobedo, M. Tentori, and G. R. Hayes. SensoryPaint: A Multimodal Sensory Intervention for Children with Neurodevelopmental Disorders. *UBICOMP*, page 12, 2014.
- [39] A. Tourinho, C. Bonfim, and L. Alves. Games, TDAH e Funções Executivas: Uma Revisão da Literatura. *SBGames*, 1(November):873–879, 2016.
- [40] N. Wrońska, B. Garcia-Zapirain, and A. Mendez-Zorrilla. An iPad-based Tool for Improving the Skills of Children with Attention Deficit Disorder. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(6):6261–6280, 2015.
- [41] Y. Yu, W. M. Shadd, K. A. Kleifges, L. A. Myers, P. L. Pearl, and b. Phillip Pearl. Musical Instrument Modifications for Individuals With Neurodevelopmental Disabilities. *Music and Medicine*, 2013.