

***Serial Keeper*: um audiogame simples de rememoração de padrões atonais**

Leonardo Porto Passos
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
leoportopassos@gmail.com

José Fornari
Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)
fornari@unicamp.br

Resumo: Schoenberg foi um dos compositores e musicólogos mais influentes da história da música. Sua abordagem serialista rompeu a hierarquia tonal, abrindo novos horizontes para o desenvolvimento da arte sonora. Este artigo apresenta um modelo matemático intitulado *Serial Keeper*, que se baseia no princípio serialista schoenberguiano para o desenvolvimento de um audiogame, um game acusmático com o propósito de utilização tanto lúdica quanto educacional da percepção musical atonal.

Palavras-chave: Dodecafonismo. Educação musical. Audiogame. Jogo sério. Design de jogos.

***Serial Keeper*: A Simple Atonal Music-Match Audiogame**

Abstract: Schoenberg was one of the most influential composers and musicologists in the history of music. His serialist approach broke the tonal hierarchy, opening new horizons for the development of sound art. This article presents a mathematical model called *Serial Keeper*, which is based on the Schoenbergian serialist principle for the development of an audiogame, an acousmatic game with the purpose of both playful and educational use of atonal musical perception.

Keywords: Dodecaphonism. Music education. Audio game. Serious game. Game design.

1. Introdução

Existem no mercado diversos aplicativos para ensino de percepção musical, quase todos voltados para a educação das escalas tradicionais. Na contramão disso, o presente trabalho apresenta uma proposta de “audiogame” (jogo eletrônico computacional acusmático) de música serial para o desenvolvimento da percepção intervalar musical atonal, ou seja, o método de composição com as 12 classes de alturas da escala cromática, relacionadas apenas umas às outras, sem o enfoque em uma estrutura hierárquica tonal, conforme proposto pelo dodecafonismo, método de composição musical desenvolvido por Arnold Schoenberg em 1923.

A música é uma atividade comunicacional essencialmente humana onipresente em todos os lugares e culturas desde tempos imemoriais. E assim como acontece com a música, os jogos sempre acompanharam a humanidade nas mais variadas e remotas comunidades, conforme exposto por Johan Huizinga (2012). O ato de jogar está tão enraizado na cultura humana que muitas das expressões utilizadas em nosso dia a dia fazem referência ao verbo “jogar” ou ao substantivo “jogo”: jogar limpo, jogar sujo, entregar o jogo, abrir o jogo, esconder o jogo, virar o jogo, jogo de sedução, jogo político, jogo de palavras, jogo de cena, jogo de cintura, jogo da vida, jogo duplo

etc. A relação dos seres humanos com a música e os jogos é tão profunda que é possível até que as duas atividades acabem eventualmente se relacionando, e assim, não por acaso, o verbo equivalente em inglês para “jogar um jogo”, *to play (a game)*, é a mesma empregada para referir-se ao ato de “tocar música”, *to play (music)*. O etnomusicólogo Thomas Turino (2008, p. 2) expõe essa íntima relação entre música e jogos: “O prazer por si só não explica por que as pessoas de todos as épocas e lugares (...) são universalmente atraídas por esportes, jogos e, de forma mais geral, por jogar/tocar [N. do A.: “*to play*”, em inglês], o verbo em inglês usado para denotar o fazer musical”.¹ E o autor vai além, ao afirmar que a performance musical participativa² tem mais a ver com relação social direta do que com um produto artístico acabado, e assim, passa a ser um processo social de interação, como um jogo.

Com as evoluções tecnológicas do século XX, mais especificamente a eletrônica e a digital, e o surgimento e a popularização dos videogames, a relação entre música e jogos foi se tornando cada vez mais próxima, o que ampliou as possibilidades criativas e também usos diversos, como o aprendizado musical e o desenvolvimento de percepção sonora, que foram exploradas com o *software* livre e linguagem de programação Pure Data (Pd, abordado na sessão 6) na criação de um audiogame acessível a deficientes visuais, objeto de estudo do presente artigo.

2. Jogos eletrônicos

Existem inúmeros tipos de jogos, cada qual com mecânicas, estética, propósitos, profundidade narrativa e nível de interatividade distintos, e por conta dessa diversidade de características, atraem perfis distintos de jogadores. Diante disso, é válido mencionar a definição de Roger Caillois (2017), que categoriza os jogos como uma atividade 1) livre: ninguém pode ser obrigado a jogar e a espontaneidade é fundamental para haver ludicidade; 2) separada: ocorre em espaço e tempo limitados e preestabelecidos; 3) incerta: com desenrolar e resultado indeterminados; 4) improdutiva: nada de novo e tangível é efetivamente criado; 5) regrada: algumas convenções vigentes são postas de lado e surgem novas, válidas somente durante o jogo; 6) fictícia: abarca a consciência de uma realidade diferente e específica. Isso posto, conclui-se que jogar é um ato deliberado, espontâneo, lúdico, autocentrado, com condições (espaço, tempo, regras, conduta etc.) próprias e resultado indefinido. E um jogo pode ou não ser eletrônico.

¹ “*Pleasure alone does not explain why people of all times and places (...) are universally drawn to sports, games, and more generally to play, the English verb used to denote music making.*”

² “Fazer musical como relação e atividade social entre participantes face a face; ênfase *no fazer* entre todos os presentes (*Music making as social intercourse and activity among face-to-face participants; emphasis on the doing among all present*)” (TURINO, 2008, p. 90). Thomas Turino (2008) divide os campos de atuação musical em dois grupos, cada um subdividido em dois tipos: 1) performance ao vivo: participativa e apresentacional; e 2) música gravada: alta fidelidade e áudio-arte de estúdio.

A popularização dos televisores na década de 1950 no Estados Unidos deu início, ou ao menos intensificou, a ênfase no apelo visual das comunicações, e as novas tecnologias com telas e écrans deram origem aos primeiros videogames.

Por definição, todo videogame é um jogo eletrônico, mas o contrário não se aplica. Enquanto os jogos eletrônicos centrados em conteúdo visual transmitido por meio de uma tela, ou seja, videogames, estavam se desenvolvendo e se popularizando, simultaneamente também chegavam às lojas jogos eletrônicos que continham informações visuais, mas não eram videocêntricos, ou seja, a ênfase no vídeo não era tão enfática, e o jogo podia ser perfeitamente jogado com base somente em seus recursos sonoros, o que os tornava visualmente acessíveis, caso de *Touch Me* (1974), da Atari, lançado inicialmente como jogo *arcade*³ e depois como jogo portátil, versão esta que obteve certo sucesso comercial e motivou, em 1978, a empresa Milton Bradley Company a lançar o sucesso popular *Simon* (que no Brasil recebeu o nome de *Genius* pela fabricante Estrela, em 1980).

Jogos como o *Touch Me* e *Simon* foram pioneiros por fornecer *feedbacks* visual e sonoro com mesmo grau de relevância, permitindo que fossem jogados por deficientes visuais ou sem atenção visual pelos videntes, o que não causava qualquer prejuízo quanto à experiência do jogo. Em ambos os jogos, era gerada uma sequência sonora, cada um dos quatro sons possuía um botão colorido correspondente, e a sequência de sons/cores devia ser reproduzida pelos jogadores ao apertar os botões na ordem certa, e assim a sequência era incrementada por uma nota, caso contrário, o jogador perdia o jogo se errasse a sequência ou se o tempo terminasse. Havia a possibilidade de memorização visual da sequência de cores, mas era mais intuitiva e efetiva a memorização sonora da sequência de notas, portanto, a informação visual era um complemento à informação sonora e a ênfase era dada aos sons.

É com foco no treinamento em percepção sonora e na acessibilidade visual que se apresenta o game proposto neste artigo, cuja ênfase não recai nos recursos gráficos, e sim nos recursos sonoros, ou seja, um audiogame.

3. Audiogames

Os audiogames são um tipo particular de game (o termo “game” será utilizado aqui quando não houver a intenção de fazer distinção entre videogames e audiogames), que pode ter formato de brinquedo, como o *Simon*, ou de jogo digital para computador, dispositivo móvel (celular, *smartphone*, *tablet*) ou, em casos mais raros, para consoles ou *arcades*. Nos audiogames, as informações e os *feedbacks* são transmitidos principalmente ou exclusivamente por sons, e o nível de predominância dos sons em relação aos recursos visuais configura seus subtipos: *audio-only-games* (jogos apenas de áudio), que não possuem qualquer recurso visual; e *audio-based-games*

³ Máquinas de médio formato disponibilizadas em locais públicos específicos para serem jogadas mediante a inserção de moedas.

(jogos baseados em áudio), que contam com poucos elementos visuais utilizados como reforço para a percepção dos estímulos auditivos (ROVITHIS; MNIESTRIS; FLOROS, 2014, p. 1). Nos dois subtipos, os jogadores precisam se concentrar na audição para interagir efetivamente com o sistema do jogo, percorrer o seu espaço virtual, compreender a ocorrência de eventos, tomar decisões e interpretar os *feedbacks* fornecidos (ROVITHIS; FLOROS; KOTSIRA, p. 497).

A baixa ou inexistente prioridade nos recursos visuais permite maior concentração nos sons, já que não é necessário dividir a atenção com imagens e textos, o que promove o desenvolvimento de certas habilidades, que incluem o aumento da memória ecoica (ou auditiva), da capacidade de concentração e da percepção sonora. “Assim, o design de um audiogame pode desempenhar um papel inovador na pesquisa e na educação, especialmente em currículos relacionados à música e aos estudos de som”⁴ (ROVITHIS; MNIESTRIS; FLOROS, 2014, p. 1).

Os audiogames também podem ser classificados de acordo com suas mecânicas de jogo (PARKER; HEEREMA, 2008): 1) memorização de padrões: memorização de padrões específicos de sons; 2) áudio posicional: navegação ou interação com objetos dispostos no ambiente virtual 3D do game; 3) *inputs* por comando de voz: reconhecimento de linguagem falada simples, com respostas específicas, e não falas livres; 4) ritmo de sincronização: sincronizar o ritmo com outras atividades; 5) *input* de som relacional a uma música: uso de qualidades tonais de entrada de som como uma combinação para uma peça musical existente; 6) interação por meio de gestos: uso de *mouse*, *touchpad* ou tela sensível ao toque para criar vinhetas musicais e sons; 7) controle por movimentos: uso de gestos e movimentos humanos para controlar sons e música por meio de sensores de movimento.

As classificações de mecânicas relevantes para o presente estudo são a memorização de padrões e o *input* por comando de voz, com vias ao desenvolvimento e à implementação de um *only-audio-game* baseado em percepção musical atonal, a partir do conceito de dodecafonismo desenvolvido por Arnold Schoenberg.

4. Schoenberg e a série dodecafônica

Celebrado como um dos mais influentes compositores do século XX, o austríaco Arnold Schoenberg (1874-1951) foi um artista à frente de seu tempo, cuja obra foi amplamente estudada por grandes intelectuais.

Schoenberg não foi o primeiro a romper com o formalismo tonal – o termo “atonalismo” apareceu pela primeira vez em 1907, na tese de doutorado do compositor austríaco Joseph Marx (1882-1964), enquanto estudava Filosofia e História da Arte na Universidade de Graz (MARX, 2009) –, mas foi o proponente, em 1921, de uma nova forma de fazer musical, com o método *Twelve-Tone Technique*, também conhecido

⁴ “Thus, AG-design can play a groundbreaking role in research and education especially on curricula related to music and sound studies.”

como *Twelve-Tone Serialism* ou dodecafonismo, que, nas palavras do compositor, consistia em um método de composição com 12 tons relacionados apenas uns com os outros,⁵ ou seja, livre das amarras hierárquicas do tonalismo, no qual existe precedência de uma nota sobre as demais.

A técnica dodecafônica visa assegurar que todas as 12 classes de alturas da escala cromática soem com a mesma regularidade, evitando a ênfase de qualquer umas das notas com o uso de “linhas de tons”, e assim, as 12 classes de alturas cromáticas compartilham o mesmo nível de importância, fazendo com que a música se esquive ou se distancie da tonalidade, sem que haja preponderância de uma nota em relação às demais, ou seja, não há hierarquia de tons, conforme explicita George Perle:

No sistema dodecafônico de Schoenberg, todas as relações de tom que governam um determinado contexto musical são referentes a uma ordenação linear específica das 12 notas da escala semitonal. Nenhum registro, duração, timbre ou intensidade – em outras palavras, nenhum atributo diferente daquele representado pelo nome da classe de tom do que é informalmente chamado de “nota”) – é definido por esta permutação referencial da escala semitonal, uma permutação denotada pelo termo “linha”, “série” ou “conjunto”⁶ (PERLE, 1991, p. 2).

Há quatro premissas para a linha de tom: 1) o conjunto compreende todas as 12 classes de alturas da escala cromática, dispostas em uma ordem linear específica; 2) nenhuma nota aparece mais de uma vez no conjunto; 3) o conjunto é estatístico em qualquer um de seus aspectos lineares: primo, inversão, retrógrado e inversão retrógrada; e 4) o conjunto em cada uma de suas quatro transformações, os aspectos lineares, é estatístico em qualquer grau da escala semitonal.⁷

Diante da relevância da série dodecafônica de Schoenberg para a música moderna e contemporânea e das possibilidades criativas que ela suscita, foi desenvolvido o objeto de estudo do presente artigo, o protótipo de um audiogame para reconhecimento de padrões de séries de *Twelve-Tone Technique*.

⁵ “*Method of composing with twelve tones which are related only with one another*” (SHAWN, 2016).

⁶ “*In Schoenberg’s twelve-tone system all the tone relations that govern a given musical context are referable to a specific linear ordering of the twelve notes of the semitonal scale. Neither register, duration, timbre, or intensity – in other words, no attribute other than that represented by the pitch-class name of what is informally called a ‘note’ – is defined by this referential permutation of the semitonal scale, a permutation denoted by the term ‘row’, ‘series,’ or ‘set’.*”

⁷ “*1) The set comprises all twelve notes of the semitonal scale, arranged in a specific linear order. 2) No note appears more than once within the set. 3) The set is stable in any of its linear aspects: prime, inversion, retrograde, and retrograde-inversion. 4) The set in each of its four transformations (that is, linear aspects) is stable upon any degree of the semitonal scale*” (PERLE, 1991, p. 2-3).

5. O fenômeno da percepção sonora

Destacou-se ao longo do presente artigo que o principal objetivo do audiogame proposto é o treinamento em percepção musical atonal, mais precisamente a série dodecafônica de Schoenberg. Diante desse intento, são importantes as propostas de Lars Edlund em seu livro *Modus Novus: Studies in Reading Atonal Melodies* (1963, p. 13), no qual se propõe o treinamento auditivo como um estudo concreto para o desenvolvimento da compreensão consciente e clara das estruturas musicais. Porém, com o rompimento das estruturas tonais, a música atonal do século XX não possui os mesmos princípios estruturais lógicos que servem de base para os métodos tradicionais de treino da percepção auditiva. Conforme o autor, a maior parte das pessoas percebe um intervalo musical a partir de referências entre tonalidade maior ou menor, o que pode ser atribuído ao fato de nossas referências da infância serem intimamente ligadas às progressões musicais tonais. Pessoas que normalmente são capazes de distinguir notas de uma melodia tonal cantada ou tocada num instrumento nem sempre se veem com a mesma habilidade quando se trata de uma melodia atonal.

Ainda de acordo com Edlund (1963, p. 15-16), nos exercícios de percepção musical relacionados a melodias maiores e menores, a interpretação das notas pode funcionar perfeitamente, já que está ligada à memória, e nesse caso, a melodia a ser distinguida provavelmente é relacionada com a nota absoluta e sua tonalidade maior ou menor, cuja fórmula foi memorizada pelo ouvinte. Mas as pessoas raramente têm noção do intervalo que estão ouvindo e não possuem noção da função tonal do intervalo no contexto musical, e assim, sentem-se desconfortáveis quando são confrontadas com exercícios de leitura melódica em que as funções da tonalidade foram rompidas ou estão enfraquecidas, e assim a memorização de alturas se torna ineficaz quando é necessário reconhecer intervalos musicais. O autor propõe uma solução prática para esse tipo de problema:

Aqueles que ostentam o chamado ouvido absoluto normalmente possuem uma deficiência na leitura de melodias atonais. Eles possuem uma dificuldade na leitura de padrões melódicos, não considerando os intervalos isolados. No entanto, esses mesmos alunos muitas vezes reagem com grande precisão a notas erradas em um exemplo atonal. É muito importante que esse tipo de aluno pratique as combinações intervalares e os desenhos melódicos desse livro. *Ao fazer isso, eles devem pensar mais a respeito dos intervalos e de suas funções melódicas do que no nome das notas*⁸ (EDLUND, 1963, p. 16).

⁸ “*Those who can boast of having so-called, absolute pitch are thus often deficient in atonal melody-reading. They have difficulty in reading the melodic patterns, apart from separate intervals. These same pupils, however, may often react with great accuracy to wrong nota in an atonal example. It is very important that this type of pupil should consciously practise producing the interval combinations and melodic designs that are of fundamental importance in this book. In doing so they should think more of the intervals and their melodic function than of the actual names of the notes.*”

Assim, o protótipo de audiogame apresentado no presente estudo é pertinente ao treinamento de percepção musical proposto por Edlund (1963), já que é “livre” dos padrões tonais e focado na música atonal, além de ser uma ferramenta que propicia um treinamento envolvido pela ludicidade típica dos jogos.

Cabe aqui a questão levantada por Elizabeth W. Marvin (1988, p. 32): “Uma melodia composta por 12 classes distintas de alturas sem hierarquia tonal pode ser retida na memória?”.⁹ A autora utiliza o conceito de contornos melódicos¹⁰ para estabelecer a capacidade humana de percepção musical mesmo quando não há treinamento musical envolvido:

Em melodias não tonais de menos de 15 tons, dado o mesmo padrão rítmico ou semelhante, os ouvintes são capazes de perceber a equivalência ou semelhança entre contornos melódicos mais facilmente do que entre conjuntos de classes de afinação em configurações melódicas, uma vez que apenas estes últimos requerem que os sujeitos percebam informações intervalares¹¹ (MARVIN, 1988, p. 64).

Ainda nas palavras de Marvin (1988, p. 66), “(...) os teóricos da música reconhecem o fato de que os ouvintes podem perceber semelhança ou equivalência entre os contornos de duas frases independentemente de reconhecer com precisão as relações de classe de tom ou intervalo entre elas (...)”.¹² Experimentos demonstram que a altura ou o intervalo são mais proeminentes na memória de longo prazo, enquanto a informação de contorno é mais saliente na memória de curto prazo. As informações de contorno ficam evidentes após a escuta inicial, mas as informações de intervalo são mais resistentes ao esquecimento para ouvintes treinados em percepção intervalar (MARVIN, 1988, p. 194).

De acordo com Friedmann (1990, p. xx), há duas estratégias para que os ouvintes sejam mais receptivos e familiarizados à música atonal: utilizar respostas instintivas aprimoradas à música para substituir uma adesão habitual a expectativas baseadas em músicas tonais; e refinar o aparato mental-auditivo para dar suporte intelectual à habilidade auditiva instintiva. O autor propõe o treinamento auditivo para fomentar a percepção sonora de estrutura melódicas não tonais, o que é

⁹ “*Can any melody comprised of twelve distinct pitch classes be retained in memory in the absence of a tonal hierarchy?*”

¹⁰ Contornos melódicos são abstrações musicais de fácil compreensão e se referem aos movimentos ascendentes e descendentes das alturas de uma melodia ao longo do tempo (SAMPAIO; POCHAT, 2016, p. 12).

¹¹ “*In non-tonal melodies of fewer than 15 tones, given the same or similar rhythmic pattern, listeners should be able to perceive equivalence or similarity among musical contours more easily than among pitch-class sets in melodic settings, since only the latter requires subjects to perceive intervallic information.*”

¹² “*(...) Music theorists recognize the fact that listeners may perceive similarity or equivalence among the contours of two phrases quite apart from accurately recognizing pitch-class or intervallic relationships between them (...)*”.

particularmente interessante para o protótipo do audiogame de reconhecimento de séries dodecafônicas.

Diante do exposto, acreditamos que o audiogame proposto pode ser uma ferramenta de grande valia para treinamentos de percepção sonora com base nas metodologias de Edlund (1963) e Friedmann (1990) e no conceito de contornos melódicos de Marvin (1988).

6. *Serial Keeper*: um protótipo de audiogame

O Pd¹³ é um ambiente de programação visual de código aberto para o desenvolvimento de *softwares*, com ênfase em aplicações musicais e multimídia, que incluem controlar, processar e sintetizar sons, vídeos e manipular dispositivos MIDI e de entrada. Ainda que seja um excelente recurso aos compositores e *designers* de som, o Pd ainda é pouco utilizado em games. Um possível motivo para isso pode ser a limitação de integração com as *engines* para desenvolvimento de games. A biblioteca LibPdIntegration¹⁴ (criada a partir da biblioteca LibPd) permite a integração do Pd com a Unity, uma das principais *engines* disponíveis no mercado, e atualmente é compatível apenas com Windows, OSX, Linux e iOS, ou seja, os games desenvolvidos para consoles, *web* e dispositivos móveis não podem contar com essa integração via LibPdIntegration. Foram realizados testes com as bibliotecas LibPdIntegration, Heavy, libpd4unity e Kalimba para o desenvolvimento de um audiogame para dispositivos móveis (Android), mas todas apresentaram problemas. Diante disso, optou-se pelo desenvolvimento de um audiogame a ser executado como *standalone* (programas autossuficientes, cujo funcionamento não depende de um software auxiliar para que seja executado) em sistema operacional Windows.

Com a Unity, é possível ter acesso à biblioteca de reconhecimento de fala nativa do Windows (UnityEngine.Windows.Speech) para a utilização de *inputs* por comando de voz, o que tornou o audiogame proposto acessível a deficientes visuais.

A intenção do *Serial Keeper* é ser um audiogame do tipo *audio-only-game* para sistema operacional Windows, que propicia o desenvolvimento da percepção musical por meio da memória ecoica e da capacidade de concentração, como faziam os primeiros jogos do gênero (*Touch Me* e *Simon*), e é voltado ao treinamento de percepção de séries dodecafônicas, com a utilização de mecânicas do tipo rememoração de padrões. O desenvolvimento da percepção sonora e do reconhecimento de padrões sonoros é aprimorado pela ludicidade própria dos jogos, o que torna o audiogame proposto uma ferramenta de grande potencial para a educação musical ao tornar o aprendizado mais leve, fluido e até mesmo mais interessante e envolvente, com suas capacidades potencializadas por conta da ausência ou baixa relevância dos recursos visuais, o que faz com que a concentração do jogador aos sons seja maior, já que ele está livre das

¹³ Ver: <<http://puredata.info/>>.

¹⁴ Ver: <<https://github.com/LibPdIntegration>>.

distrações que poderiam ser ocasionadas por conta da profusão de imagens (MEIRA; BLIKSTEIN, 2020).

O protótipo do *Serial Keeper* aqui descrito apresenta duas sequências melódicas (em escala cromática e dentro de uma oitava) acusmáticas de 12 classes de alturas geradas aleatoriamente (criadas em tempo real por síntese sonora), e o jogador deve decidir se as duas sequências são ou não idênticas, e escolher entre a opção “iguais” ou “diferentes”, pronunciando as palavras equivalentes como *input* da sua escolha. Se acertar, o jogador recebe um ponto, caso contrário, perde um ponto. Em qualquer um dos casos, duas novas melodias são geradas para o jogador fazer novamente a sua escolha. Quando atinge um determinado número de pontos, o jogador sobe para o próximo nível, e agora as melodias são reproduzidas em uma velocidade mais baixa (ver o final desta sessão). Assim o jogo prossegue, com a diminuição gradual da velocidade de execução das melodias apresentadas a cada novo nível que o jogador atinge. No último nível, $n=8$, se o jogador atinge o número máximo de pontos, o jogo termina.

Com os comandos de voz “descer” e “subir”, o jogador tem a opção de baixar ou aumentar o volume da execução das melodias do jogo. Há também o comando de voz “tocar”, que aciona um botão *bang* no *patch*¹⁵ do Pd para que duas novas melodias sejam geradas, tanto no início do jogo ou caso ele não tenha conseguido identificar a diferença ou semelhança entre as duas últimas melodias geradas.

Para a programação do *patch* do protótipo do *Serial Keeper*, foi necessária a utilização de um objeto – *urn*, disponível com o *deken*¹⁶ Cyclone – para a criação de sequências numéricas aleatórias que não se repetem.

O protótipo do *Serial Keeper* gera sequências de séries de Schoenberg (as 12 classes de alturas da escala cromática que não se repetem, dentro de uma oitava), iniciando com velocidade alta e desacelerando a cada nova série. O usuário escuta as séries e decide se são similares.

As principais etapas do algoritmo deste protótipo são descritas a seguir:

1. Inicia o jogo com pontuação $p=5$ e número de notas da sequência inicial $n=2$;
2. Gera e armazena uma série de 12 notas $s1(n)$;
3. Toca (*playback*) $s1(n)$ (sempre na mesma tonalidade);
4. Gera e armazena a segunda série $s2(n)$, que pode ser:
 - 4.1. Cópia da sequência anterior $st(n)$, ou
 - 4.2. Uma nova série $sn(n)$;
5. Toca (*playback*) $s2(n)$ (sempre na mesma tonalidade);
6. Habilita uma decisão do usuário:
 - Se $s2=st$ (4.1), a decisão correta do usuário é considerá-las similares ($=$),
 - Senão (4.2), a decisão correta do usuário é considerá-las diferentes (\neq),

¹⁵ Unidades modulares e reutilizáveis de código escritas em Pd e usadas como programas independentes, que podem conter inúmeros *patches* interligados.

¹⁶ Ver: <<https://puredata.info/docs/faq/deken>>.

- Se o usuário acertar, o canvas central fica verde e incrementa p, caso contrário, o canvas fica vermelho e decrementa p;
7. Condicionais: se $p \geq 10$, incrementa n. Se $p=0$ ou $n \geq 8$, o canvas central fica preto e encerra o jogo. Caso contrário, volta a (1).

Com base na metodologia de pesquisa-ação¹⁷ (TRIPP, 2005), na realização de testes com o protótipo do *Serial Keeper* pelos autores do presente artigo, foram levantadas evidências empíricas que atestam que, quanto menor a velocidade de execução das duas séries dodecafônicas, mais difícil fica a identificação da semelhança ou distinção entre as melodias apresentadas, o que vai de encontro ao apresentado por Marvin (1988, P. 35): “[os sujeitos] (...) ouviam cada série apenas duas vezes, em um andamento tão lento (uma altura por segundo) que a retenção de toda a série se tornava extremamente difícil”.¹⁸

Conclusões

Este artigo apresentou o protótipo (programado em Pd) de um audiogame, aqui chamado de *Serial Keeper*, cujo propósito é o treinamento de percepção musical atonal, mais precisamente de séries dodecafônicas de Schoenberg a partir da criação de classes de alturas cromáticas aleatórias que não se repetem dentro de uma mesma série. Trata-se de um vasto campo a ser explorado por compositores, *designers* de efeitos sonoros e *designers* de jogos. Uma das possibilidades, por exemplo, seria a criação de um quebra-cabeça sonoro, no qual o jogador terá que reconhecer séries dodecafônicas para conseguir avançar no jogo, a ser utilizado como microgame dentro de uma fase específica de um game.

Como evidência empírica levantada pelos autores do artigo durante as realizações de testes do audiogame, verificou-se que, ao contrário do que se imaginava, velocidades mais baixas na execução das séries dodecafônicas tornam o game mais difícil. Assim, este artigo traz uma contribuição para o estado da arte, pois a música atonal costuma ser percebida como carente de significado musical (*musical meaning*), e neste sentido, talvez a velocidade contribua para a emergência de significado.

O audiogame *Serial Keeper* pode ser utilizado em conjunto com os métodos de educação musical e percepção sonora de Edlund (1963) e Friedmann (1990) e com o conceito de contornos melódicos de Marvin (1988).

Como possibilidade de implementações futuras, há a intenção de ampliar o protótipo do audiogame para torná-lo mais complexo e abrangente, com o

¹⁷ “(...) ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela. Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação” (TRIPP, 2005, p. 446).

¹⁸ “(...) they heard each series only twice, at a tempo so slow (one pitch per second) that retention of the entire series was made extremely difficult.”

reconhecimento de melodias de outros sistemas atonais além do serialismo dodecafônico, bem como incluir novas mecânicas de jogo, com aumento progressivo na quantidade de notas das séries, iniciando em um intervalo (apenas duas notas), seguindo para uma série baseada em tricordes (três notas), depois tetracordes etc.

Referências

- CAILLOIS, Roger. *Os jogos e os homens: a máscara e a vertigem*. Petrópolis: Vozes, 2017.
- EDLUND, Lars. *Modus Novus: Studies in Reading Atonal Melodies*. Copenhagen: AB Nordiska Musikförlaget, 1963.
- FRIEDMANN, Michael L. *Ear Training for Twentieth-Century Music*. New Haven; London: Yale University Press, 1990.
- HAYDIN, Berkant; ESSER, Stefan. *Joseph Marx: Orchestral Songs and Choral Works*. Joseph Marx (Compositor). Jiří Bělohlávek (Intérprete, maestro), Christine Brewer (Intérprete, soprano). Colchester; Essex (UK): Chandos Records, 2009. Compact Disc. Encarte, p. 9. Available at: <https://www.chandos.net/chanimages/Booklets/CH10505.pdf>.
- HUIZINGA, Johan. *Homo ludens: o jogo como elemento da cultura*. 7. ed. São Paulo: Perspectiva, 2012.
- MARVIN, Elizabeth West. *A Generalized Theory of Musical Contour: Its Application to Melodic and Rhythmic Analysis of Non-Tonal Music and its Perceptual and Pedagogical Implications*. Rochester (NY), 1988. Tese (Doutorado em Filosofia) – Department of Theory, Eastman School of Music, University of Rochester
- MEIRA, Luciano; BLIKSTEIN, Paulo (Orgs.). *Ludicidade, jogos digitais e gamificação na aprendizagem*. Porto Alegre: Penso, 2020.
- PARKER, J. R.; HEEREMA, John. Audio Interaction in Computer Mediated Games. *International Journal of Computer Games Technology*, v. 2008, Article ID 178923, 2008.
- PERLE, George. *Serial Composition and Atonality: An Introduction to the Music of Schoenberg, Berg, and Webern*. 6. ed. Berkeley; Los Angeles; Oxford: University of California Press, 1991.
- ROVITHIS, Emmanouel; FLOROS, A.; KOTSIRA, L. Educational Audio Gamification: Theory and Practice. In: EUROPEAN CONFERENCE ON E-LEARNING (ECEL), 17., 2018, Atenas. *Proceedings...* Athens, 2018, p. 497-505.
- ROVITHIS, Emmanouel; MNIESTRIS, A.; FLOROS, F. Educational audio game design: sonification of the curriculum through a role-playing scenario in the audio game ‘Kronos’. In: AUDIO MOSTLY, 9., out. 2014, New York. *Proceedings...* New York: Association for Computing Machinery, 2014. p. 1-6.

- SAMPAIO, Marcos da Silva; POCHAT, Alex. Aplicação de contornos na composição musical. In: SCHWEBEL, Heinz Karl (Org.). *Perspectivas de interpretação, teoria e composição musical*. Salvador: EDUFBA, 2016.
- SHAWN, Allen. *Arnold Schoenberg's Journey*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2016.
- TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 31, n. 3, pp. 443-466, 2005.
- TURINO, Thomas. *Music as Social Life: The Politics of Participation*. Chicago: The University of Chicago Press, 2008.