

Sistemas Digitais Interativos

MM0027

# **Audio-Visual Interactions**

---

Mariana Serrão - 202109927

**2024 / 2025**

---

## **Índice de Conteúdos**

|  |    |
|--|----|
| 1. Contexto do trabalho .....            | 3  |
| 2. Trabalho Relacionado e Artistas ..... | 5  |
| 3. Arquitetura Técnica.....              | 8  |
| Bibliografia.....                        | 10 |

## **Índice de Figuras**

|  |   |
|--|---|
| Figura 1 - Lógica do Jogo .....                                | 3 |
| Figura 2 - Diagrama de Bongers.....                            | 4 |
| Figura 3 - Interactive Piano Painting de Ivan Guaderrama ..... | 5 |
| Figura 4 - Projeto de Leo Giardi.....                          | 6 |
| Figura 5 - Simon Game .....                                    | 7 |
| Figura 6 - Diagrama com Lógica do Projeto .....                | 9 |

## 1. Contexto do trabalho

**Generative Music** é um conceito que foi popularizado por Brian Eno na década de 1990, referindo-se à criação de música que está em constante transformação e evolução, sem a necessidade de intervenção direta do compositor. Em vez de uma peça musical fixa e predeterminada, a música gerada por sistemas computacionais segue algoritmos e regras predefinidas, permitindo que o processo criativo seja deixado ao sistema. O resultado é, portanto, sempre único e nunca igual, sendo que a música muda com base em variáveis e parâmetros definidos pelo próprio sistema.

Por sua vez, **Computer Audition** (CA) trata-se do campo da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de algoritmos que permitem que sistemas de computador "ouçam" e interpretem sinais de áudio. Isso envolve a simulação de processos auditivos humanos, como o reconhecimento de sons e padrões musicais, e é fundamental para permitir que as máquinas compreendam e respondam ao som de maneira inteligente. A audição computacional utiliza técnicas de processamento de sinais, modelagem auditiva e aprendizado de máquina, permitindo, por exemplo, que um sistema reconheça notas musicais, analise o timbre de diferentes instrumentos ou até mesmo identifique fontes sonoras.

O presente projeto, denominado **Follow the Keys**, trata-se de uma aplicação interativa que combina a música generativa com a detecção de gestos, proporcionando um jogo simples em que o utilizador interage com um piano virtual com o movimento do seu dedo indicador. Através da captura de vídeo em tempo real, o sistema deteta o movimento do dedo do utilizador e utiliza essa informação para pressionar as teclas do piano na interface.

O objetivo do jogo é seguir uma sequência de notas, gerada aleatoriamente pelo sistema, tocando as teclas na ordem correta ao posicionar o dedo indicador sobre as mesmas. O número de notas da sequência depende do nível de dificuldade, aumentando uma unidade a cada nível. Ou seja, no nível 2, a sequência terá duas notas; no nível 3, três notas, e assim por diante. Caso o utilizador clique numa tecla errada, o jogo reinicia e a dificuldade é restaurada ao nível inicial.

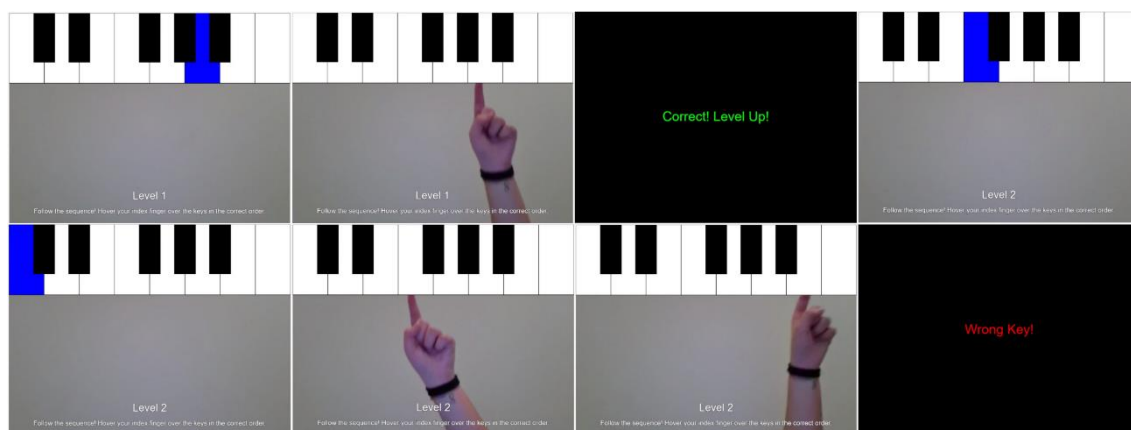


Figura 1 - Lógica do Jogo

A interação baseia-se em princípios de usabilidade intuitiva, permitindo que o utilizador tenha controlo direto sobre as teclas do piano visíveis no ecrã, utilizando apenas o movimento do dedo indicador. Este tipo de interação cria uma experiência fluida e responsiva. A deteção dos gestos é realizada pela biblioteca ml5.js, através do modelo HandPose, que identifica a posição precisa do dedo indicador do utilizador, permitindo-lhe controlar as teclas de forma natural. O sistema gera a sequência de notas de maneira aleatória, oferecendo uma experiência única a cada jogo.

O jogo foi desenvolvido para um público diversificado, oferecendo uma experiência educativa e envolvente, acessível a todos, independentemente do nível de experiência musical prévia. O design intuitivo e a interface simplificada garantem uma interação fluida e acessível, permitindo que qualquer utilizador, independentemente das suas competências, participe de forma agradável e sem dificuldades.

Este projeto alinha-se com o modelo de interação de Bongers, destacando a relação bidirecional entre o utilizador e o sistema. O diagrama ilustra como o utilizador interage com o jogo através de diferentes canais sensoriais, como a visão e a audição, para controlar o jogo. O jogador utiliza a visão para observar as teclas do piano e a audição para ouvir as notas tocadas, enquanto os movimentos da mão são captados por um sistema de rastreamento de mãos. O sistema responde com feedback visual, alterando a cor das teclas e exibindo mensagens de estado, como "Correct! Level Up!" ou "Wrong Key!", e feedback auditivo, tocando as notas que o jogador pressionou. A interação repete-se à medida que o jogador avança para o nível seguinte após acertar a sequência, ou volta ao início, com a sequência reduzida, caso cometa um erro. Este ciclo contínuo de interação cria uma experiência dinâmica, onde o jogador é constantemente desafiado a memorizar e a reproduzir corretamente a sequência de notas.

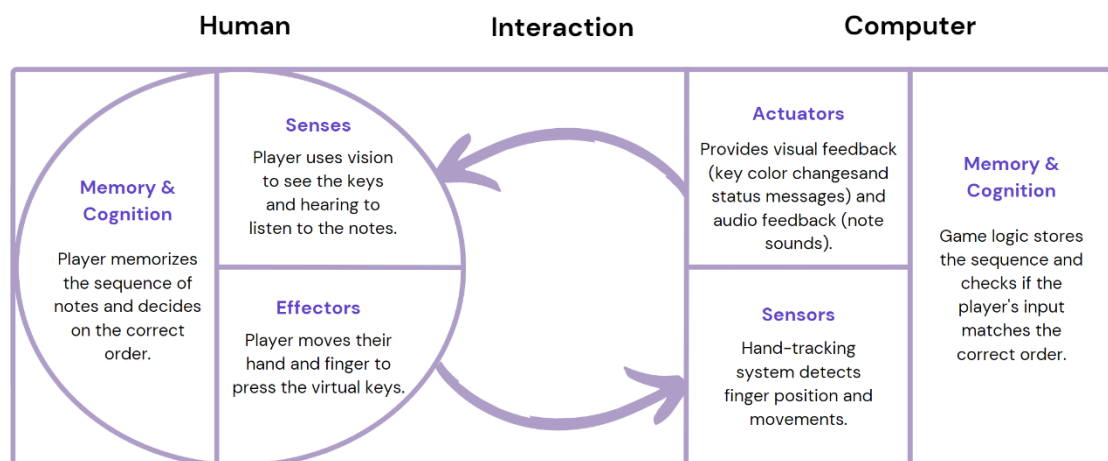


Figura 2 - Diagrama de Bongers

## 2. Trabalho Relacionado e Artistas

No desenvolvimento do jogo interativo *Follow the Keys*, foram analisados diversos projetos que exploram a interação por gestos e a tecnologia de detecção de movimento, com o objetivo de enriquecer a experiência digital. Dois exemplos relevantes que serviram como inspiração para o projeto foram o *Interactive Piano Painting* de Ivan Guaderrama e a instalação no tema de *Body Movement* de Leo Giardi, apresentada numa publicação da conta Creative Code Art no Instagram.

O *Interactive Piano Painting* de Ivan Guaderrama é uma obra de arte interativa que combina pintura e música. A instalação apresenta diversas pinturas de pianos onde os visitantes podem clicar nas teclas representadas na pintura, e, ao fazê-lo, sons correspondentes às notas são reproduzidos. A ideia de transformar um objeto visual, como uma pintura de um piano, numa ferramenta para gerar música através da interação do público com a obra, inspirou o conceito do jogo. Assim como o projeto de Guaderrama, o jogo também utiliza gestos para criar uma resposta musical, permitindo que o jogador interaja com o ambiente visual e sonoro. Ambos os projetos partilham a característica comum de serem baseados em pianos, sendo que, nos dois casos, a interação com as teclas resulta em sons. Além disso, ambos transformam a interação com o corpo humano numa ferramenta criativa, o que cria uma experiência imersiva e intuitiva. A experiência do projeto de Guaderrama demonstrou como a arte visual pode ser utilizada para criar uma interação musical, estabelecendo uma ligação dinâmica entre o visual e o sonoro, e essa abordagem foi adaptada e expandida no jogo *Follow the Keys*. Um vídeo demonstrativo pode ser visualizado em <https://www.youtube.com/watch?v=f8XHdEsSY-8>.



Figura 3 - Interactive Piano Painting de Ivan Guaderrama

Por outro lado, a instalação criada por **Leo Giardi** e apresentada na conta Creative Code Art no Instagram foi desenvolvida a partir do desafio semanal da plataforma, que naquele momento tinha o tema *Body Movement*. Giardi utilizou tecnologias de rastreamento de gestos, como *Mediapipe*, *TouchDesigner* e *Max/MSP*, para criar uma instalação interativa onde os movimentos das mãos geram tanto interações visuais quanto sonoras. Através dos gestos, o artista controlou simulações gráficas e gerou sons, utilizando uma interface baseada em código criativo. A resposta simultânea de som e imagem aos movimentos do corpo foi um conceito que também influenciou o desenvolvimento do *Follow the Keys*, onde os movimentos do dedo indicador acionam notas musicais e modificam o ambiente visual.

Embora o foco do projeto de Giardi esteja na criação de uma experiência artística e experimental, o uso de monitorização de gestos e a interação entre som e imagem estabelecem um paralelo com o jogo *Follow the Keys*. Ambos os projetos compartilham a ideia de utilizar o movimento humano como interface de interação, transformando o corpo numa ferramenta criativa para manipulação da música e da arte visual. A experiência proporcionada pelo uso de gestos como interface foi fundamental para o desenvolvimento do jogo, pois revelou como a introdução de aleatoriedade na interação gestual pode criar uma experiência fluida, envolvente e sempre imprevisível. A publicação pode ser consultada através do seguinte link: <https://www.instagram.com/creativecodeart/reel/C-0L4L5pn2h/>.



Figura 4 - Projeto de Leo Giardi



Além disso, o *Simon Game*, um jogo clássico lançado nos anos 70, também serviu de inspiração, principalmente pela mecânica de seguir sequências. No *Simon Game*, o jogador deve memorizar e repetir sequências crescentes de luzes e sons. De forma semelhante, no jogo *Follow the Keys*, o jogador deve seguir uma sequência crescente de notas musicais. A principal diferença está no facto de a interação no *Follow the Keys* ser baseada em gestos, com o movimento do dedo a controlar a execução das notas, e não com o pressionar de botões como no *Simon Game*. No entanto, ambos os jogos partilham a dinâmica de aumento da complexidade conforme o jogador avança, o que mantém o desafio crescente. O estudo do *Simon Game* mostrou como uma mecânica simples de sequência crescente pode ser um elemento eficaz para aumentar o desafio do jogo, enquanto mantém o jogador envolvido. Este conceito foi adaptado no *Follow the Keys* para criar uma experiência igualmente desafiante, mas com uma abordagem mais digital e interativa.



Figura 5 - Simon Game

### 3. Arquitetura Técnica

O desenvolvimento do jogo interativo *Follow the Keys* envolveu o uso das bibliotecas p5.js e ml5.js, proporcionando uma base sólida para a criação de uma experiência interativa visual e sonora. A p5.js foi essencial para a criação e manipulação dos gráficos no ambiente web, garantindo que as teclas do piano virtual fossem exibidas de forma clara no ecrã. Com ela, foi possível gerar o layout dinâmico do piano e criar a interface visual responsiva, onde o utilizador interage com as teclas ao mover o dedo indicador sobre a tela.

Por outro lado, a ml5.js desempenhou um papel fundamental na deteção de gestos do utilizador. Utilizando o modelo HandPose, a biblioteca permite a identificação em tempo real da posição e movimento do dedo indicador, o que possibilita que o utilizador controle as teclas do piano de forma precisa e intuitiva. Este modelo é treinado para reconhecer 21 pontos-chave na mão, permitindo que o sistema mapeie os gestos do utilizador com alta precisão.

A música gerada no jogo é completamente aleatória, e a cada nova jogada, o sistema cria uma sequência única de notas para o utilizador seguir. Isso garante que a experiência seja sempre diferente e personalizada, pois a sequência de notas muda a cada vez que o jogo é iniciado. A sequência segue uma lógica algorítmica simples, onde o número de notas aumenta conforme o utilizador avança nos níveis. No início, o jogo começa com uma sequência de uma nota, mas à medida que o jogador acerta as teclas, o número de notas vai crescendo, tornando o jogo mais desafiador à medida que o nível aumenta. Cada interação com o piano resulta na reprodução do som da nota correspondente, criando um ciclo contínuo entre movimento e som.

A música gerada é composta por sons específicos para cada tecla do piano, e esses sons são manipulados pela biblioteca p5.sound, que permite a execução dos arquivos de áudio com alta precisão. O feedback sonoro desempenha um papel fundamental no jogo, pois ajuda o utilizador a saber se a sua interação está a ser correta ou não. Quando o utilizador posiciona o dedo na tecla correta e acerta a nota, a resposta sonora confirma a ação, e a sequência aumenta. No entanto, se o utilizador clicar numa tecla errada, o som da tecla errada é ouvido, e o jogo reinicia para o nível inicial, onde a sequência de notas começa com apenas uma nota. Este ciclo de feedback imediato mantém a fluidez do jogo e garante que a dificuldade aumente gradualmente.

A combinação de música generativa e interação baseada em gestos cria uma experiência envolvente e dinâmica, onde o jogador não só vê as suas ações a modificar o comportamento visual do jogo, mas também ouve a música a ser moldada pela sua interação. Este sistema, que mistura aleatoriedade com feedback constante, oferece uma experiência única a cada sessão de jogo, mantendo o jogador motivado enquanto supera os desafios progressivos do jogo.



No diagrama abaixo, é explicada a interação entre o utilizador e o sistema.

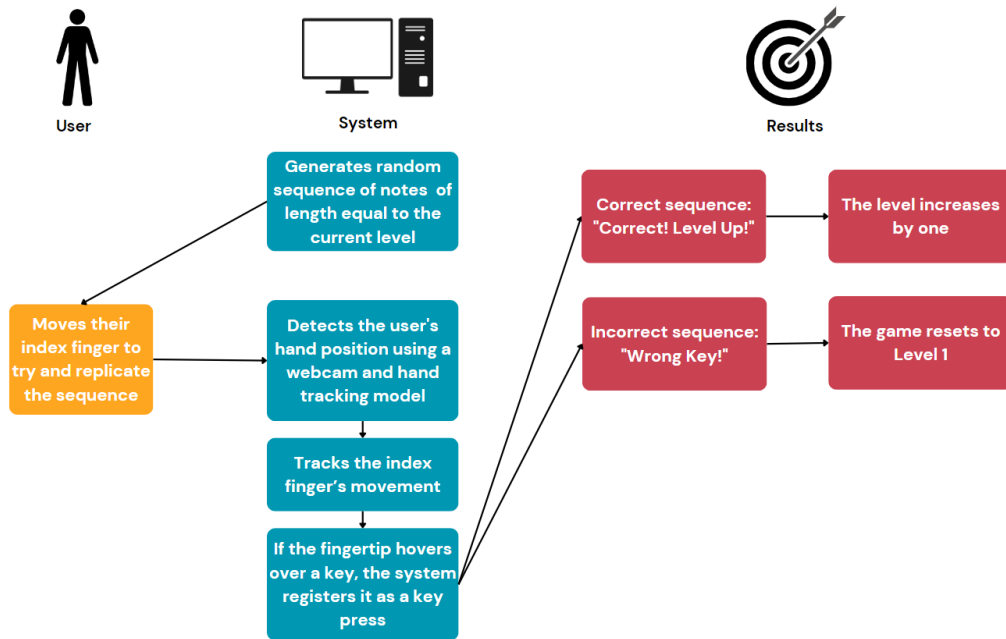


Figura 6 - Diagrama com Lógica do Projeto

## Bibliografia

Wikipedia contributors. (2024, November 7). *Generative music*. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Generative\\_music](https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_music)

Wikipedia contributors. (2024a, March 7). *Computer audition*. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer\\_audition](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_audition)

Creativecodeart. (n.d.). *Creativecodeart - Creative coding , Generative art*. Creativecodeart - Creative Coding , Generative Art. <https://www.creativecodeart.com/>

Instagram. (2024, August 18). Week 65 Prompt: “Body Movement” by @algoritmo\_multimedia. <https://www.instagram.com/creativecodeart/reel/C-0L4L5pn2h/>