

De Carne e Aço: criatividade computacional na música e na questão do corpo

Of Flesh and Steel:
computational creativity in music and the body issue

Mattia Merlini¹

Universidade de Milão (Itália)

Stefano Nicoletti²

Universidade de Twente (Países Baixos)

Tradução: Pedro Vaz³

FCSH Nova Lisboa (Portugal)

pedrovazhhh@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9405-8734>

Submetido em 28/10/2024

Aprovado em 14/03/2025

Nota do tradutor

O texto discute a limitação da criatividade dos agentes artificiais, destacando a questão da mediação entre artista e utilizador. Argumenta-se que, embora a IA possa criar música de maneira tecnicamente sofisticada, ela carece da experiência corporal e da consciência humana, essenciais para compreender e transmitir plenamente o significado e a emoção da música. Essa mediação direta entre o artista e o utilizador, que ocorre através do corpo e da experiência, é crucial para uma compreensão mais profunda da música, algo que as máquinas não conseguem replicar devido à ausência de um corpo físico e de vivências humanas. Como investigador na área de arte e mediações, acredito que a tradução de um artigo desta natureza permita ampliar aquela que é a rede de estudo acadêmico alusivo às potências contemporâneas de mediação, e promover uma cultura de arte participativa na qual o utilizador integra de forma ativa nas novas práticas e estéticas de comunicação da arte contemporânea. Deste modo, o texto oferece uma reflexão profunda e plural sobre a relação entre criatividade humana e criatividade computacional, com foco específico na vertente musical. A introdução começa por estabelecer um contexto relevante no destaque da transformação da maneira como interagimos com o mundo através dos avanços tecnológicos, delegando tarefas antes consideradas exclusivamente humanas a agentes artificiais. Essa premissa é bem fundamentada referenciando pensadores que discutem a integração crescente entre humanos e máquinas, como Luciano Floridi. No entanto, o texto ultrapassa a mera descrição tecnológica ao propor uma análise crítica sobre como essas mudanças desafiam noções tradicionais de inteligência e criatividade. A estrutura do artigo é clara e organizada, dividindo-se em seções que abordam desde técnicas de geração de música computacional até questões filosóficas e neurocientíficas relacionadas à criatividade. A argumentação é consistente, apoiada por uma ampla gama de referências teóricas e exemplos concretos, como o sistema EMI de David Cope e a música gerada por algoritmos evolutivos. Isso demonstra um esforço significativo em conectar teoria e prática, enriquecendo a discussão com aplicações reais no campo da música computacional. Um dos pontos fortes do texto é a identificação de quatro questões centrais que diferenciam a criatividade humana da computacional: o corpo, o social, a experiência e a consciência. Essas questões são apresentadas como barreiras intrínsecas à capacidade das máquinas de alcançar uma

criatividade genuína, especialmente no contexto musical. A "questão do corpo" é particularmente bem desenvolvida, com base em teorias fenomenológicas (Merleau-Ponty, Barthes) e descobertas neurocientíficas (neurônios-espelho, simulação corporificada). Essa abordagem interdisciplinar é um dos aspectos mais interessantes do texto, pois integra filosofia, ciência cognitiva e música de maneira coerente. No entanto, o texto poderia ser mais crítico em relação às limitações de sua própria argumentação. Por exemplo, a afirmação de que a música eletrônica é "fria" devido à falta de corporalidade é um ponto controverso que mereceria uma análise mais aprofundada. Embora o texto reconheça a existência de contra-argumentos (como a empatia com sons acusmáticos), a discussão sobre música eletrônica parece superficial em comparação com outras seções. Além disso, a ênfase excessiva na corporalidade como elemento central da criatividade musical pode ser questionada, especialmente em contextos onde a abstração e a desmaterialização são valores artísticos em si (como na música concreta ou em obras de vanguarda). Outro aspecto que poderia ser explorado é a relação entre criatividade computacional e colaboração humano-máquina. O texto sugere que as IAs são limitadas por sua falta de consciência e corporalidade, mas não discute de que forma a interação entre humanos e máquinas pode gerar novas formas de criatividade que transcendem essas limitações. Essa perspectiva poderia enriquecer a discussão, especialmente em um momento em que a coautoria entre humanos e IAs está se tornando cada vez mais comum. Em suma, o texto constituiu uma contribuição valiosa para o debate sobre criatividade computacional aplicada ao campo da música. Sua abordagem interdisciplinar e sua argumentação bem fundamentada oferecem insights importantes sobre as diferenças entre criatividade humana e aquela baseada em máquinas.

De Carne e Aço: criatividade computacional na música e na questão do corpo¹

Resumo

Será que algum dia as máquinas poderão tomar nosso lugar na criação de arte e, particularmente, de música? Os excelentes resultados de algumas IAs¹ conhecidas (por exemplo, EMI², *Flow Machines*³) podem nos fazer acreditar que sim. Entretanto, apesar dessas evidências, parece que as máquinas apresentam alguns limites intrínsecos, tanto em contextos criativos quanto não criativos (já destacados por John Searle e pelo debate sobre mecanismo). Os argumentos deste artigo estão centrados exatamente nessa crença: estamos convencidos de que as afirmações utópicas sobre a inteligência total das máquinas não são plausíveis e que nossa atenção deve ser direcionada para questões mais relevantes no campo da criatividade computacional. Em particular, concentramos nossa atenção no que chamamos de "questão do corpo", ou seja, o papel do corpo na experiência e na criação de música, que consideramos problemático para a ideia de uma máquina verdadeiramente criativa (mesmo se levarmos em consideração versões mais fracas da inteligência artificial). Nosso argumento baseia-se em descobertas contemporâneas da neurociência (especialmente sobre cognição incorporada) e nas teorias de Maurice Merleau-Ponty e Roland Barthes.

Palavras-chave: inteligência artificial, criatividade computacional, neurônios-espelho, cognição incorporada, simulação corporificada, corpo, criatividade, desempenho

Abstract

Could machines ever take our place in the creation of art, and particularly music? The outstanding results of some well-known AIs (e.g. EMI, Flow Machines) might make us believe that this is the case. However, despite this evidence it seems that machines present some intrinsic limits both in creative and non-creative contexts (already highlighted by John Searle and the debate around mechanism). The arguments of this paper are centered around this very belief: we are convinced that the utopian claims regarding all-round machine intelligence are not plausible and that our attention should be directed towards more relevant issues in the field of computational creativity. In particular, we focus our attention on what we call the "body issue", i.e. the role of the body in the experience and creation of music, that we consider problematic for the idea of a truly creative machine (even if we take into consideration weaker renditions of artificial intelligence). Our argument is based on contemporary findings in neuroscience (especially on embodied cognition) and on the theories of Maurice Merleau-Ponty and Roland Barthes.

Keywords: artificial intelligence, computational creativity, mirror neurons, embodied cognition, embodied simulation, body, creativity, performance¹

¹ Texto originalmente publicado por Mattia Merlini and Stefano Maria Nicoletti no INSAM – Journal of Contemporary Music, Art and Technology No. 4, Vol. I, July 2020, pp. 24–42. <https://www.insamjournal.com/index.php/ij/article/view/58/mn-4>

Introdução

Os avanços tecnológicos são, atualmente, considerados como algo natural: Os assistentes inteligentes nos ajudam a marcar nossos compromissos em nossas agendas, os algoritmos sugerem a música que devemos ouvir e o que podemos querer comprar em seguida. Nossas vidas são compartilhadas com outras pessoas pelo menos tanto quanto com dispositivos computacionais e - como diz o filósofo Luciano Floridi - "estamos cada vez mais delegando ou terceirizando a agentes artificiais nossas memórias, decisões, tarefas rotineiras e outras atividades de maneiras que serão progressivamente integradas a nós" (FLORIDI, 2016, p.94). O próprio fato de que tantas tarefas - geralmente consideradas exclusivas dos seres humanos - estão sendo delegadas a agentes artificiais desafia nossas intuições em relação à humanidade e suas características principais. Observamos essa mudança de percepção no passado, por exemplo, com o jogo de xadrez: enquanto dominar o xadrez era indiscutivelmente considerado uma marca definitiva de inteligência antes do advento dos computadores, sustentar essa consideração não é tão fácil nos dias de hoje, em que os dispositivos computacionais podem desafiar uns aos outros para estabelecer a supremacia (Silver et al. 2018).

² Mattia Merlini é doutorando na Universidade de Milão, com mestrados em Musicologia e Filosofia. Atua como assistente de ensino nas universidades IULM e de Milão, além de lecionar filosofia, ciências humanas, história e música em escolas secundárias. Como músico, compõe canções e trilhas sonoras para filmes.

³ Stefano Maria Nicoletti é doutorando na Universidade de Twente, na Faculdade de Engenharia Elétrica, Matemática e Ciência da Computação, onde trabalha no Projeto CAESAR, focado em integrar segurança e cibersegurança. Tem formação em Filosofia pela Universidade de Milão e um mestrado em Filosofia da Informação pela Universidade de Urbino, com experiência em detecção de malware e vírus.

⁴ Doutorando em Estudos Artísticos - Arte e mediações (História da arte) na Universidade NOVA de Lisboa.

⁵ IA - Inteligência artificial

⁶ *Experiments in Musical Intelligence* - Experimentos em inteligência musical.

⁷ A Flow Machines é uma ferramenta profissional de composição musical assistida por inteligência artificial (SONY, 2021). Disponível em: <https://www.sony.com/en/SonyInfo/design/gallery/flow-machines/>. Acesso em: 29 de Novembro 2024.

Assim como a inteligência, a criatividade é outro traço considerado exclusivo e característico dos seres humanos. Essa exclusividade, com relação à criatividade, parece estar sendo desafiada pelo advento dos dispositivos computacionais. Neste artigo, refletimos sobre a relação entre os agentes humanos e a música, tanto no âmbito da experiência musical quanto da criação musical, à luz das descobertas históricas e contemporâneas no campo da criatividade computacional. Mais precisamente, estamos convencidos de que há um hiato entre a criatividade baseada em máquinas (assim chamada) e a criatividade baseada no ser humano, e que essa lacuna pode ser representada por pelo menos quatro questões: a "questão do corpo", a "questão social", a "questão da experiência" e a "questão da consciência". Esboçamos anteriormente essas questões (MERLINI; NICOLETTI, 2020), sob a hipótese de que esses problemas estão entre os mais significativos no debate sobre as diferenças entre a criatividade humana e a baseada em máquina. Ao fazer isso, argumentamos que as preocupações com as Inteligências Artificiais todo-poderosas - supostamente destinadas a nos dominar em todos os contextos - não são suficientemente plausíveis e que não devemos conceder a elas prioridade sobre as questões mencionadas acima (cf. *ibid.*, o argumento da Sala Chinesa em Searle 1980 e as considerações sobre IAs fortes e fracas, bem como o mecanismo, apresentado em Aldini, Fano & Graziani 2016, Beccuti 2018 e Gödel 1951).

Neste artigo, gostaríamos de fazer uma breve introdução às técnicas mais difundidas na geração de música computacional (Seção 2), seguida de um resumo das questões mencionadas anteriormente (Seção 3). Em seguida, voltamos nossa atenção para a questão do corpo, ou seja, a importância de ter um corpo para experimentar e criar música. Nessa seção (Seção 4), argumentamos a favor dessa centralidade levando em conta principalmente algumas descobertas contemporâneas da neurociência, introduzidas pelas posições filosóficas de Roland Barthes e Maurice Merleau-Ponty. Nas Seções 5 e 6, consideramos alguns exemplos e algumas possíveis objeções como conclusão.

Esforços computacionais e geração de música

A ideia de unir criatividade e computação é, de fato, mais antiga do que a invenção dos computadores modernos. Uma das primeiras referências a essa possibilidade remonta a

Charles Babbage e Ada Lovelace, que estavam convencidos de que seu motor analítico - sob certas suposições - "poderia compor peças musicais elaboradas e científicas de qualquer grau de complexidade ou extensão" (BABBAGE, 1889, p.23). A ideia de integrar computadores e criatividade foi então adotada pelos teóricos do início da era dos computadores, como Alan M. Turing que, cerca de um século depois das ideias de Babbage:

estava produzindo (como uma brincadeira) cartas de amor programadas no computador MADM⁸ de Manchester; e haikus logo seriam gerados na máquina EDSAC⁹ de Cambridge. Ainda mais importante (ou assim pode parecer), a "criatividade" foi identificada como um dos principais objetivos no documento que planejava a *Dartmouth Summer School* de 1956. Foi nessa reunião que a inteligência artificial foi oficialmente batizada (BESOLD et al. 2015, v).

Desde esses primeiros dias, os esforços para combinar computadores e criatividade têm sido múltiplos e de natureza diversa, abordando os campos das artes visuais (consulte COHEN, 1995 e COLTON, 2012), poesia (COLTON et al. 2012) e música. O campo da geração de música - e os *Music Generation Systems* (MGS)¹⁰ em particular - viu a introdução de alguns dos mais notáveis algoritmos desenvolvidos para combinar computação e criatividade. A taxonomia descrita a seguir foi desenvolvida por Carnovalini e Rodà (2020, p.8-12), uma taxonomia que, por sua vez, se baseia no trabalho de Fernandez e Vico (2013). Apresentamos brevemente as sete categorias a fim de capturar as metodologias mais difundidas no campo da música gerada por computador, bem como alguns dos exemplos mais notáveis do ponto de vista histórico:

1. Cadeias de Markov
2. Gramáticas formais
3. Sistemas baseados em regras/constrangimentos
4. Redes neurais/aprendizagem profunda
5. Algoritmos evolutivos/genéticos
6. Caos/Autossimilaridade
7. Sistemas baseados em agentes

⁸ Manchester Automatic Digital Machine. Um dos primeiros computadores desenvolvidos na Universidade de Manchester.

⁹ Electronic Delay Storage Automatic Calculator- Um dos primeiros computadores com programa de armazenamento, desenvolvido na Universidade de Cambridge.

¹⁰ Sistemas de geração de música

A primeira categoria aborda as cadeias de Markov: são *processos estocásticos* - modelos matemáticos que evoluem ao longo do tempo de forma probabilística - em que o resultado de um determinado estado depende apenas do resultado do estado anterior (KEMENY; SNELL, 1976, p.1). Supondo que temos apenas três estados e que as probabilidades de transição de um estado para o próximo (da geração atual para a seguinte) sejam distribuídas da seguinte forma:

		Próxima geração		
		Estado	1	2
Geração atual	1	0.65	0.28	.007
	2	0.15	0.67	0.18
	3	0.12	0.36	0.52

Tabela 1

Podemos então representar esse processo específico através de um *diagrama de transição* (KEMENY; SNELL, 1976, p.2):

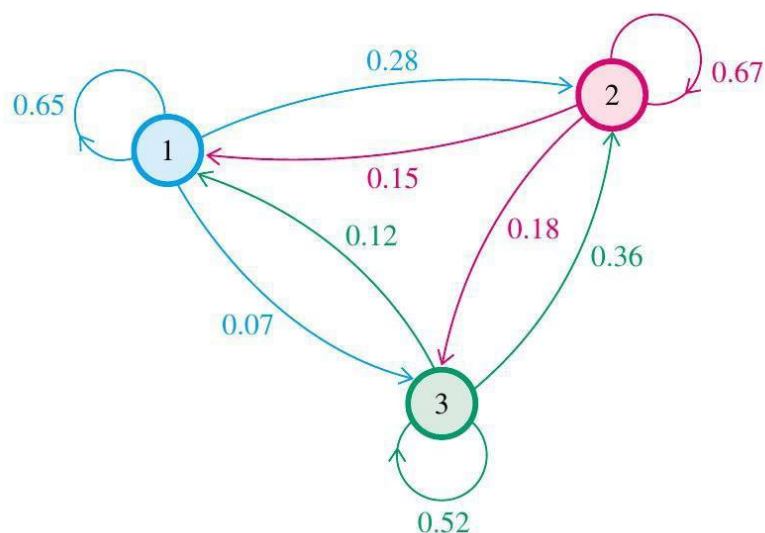


Fig. 1. Diagrama de Transição (KEMENY; SNELL, 1976, p.2)

As cadeias de Markov foram escolhidas por Anderson, Eigenfeldt e Pasquier para propor um sistema de música generativa capaz de compor EDM¹¹:

O *Generative Electronic Dance Music Algorithmic System* (GEDMAS) é um sistema de música generativa que cria composições completas de Electronic Dance Music (EDM). As composições são baseadas em um corpus de dados musicais transcritos coletados por meio de um processo de transcrição humana detalhada. Esses dados do corpus são usados para analisar as características específicas do gênero associadas aos estilos de EDM. O GEDMAS usa modelos probabilísticos e de cadeia de Markov de 1ª ordem para gerar estruturas de formas de músicas, progressões de acordes, melodias e ritmos (ANDERSON et al. 2013, p.6).

A segunda categoria, *gramáticas formais*, tem origem no trabalho de Noam Chomsky (CHOMSKY, 1957), que introduziu o conceito de gramáticas generativas:

uma gramática gerativa é composta de dois alfabetos: símbolos terminais e não terminais (ou variáveis). Um conjunto de regras de reescrita é dado sobre a união desses dois alfabetos, o que permite transformar variáveis em outros símbolos (tanto variáveis quanto terminais). A linguagem gerada é o conjunto de todas as sequências de símbolos terminais que podem ser obtidas a partir de uma variável especial escolhida como ponto de partida (geralmente chamada de S) e aplicando qualquer número de regras de reescrita em sequência (CARNOVALINI; RODÀ, 2020, p.9).

Um dos mais importantes MGS na história da criatividade computacional está intimamente relacionado - em sua essência - às possibilidades concedidas pelas gramáticas

¹¹ Música eletrônica dançante, traduzido do original *Electronic dance music*

formais: o EMI de David Cope, ou *Experiments in Musical Intelligence* (consulte COPE, 1991; e COPE, 1992). O processo combinatório que ocorre após a análise de uma peça musical é descrito como:

o reenquadramento de elementos justapostos de uma obra em ordens lógicas e musicais pode ser aprimorado com o uso de *augmented transition networks* (ATNs), uma técnica desenvolvida por pesquisadores de processamento de linguagem natural. [...] As ATNs podem ser aplicadas ao problema da música recombinante da mesma forma que à linguagem: analisar e armazenar elementos musicais e depois reutilizá-los em composições que variam, mas têm essencialmente o mesmo significado musical (variações dentro de um estilo definido) (COPE, 1991, p.26).

Os sistemas baseados em regras/constrangimentos, na terceira categoria, diferem das gramáticas generativas por não conseguirem produzir música do nada. Eles geralmente dependem de uma determinada entrada que é posteriormente moldada por meio da aplicação de *regras e restrições*: "a inclusão de regras pode ser implementada de várias maneiras, por exemplo, como uma etapa de validação final ou para refinar resultados intermediários [...] As restrições podem ser usadas para modelar recursos mais abstratos [como tensão], em vez de regras explícitas de teoria musical" (Carnovalini & Rodà 2020, 10). A ideia de aplicar regras e restrições surge bem cedo na história dos sistemas de geração de música e podemos apreciá-la nos dois primeiros movimentos da *Illiad Suite* (cf. HILLER; ISAACSON, 1958): "a música Illiac foi gerada a partir de regras que definem vários estilos (incluindo contraponto do século XVI e música de 12 tons, e uma variedade de dinâmicas e ritmos), às vezes combinados com pares de tons escolhidos por acaso" (BESOLD et al. 2015, vi).

A complexidade dos sistemas implementados aumenta na categoria de *Neural networks*¹²/*Deep Learning*. Uma vantagem notável em relação às metodologias mencionadas anteriormente é que o uso de técnicas de aprendizagem profunda (ou, em geral, de aprendizagem de máquina) pode criar *generalidade*:

ao contrário dos modelos artesanais, como os sistemas de geração de música baseados em gramática ou em regras, um sistema de geração baseado em aprendizado de máquina pode ser *agnóstico*, pois aprende um modelo a partir de um corpus arbitrário de música. Como resultado, o mesmo sistema pode ser usado

¹² As *redes neurais artificiais* são programas ou modelos de aprendizado de máquina que toma decisões de maneira semelhante ao cérebro humano, usando processos que imitam a maneira como os neurônios biológicos trabalham juntos para identificar fenômenos, pesar opções e chegar a conclusões (IBM, 2024). Disponível em <https://www.ibm.com/topics/neural-networks>. Acesso em 29 de Novembro 2024.

para vários gêneros musicais. Portanto, à medida que mais conjuntos de dados musicais em grande escala forem disponibilizados, um sistema de geração baseado em aprendizado de máquina poderá aprender automaticamente um estilo musical a partir de um corpus e gerar novo conteúdo musical (BRIOT et al. 2020, p.5).

MidiNet, o modelo proposto em Yang, Chou & Yang (2017), com base em uma rede convolucional, é capaz de “gerar melodias a partir do zero, seguindo uma sequência de acordes ou as condicionando à melodia de compassos anteriores (por exemplo, uma melodia de preparação), entre outras possibilidades”. (Ibid., 1).

A quinta categoria é dedicada aos *algoritmos evolutivos/genéticos*. Conforme declarado por Carnovalini e Rodà (2020, p.11), há três pré-requisitos principais que precisam ser atendidos para resolver um problema por meio de um *algoritmo genético*:

1. A capacidade de gerar soluções aleatórias, porém adequadas, para o problema como uma população inicial
2. Uma maneira de avaliar a "aptidão" de uma solução
3. A capacidade de mutar e recombinar essas soluções

Ao fazer isso, poderíamos operar uma seleção contínua das soluções "mais aptas" (cujo conjunto original é gerado aleatoriamente de maneira adequada) para o nosso problema em cada iteração do próprio algoritmo. Um exemplo famoso de um algoritmo desse tipo é o *GenJam*, de John Biles. Conforme explicado pelo autor, o *GenJam* é:

um modelo baseado em algoritmo genético de um músico de jazz novato que está aprendendo a improvisar. O *GenJam* mantém populações hierarquicamente relacionadas de ideias melódicas que são mapeadas para notas específicas por meio de escalas sugeridas pela progressão de acordes que está sendo tocada. À medida que o *GenJam* toca seus solos com o acompanhamento de uma seção rítmica padrão, um mentor humano fornece feedback em tempo real, que é usado para derivar valores de adequação para os compassos e frases individuais. Em seguida, o *GenJam* aplica vários operadores genéticos às populações para gerar ideias aprimoradas (BILES, 1994, p.131).

A sexta categoria é *Caos/Similaridade*. Com esses métodos, músicos e técnicos tentam gerar músicas que apresentem algum grau de auto-similaridade, seja em estruturas ou melodias. Para atingir esse objetivo, uma estratégia possível é usar autômatos celulares:

sistemas computacionais abstratos que são discretos por natureza, sendo compostos por um conjunto finito de unidades simples, ou as células (cf. BERTO; TAGLIABUE, 2017).

Os autômatos celulares são dispositivos computacionais particularmente poderosos que, com regras apropriadas, podem emular uma máquina universal de Turing e, portanto, computar qualquer coisa calculável, se aceitarmos a tese de Turing (consulte Copeland 2020, Turing 1936 e Church 1936). Uma das implementações mais famosas de autômatos celulares para geração de música é o *CAMUS*, apresentado por Eduardo Miranda (Miranda 1993). O primeiro protótipo, *CAMUS V1.0*, contava com a ação combinada de dois autômatos diferentes: o primeiro, baseado em *game of life* de John Conway (consulte BERLEKAMP, CONWAY; GUY, 1982), era responsável pela seleção do tom, enquanto o segundo era responsável pela orquestração. No entanto, apesar desses esforços, os resultados dos sistemas baseados em autômatos celulares não são particularmente empolgantes, de acordo com Carnovalini e Rodà:

os autômatos celulares tendem a gerar melodias que não são muito agradáveis e, muitas vezes, precisam de mais intervenção humana. [...] A habitual falta de valor "estético" dos resultados sugere que esse não é um bom exemplo de CC¹³, mas sim uma maneira de explorar melodias incomuns. Por essas razões, esses sistemas são indiscutivelmente menos interessantes para os profissionais de IA (CARNOVALINI; RODÀ, 2020, p.12).

A sétima e última categoria é dedicada aos *sistemas baseados em agentes*. Um agente de software é um software de certa forma autônomo, capaz de perceber e agir em relação a um determinado ambiente com alguns recursos específicos (ou seja, coleta de informações, habilidades de aprendizado ou "cooperação (com outros agentes) para realizar tarefas para seus proprietários" (NWANA, 1996, p.213). Esse tipo de software é de particular interesse para a geração de música, especialmente quando vemos a presença de vários agentes capazes de interagir uns com os outros: esse sistema é então chamado de *sistema multiagente* (VLASSIS, 2007, p.1). Um exemplo de sistema multiagente é o *Voyager*, apresentado por George Lewis:

[...] o programa *Voyager* é concebido como um conjunto de 64 'jogadores' controlados por MIDI de voz única que operam de forma assíncrona, todos gerando música em tempo real. Vários agrupamentos de comportamento sônico diferentes (e, para alguns, conflitantes), ou conjuntos, podem estar ativos simultaneamente, entrando e saindo da sincronia métrica (LEWIS, 2000, p.34).

¹³ Criatividade computacional

A *Voyager* cria essencialmente uma orquestra virtual que é capaz de improvisar de maneira concordante e pode tocar junto com um artista humano, ao qual pode reagir durante a execução. Além do esforço computacional específico, os sistemas baseados em (multi)agentes também são importantes por sua tentativa de "humanizar" os meios computacionais, um aspecto que não pode ser negligenciado quando se tenta gerar música relacionável aos seres humanos (CARNOVALINI; RODÀ, 2020, p.12).

As quatro questões

Apesar dessas conquistas notáveis no campo da criatividade computacional, argumentamos que é improvável que a criatividade real seja alcançada por qualquer entidade computacional ou baseada em IA. Conforme exposto em outro artigo (MERLINI; NICOLETTI, 2020), acreditamos que há (pelo menos) quatro questões principais que impedem as IAs de se tornarem realmente criativas. Neste artigo, vamos nos concentrar no que chamamos de "questão do corpo", mas também ofereceremos uma visão geral das outras três questões para criar um insumo para pesquisas futuras. Essas questões surgem claramente quando deixamos para trás as posições reducionistas e paramos de considerar a música como um texto isolado (e principalmente escrito). De nossa perspectiva, fica claro que a música deve ser compreendida dentro de uma estrutura que inclui seu contexto social e cultural, mas também sua natureza performática e corporal. Esses aspectos da música não são apenas complementos interessantes para a experiência e a criação da música; em vez disso, eles contribuem para a essência da própria experiência musical.

Vamos tentar nos aprofundar na primeira questão - o aspecto social da música. A qualidade "humana" da música não se refere apenas ao que é comumente chamado de "emoção". De fato, algumas IAs podem produzir músicas que criam experiências emocionais entre os ouvintes humanos e, com certeza, não há nenhuma limitação que nos impeça de acreditar que novos desenvolvimentos nesse campo possam levar a resultados convincentes. No entanto, o significado da música depende, em grande parte, de elementos sociais que são mais difíceis de vivenciar quando o ouvinte não é membro de uma determinada sociedade com sua cultura e história específicas. Os computadores podem ser capazes de criar uma

música "no estilo dos Beatles", mas essa música sempre ignorará o valor social que uma música real dos Beatles contém. A música e seus significados sempre surgem de situações tangíveis. As pessoas se reúnem em torno de certos tipos de música e sua qualidade percebida depende em grande parte de elementos que transcendem suas características formais (SPAZIANTE, 2007, p.33). Será que podemos sentir o mesmo com a música gerada por computador? E o criador agirá de forma a responder de fato às necessidades sociais da época? Pode-se concordar com David Cope (2001, p.335) quando ele argumenta que a música é uma entidade independente, já que a única coisa tangível que temos é o produto final, mas essa é uma afirmação altamente discutível.

Em segundo lugar, temos a questão da experiência, que é, até certo ponto, consequência do que foi dito acima. É fácil argumentar que os computadores podem replicar o produto final sem encontrar nenhum obstáculo relevante, especialmente quando se discute música de vanguarda construída de forma hiper-racional (ou aleatória), na qual a presença do autor tenta cometer seu suicídio definitivo. No entanto, o que perderíamos aqui não é apenas a ideia e o conceito por trás da arte, mas também o próprio processo humano que nos leva a isso. Iannis Xenakis, por exemplo, observa (2003) o quanto sua obra foi inspirada por escolhas e condições muito pessoais, como raízes culturais, interesses, ideais e a rejeição de grande parte da música de vanguarda de sua época. Sem essas experiências humanas, não há ninho adequado para que a música se torne totalmente significativa. A única experiência que um computador pode adquirir - já que não tem intencionalidade e conexões com o mundo - está manipulando 0s e 1s. Como destaca Jean-Jacques Nattiez (2007) (concentrando-se no aspecto "estético" da criatividade, que é diferente do elemento estético e tem a ver com a maneira como os ouvintes vivenciam a música), a experiência humana estabelece as condições para a criação musical: as escolhas do compositor resultam de fatores situacionais, discursos e experiências pessoais, como a opinião sobre outros compositores e suas músicas. Essa interação com o mundo não está disponível para as IAs.

Isso nos leva diretamente à terceira questão, que se concentra na consciência. Isso não tem nada a ver com emoção, intenção ou autoconsciência, o que levaria a uma quantidade desnecessária de especulações. O que estamos escrevendo aqui diz respeito à consciência em um sentido mais fenomenológico (BRENTANO, 1874), como a capacidade humana de intencionalizar o mundo e negociar com ele. Embora a posição de Searle esteja longe da tradição

fenomenológica, o problema básico por trás da inteligência artificial forte - conforme apresentado em seu argumento da sala chinesa (SEARLE,1980) - é semelhante ao nosso ponto aqui, pois trata da incapacidade das máquinas de ter uma experiência "qualitativa" do mundo. Sob essa perspectiva, as IAs fracas parecem ser a única possibilidade, e não devemos temer ser substituídos por agentes artificiais realmente criativos. Entretanto, há também um motivo adicional, sobre o qual nos concentraremos na próxima seção.

A questão do corpo

A consciência está intimamente ligada ao corpo, portanto, o lado corpóreo da experiência musical não pode ser deixado de lado quando se fala sobre o que torna a relação humana com a música tão especial - que é, afinal, o que temos feito até aqui. A forte conexão entre consciência e corpo é algo que já podemos encontrar nos pensamentos de Maurice Merleau-Ponty, que levou as reivindicações fenomenológicas a um nível totalmente novo ao enfatizar o papel de nosso corpo como carne viva em nossa experiência incorporada do mundo (MERLEAU-PONTY,1945). Suas críticas são direcionadas a concepções abstratas de consciência que não levam em conta seriamente a carnalidade de nossa existência - algo que também pode ser encontrado nas palavras de outro autor francês: Roland Barthes. Nesse caso, Barthes (1977) destaca o lado corporal esquecido da música, na forma de *música prática*, ou seja, a sensação corporal de tocar uma peça musical. Todos podem se identificar com isso ao pensar na ideia de Barthes sobre o "grão da voz" (Ibid., p.49-55), ou o lado físico da música vocal, a qualidade de seu som que transmite toda a corporalidade da emissão, a vibração das cordas vocais e o esforço da laringe. A aspereza ou a fragilidade dos vocais em uma música, o ímpeto ou a graça do cantor são qualidades que podemos sentir facilmente na música e que significam muito para nós, pois todos sabemos, até certo ponto, como é cantar. Entendemos esses valores como significativos e, posteriormente, podemos fazer uso criativo deles, apenas porque possuímos (ou somos) um corpo e podemos nos relacionar com o que os corpos que fazem música comunicam.

Isso também é válido no caso de apresentações instrumentais. Afinal, não é verdade que a música popular (e não necessariamente só ela) é geralmente composta tocando-se um instrumento (MOORE, 2001, p.56-60), que oferece recursos específicos (GIBSON, 1979) e

carrega todo um conjunto de formas corporais e sensações físicas específicas? Nesse sentido, muitas escolhas criativas são orientadas pelo corpo e grande parte da força comunicativa da música pode surgir do conhecimento corporal que temos dela, usando o instrumento como um meio para que nossos corpos imprimam seu movimento em um evento sonoro.

É claro que o que era principalmente especulação no século XX pode agora ser confrontado com descobertas científicas para acrescentar plausibilidade. Merleau-Ponty e Barthes tiveram a sorte de descrever esse processo tão cedo e muitas de suas intuições podem encontrar paralelos fascinantes nas afirmações neurocientíficas (em Corness, 2008, Merleau-Ponty foi relacionado a esse contexto). O que estamos apontando é a descoberta dos neurônios-espelho e, mais especificamente, a teorização da *simulação corporificada*¹⁴ (GALLESE, 2005. GALLESE; SINIGAGLIA, 2011; sobre a relação com a música, consulte Schiavio et al. 2014). O interesse na pesquisa sobre cognição musical incorporada está crescendo e ainda há muito a ser compreendido, mas vamos tentar mencionar pelo menos algumas das principais descobertas que podem nos ajudar a explicar a "questão do corpo" de forma mais específica. Estamos particularmente interessados no papel da simulação corporificada quando se trata de "compreender a música corporalmente", reconectando nossa experiência à do artista que estamos ouvindo - e o significado que essa experiência pode ter para nossa compreensão da música e para a criatividade.

A simulação corporificada permite que os ouvintes sintam como se estivessem realmente produzindo o som com suas próprias ações, até certo ponto, "simulando" por meio de neurônios-espelho - que são ativados quando experimentamos passivamente uma ação direcionada a um objetivo, da mesma forma que seriam quando produzíssemos ativamente essa ação, sem mediação de estados mentais nem envolvimento cognitivo. Como a ação exigida na execução da música "envolve a percepção de sequências intencionais e organizadas de atos motores como causa de informações auditivas temporalmente sincronizadas" (OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2006, p.236), a simulação corporificada parece funcionar também com a música. Para explicar melhor isso, usando as palavras de Overy e Molnar-Szakacs: "a dinâmica expressiva dos gestos sonoros ouvidos pode ser interpretada

¹⁴ A opção de tradução do original "embodied simulation" parte da definição de Vittorio Gallese do termo, baseada em uma noção de modalidade segundo a qual os estados ou processos mentais são incorporados devido ao seu formato físico corporal. (Gallese, 2005, 2007, 2014). Disponível em <https://universoracionalista.org/neurociencia-simulacao-corporificada-e-a-experiencia-estetica/>. Acesso em 7 de Dezembro de 2024.

em termos da dinâmica expressiva dos gestos vocais e físicos pessoais" (2009, p.492). Há até mesmo algumas evidências de uma conexão entre a experiência da música, da linguagem e da ação (que compartilham os mesmos recursos neurais), que seriam então capazes de comunicar o significado e o afeto humano por meio de simulação corporificada (OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2006), basicamente colocando a música (ou pelo menos seu "aspecto motor") no mesmo nível das expressões faciais ou posturas em termos de expressão de emoções. Novos paradigmas como esses tentam explicar a importância de "lidar com a música" (REYBROUCK, 2006, p. 62) de forma concreta, concentrando-se em nossos corpos vivos e em sua relação com os instrumentos musicais, que podem ser concebidos como apêndices do corpo, capazes de funcionar como interfaces entre nós e o mundo do som e como ferramentas para a aquisição de conhecimento do corpo musical (Ibid., p.66).

Alguns estudos (por exemplo, HASLINGER et al. 2005, HAUEISEN; KNÖSCHE, 2001; ver CALVO-MERINO et al. 2005 para dança), embora não estudem explicitamente a simulação corporificada, demonstraram que ocorre uma atividade neuronal mais forte quando os músicos estão ouvindo música executada com o instrumento que conseguem tocar (a ponto de estimular micromovimentos dos dedos ou dos lábios), sugerindo, assim, que é necessário um "repertório de atos" para compreender plenamente o "significado físico" do que estamos ouvindo. Portanto, a experiência - ou pelo menos o conhecimento aproximado de como é tocar um determinado instrumento - parece ser um aspecto crucial (LEMAN, 2007, p.95-96). No entanto, os não músicos também podem experimentar a simulação até certo ponto, não se concentrando apenas na voz, o que parece mais óbvio, pois é o instrumento mais "humano" que temos e todo mundo sabe cantar - isso também pode explicar por que a música vocal é a mais amplamente apreciada e "compreendida" por ouvintes casuais. Arnie Cox (2016, p.28-29), por exemplo, explica esse fenômeno lembrando o conceito de "subvocalização mimética" ou a reprodução vocal grosseira de contornos melódicos executados não apenas por cantores, mas também por instrumentistas. Além disso, Cox argumenta que, embora uma pessoa possa estar na situação de não saber como é tocar um instrumento, ela sempre pode imaginar como seria tocar (Ibid., p.51-52). Embora essas explicações ofereçam percepções fascinantes para a resolução do problema, argumentamos que mais trabalho deve ser feito nesse sentido. De fato, como uma simulação que envolve vocalização não é igual, em termos de sensação, a uma que envolve tocar instrumentos, o

feedback físico pode ser muito diferente. Além disso, essa concepção também prioriza o aspecto melódico da música, deixando de levar em conta outros aspectos importantes. Por fim, o envolvimento da imaginação na segunda hipótese parece trazer para o jogo os estados mentais que a própria definição de simulação corporificada exclui. Talvez apenas uma concepção muito ampla de "imaginação" (ou possivelmente a "imagem de movimento mimético" introduzida em *ibid.*, p.23 e definida como "não deliberada ou consciente"), que não envolva estados mentais, possa se encaixar nesse papel. A importância do ritmo também deve ser enfatizada como uma forma de participação musical tão primordial quanto a vocalização. Se os contornos melódicos podem ser simulados por meio da subvocalização mimética, é possível imaginar que as partes instrumentais que são mais conotadas ritmicamente (por exemplo, bateria, guitarra rítmica, baixo, cordas em pizzicato etc.) podem ser simuladas de forma aproximada, baseando-se em habilidades rítmicas (em *ibid.*, p.34, encontramos manifestações comuns disso: bater os pés, balançar e dançar ao som da música). Greg Corness reconhece que não há uma compreensão real do gesto musical em sua fisicalidade, mas sim da intenção do intérprete - caso contrário, muitas pessoas não teriam conhecimento corporal suficiente para "ressoar" com as ações orientadas para o objetivo do intérprete (CORNESS, 2008, p.23). No entanto, não estamos convencidos de que a intenção seja de importância primordial aqui, como nosso exemplo explicará em breve.

Uma possível solução para esse "problema de especialização" é proposta por Overy e Molnar-Szakacs (2009, p.493), pois eles argumentam que os ouvintes podem ser capazes de chegar a níveis cada vez mais profundos de compreensão do movimento musical seguindo uma hierarquia precisa:

1. Nível de intenção
2. nível de meta
3. Nível cinemático
4. nível muscular

Somente os músicos podem realmente "ressoar" até o nível muscular (com intensidade especial quando ouvem música tocada no instrumento que sabem tocar ou, pelo menos, em instrumentos da mesma família que os deles, consulte LEMAN, 2007, p.97), enquanto um

novato musical não terá acesso a informações precisas em nenhum nível, mas provavelmente ainda será capaz de subvocalizar, sentir a batida (ritmo e voz) e interpretar o conteúdo emocional de acordo com parâmetros muito básicos (por exemplo, altura do tom, velocidade e intensidade).

Um computador não apenas não tem um corpo (feito de carne e com uma rede neural semelhante à dos seres humanos e de alguns animais, incluindo, portanto, neurônios-espelho), mas também não possui nenhuma das inclinações (inatas?) mencionadas anteriormente para a produção de - digamos - música vocal e rítmica. Toda a força comunicacional desse conhecimento corporal é perdida, não apenas porque um computador não consegue entender a música dessa forma, mas também porque ele não é capaz de executar música de uma forma significativa para nós. Afinal, "a música claramente não é apenas um estímulo auditivo passivo, ela é uma atividade social envolvente e multissensorial" (OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2009, p.489) e, em oposição a uma "longa tradição de objetivação" dentro da musicologia, "os usuários de música são organismos biológicos que têm um corpo equipado com as ferramentas necessárias para a ação, percepção e processamento no nível das operações mentais" (REYBROUCK, 2006, p.60). Nada disso se aplica a uma IA.

Essas afirmações nos levam às duas últimas seções deste artigo, nas quais discutiremos um exemplo e um problema em potencial, respectivamente, capazes de explicar melhor o que estamos argumentando aqui.

Um exemplo: Mono e Tremolo Picking

Como a música está ligada à fisicalidade, é muito difícil fazer com que o leitor sinta o que estamos tentando descrever em termos de experiência musical. Assim, analisaremos brevemente uma faixa da banda japonesa Mono - a saber, "*Cyclone*", de *The Last Dawn* (2014) - para explicar a importância da questão do corpo de um ponto de vista prático, convidando o leitor a ouvir a música para entender completamente do que estamos falando. Mono é uma banda instrumental de pós-rock mais conhecida por sua música altamente melancólica, descrita pelo guitarrista Takaakira Goto como o resultado de uma batalha contínua contra uma tristeza excessiva (CHUTER, 2015, p.176-179). Isso é especialmente

verdadeiro quando se trata dos álbuns irmãos *Rays of Darkness* e *The Last Dawn*, ambos lançados em 2014 e que refletem o testemunho de um dos momentos mais difíceis da experiência de Goto (consulte CHUTER, 2015). O primeiro representa o lado sombrio (culminando com o altamente perturbador "*The Last Rays*"), enquanto o segundo conta a história de uma possível redenção.

"*Cyclone*" é do segundo álbum, mas ainda está longe de ser alegre. Argumentamos que grande parte da força emocional e do significado dessa música se deve à técnica que Goto usa para tocar seu violão.



Fig. 2. Contorno melódico principal da canção

Os primeiros dois minutos da música apresentam a principal progressão de acordes (retratada por uma guitarra elétrica arpejada e deslocada para a esquerda) e a principal ideia melódica que será executada durante toda a música: uma melodia breve e quase circular (Figura 2) que se encaixa perfeitamente no título da música. Do segundo minuto ao quarto (aproximadamente), a textura se torna cada vez mais densa, pois o violão principal começa a tocar a mesma melodia em palhetada tremolo, típica de grande parte da música pós-rock (ou seja, uma palhetada alternada - para cima e para baixo - executada sem parar, geralmente em uma velocidade muito alta, que confere à nota tocada um som contínuo característico, como o experimentado na música de bandolim). A circularidade - que é mais provável de ser sentida como tal por um violonista ou por um ouvinte atento (veja a "questão da especialização" acima) - ocorre em um nível totalmente novo e cria uma experiência vívida de um ciclone atingindo o ouvinte. No entanto, há algo ainda mais impressionante acontecendo aqui: embora o guitarrista comum possa executar o *tremolo picking* com bastante facilidade, essa ainda é uma técnica muito "física" e pode usar grandes quantidades de energia para ser executada com precisão, especialmente durante um período prolongado (como é o caso de "*Cyclone*"). Enquanto Goto toca sua parte, todo guitarrista deve ser capaz de sentir o esforço em sua mão de palhetada, de sentir a dor aumentar junto com a dinâmica

da música, empatizando com o ato motor que originalmente deu origem ao som que ele está ouvindo - já que o ouvinte é capaz de decifrar e entender fisicamente sua origem graças ao conhecimento corporal aprendido com a prática instrumental. Esse é o nível mais alto de simulação: através do som até o nível muscular (OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2009, p.439), enriquecendo a experiência musical com um nível totalmente novo de significado físico e emotivo.

Isso se relaciona negativamente com a criatividade computacional se pensarmos na importância dessa experiência quando se trata de criar músicas, especialmente nos casos em que a música é criada tocando diretamente um instrumento. As técnicas oferecidas desempenham um papel importante no resultado musical e, embora esteja claro que a intenção e o humor do criador influenciam muito sua interpretação da performance, também pode ser plausível que os compositores escolham deliberada ou subconscientemente como tocar sua música, confiando em um "vocabulário de atos motores" que, pelo menos dentro da mesma cultura, provavelmente será "sentido" de uma determinada maneira. Além disso, em um nível mais básico, é evidente que ter um corpo influencia a forma como a música é criada e como será compreendida pelo ouvinte. Embora a música fale por meio do som, ela também diz muito "por meio do corpo". Embora os computadores possam (re)produzir sons, eles podem ter um problema com o corpo.

Um problema: a música eletrônica é fria?

Entre alguns amantes da música, pode haver uma crença generalizada de que a música eletrônica é "fria" quando comparada, por exemplo, ao rock ou à música clássica. De uma perspectiva semelhante à que endossamos neste artigo, é plausível que essa afirmação encontre confirmação científica, já que a música eletrônica geralmente se baseia em sons que não são apenas sintéticos, mas também acionados por dispositivos programados com precisão, não envolvendo nenhuma corporalidade humana nesse processo. Como a produção de sons eletrônicos é desencarnada (embora nem sempre seja esse o caso), parece não haver espaço para qualquer tipo de simulação corporificada. Os estudiosos, que reconhecem amplamente essa questão (por exemplo, OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2009, p.489; CORNESS, 2008, *passim*; REYBROUCK, 2006, p.67; LEMAN, 2007, p.98; COX, 2016, p.37,

p.212), tentaram sugerir diferentes tipos de respostas para explicar por que esse pode não ser o caso. Desafiamos o leitor a ouvir uma faixa como "*Emerald Rush*", de Jon Hopkins, sem sentir nada conotado de forma (muito) física.

Reybrouck (2006, p.67) e Leman (2007, p.98) aparentemente tratam os sons gerados eletronicamente como sons acusmáticos (ou seja, sons cuja origem é desconhecida pelo ouvinte). Enquanto o primeiro enfatiza o lado problemático da questão, deixando-a amplamente em aberto (pelo menos da perspectiva que nos interessa aqui), Leman posteriormente relembra (Ibid., p.112) as teorias de Theodor Lipps (1903), que, embora não estejam particularmente ligadas ao problema dos sons eletrônicos na argumentação de Leman, podem sugerir uma possível solução. Em termos simples, Lipps argumenta que podemos ter empatia com a forma dos objetos, projetando neles o que essa forma nos faz sentir. Por exemplo, um objeto pontiagudo pode nos fazer projetar nele uma sensação de incômodo, um determinado contorno melódico ou um timbre específico pode nos lembrar de articulações ou situações corporais. A empatia ainda está envolvida aqui, mas de uma forma diferente da que ocorre na cognição incorporada. No entanto, essa perspectiva poderia nos dar alguns insights para explicar o valor corporal dos sons eletrônicos nesse sentido. Nossa perplexidade aqui é sobre a possibilidade de que a análise possa facilmente mudar de um contexto em que o fator carnal é central para um em que concepções mais abstratas de emotividade possam se tornar muito importantes - o que é algo que, em última análise, não nos parece capaz de responder à pergunta inicial.

Greg Corness relembra a questão eletrônica em seu artigo de 2008, e uma de suas principais perguntas trata do problema de obter feedback diferente de uma pessoa que usa o computador para escrever um e-mail em seu escritório e de outra que o usa para fazer uma apresentação no palco. Embora a desencarnação seja explicitamente abordada (Ibid., p.21) como um dos principais (se não o principal) aspectos da questão, a solução se concentra no contexto, ou seja, na capacidade dos neurônios-espelho de "deduzir" a intenção do agente a partir do próprio contexto (Ibid., p.23). Novamente, isso não lida com o problema original, e nos perguntamos se isso é possível. Arnie Cox (2016, p.37) descreve uma hierarquia de sons, desde aqueles com os quais é mais fácil sentir uma relação até os que são menos imediatos:

1. Sons produzidos por instrumentos nos quais nossas mãos e bocas estão diretamente envolvidas (por exemplo, voz, bateria de mão, violão)
2. Sons produzidos com a mediação de baquetas, teclas, arcos e outros (por exemplo, bateria, piano, violino)
3. Sons eletrônicos criados por meio de controladores manuais (por exemplo, teclado sintetizador)
4. Sons eletrônicos produzidos e modificados por meio de controladores em tempo real (por exemplo, botões e controles deslizantes em sintetizadores).
5. Sons produzidos pela reprodução de música gravada (por exemplo, música concreta)
6. Sons humanos incidentais (por exemplo, '4'33"' de Cage)
7. Sons não produzidos por seres humanos (por exemplo, cantos de pássaros).

A afirmação geral que podemos entender a partir disso é que o toque (e o corpo) humano pode ser mais ou menos responsável pelos sons produzidos. Alguns dos sons em que essa responsabilidade não é evidente podem soar "agradáveis para alguns ouvintes e desconcertantes e desagradáveis para outros ouvintes" (Ibid., p.212). Dito isso, a experiência de Cox sugere que, embora alguns sons possam "resistir" ao que ele chama de "participação mimética" - e não precisa ser música eletrônica, já que Cox menciona '*Atmosphères*' de Ligeti como exemplo -, nunca há uma ocasião em que isso chegue a zero (Ibid., p.48). Os sons eletrônicos podem ser menos "corporais", mas de alguma forma ainda são possíveis de serem incorporados. Embora isso possa ser comprovado por mais pesquisas e experimentos, não podemos deixar de nos perguntar se é verdade que recebemos menos feedback físico da música eletrônica.

Como está, essa questão permanece em aberto até hoje, e sua resolução poderia levar a desenvolvimentos interessantes a partir da perspectiva apresentada aqui. Entender como sentimos um feedback incorporado dos sons eletrônicos pode explicar por que a música eletrônica não soa tão "estranha" e "fria" para nós, mas também pode abrir caminho para uma reconsideração dos recursos das IAs. Nada destrutivo, porque a ausência de um corpo como o nosso ainda impedirá que os computadores compreendam fisicamente a música e a capacidade de criar algo significativo como consequência.

A visão geral teórica apresentada neste artigo - embora não esteja livre de problemas que devem permanecer sem solução, por enquanto - argumenta a favor de uma perspectiva na qual o papel do corpo perceptivo é primordial no processo não apenas de experimentar a música, mas também de criá-la, apesar das grandes conquistas obtidas no campo da criatividade computacional. É por isso que argumentamos que a "questão do corpo" (e as outras mencionadas anteriormente) representa um limite intrínseco à criatividade computacional.

Referências

ALDINI, Alessandro, Vincenzo Fano e Pierluigi Graziani. "Alcune note sui teoremi di incompletezza di Gödel e la conoscenza delle macchine." Tra Linguistica e Intelligenza Artificiale. Università Degli Studi Di Pavia, 2016.

ANDERSON, Christopher, Arne Eigenfeldt e Philippe Pasquier. "O sistema algorítmico generativo de música de dança eletrônica (GEDMAS)." Nona Conferência de Inteligência Artificial e Entretenimento Digital Interativo, Northeastern University, 2013.

BABBAGE, Charles. Babbage's Calculating Engines: Being a Collection of Papers Relating to Them, Their History and Construction [Os motores de cálculo de Babbage: sendo uma coleção de artigos relacionados a eles, sua história e construção]. Cambridge: Cambridge University Press, 1889.

BARTHES, Roland. Image, Music, Text [Imagem, Música, Texto]. Londres: Fontana Press, 1977.

BECCUTI, Francesco. "La Disgiunzione Di Gödel." APhEx 18, 2018.

BERLEKAMP, Elwyn R., John H. Conway e Richard K. Guy. Winning Ways for Your Mathematical Plays, Vol. 2. Londres: Academic Press, 1982.

BERTO Francesco e TAGLIABULEJ, acopo, "Cellular Automata", The Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2017 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/cellular-automata/>.

BESOLD, Tarek R., Marco Schorlemmer e Alan Smaill. Computational Creativity Research (Pesquisa de criatividade computacional): Towards Creative Machines. Paris: Atlantis Press, 2015.

BILES, John A. "GenJam: A genetic algorithm for generating jazz solos". Em ICMC 94: 131-137, 1994.

BRENTANO, Franz. Psychologie vom empirischen Standpunkt. Hamburgo: Meiner, 1874.

BRIOT, Jean-Pierre, Gaëtan Hadjeres e François-David Pachet. Deep Learning Techniques for Music Generation (Técnicas de aprendizagem profunda para geração de música). Cham, Suíça: Springer, 2020.

CALVO-MERINO, B., D.E. Glaser, J. Grèzes, R.E. Passingham e P. Haggard. "Action Observation and Acquired Motor Skills (Observação da ação e habilidades motoras adquiridas): An fMRI Study with Expert Dancers". Cerebral Cortex 15 (8): 1243-49, 2005.

CARNOVALINI, Filippo e RODÀ, Antonio. "Criatividade computacional e sistemas de geração de música: An Introduction to the State of the Art". Frontiers in Artificial Intelligence (Fronteiras em Inteligência Artificial) 3, 2020.

CHOMASKY, Noam. Syntactic Structures [Estruturas sintáticas]. The Hague: Mouton, 1957.

CHURCH, Alonzo. "An unsolvable problem of elementary number theory" [Um problema insolúvel da teoria elementar dos números]. *American journal of mathematics* 58, nº. 2: 345-363, 1936.

CHUTER, Jack. *Storm Static Sleep: A Pathway through Post-Rock* [Um caminho pelo pós-rock]. Londres: Function Books, 2015.

COHEN, Harold. "The further exploits of AARON, painter". *Stanford Humanities Review* 4 (2): 141-158, 1995.

COLTON, Simon, Jacob Goodwin e Tony Veale. "Geração de poesia de face inteira". ICCC 2012, Universidade de Dublin, 2012.

COLTON, Simon. "The painting fool: Stories from building an automated painter". Em *Computers and creativity (Computadores e criatividade)*, editado por Jon McCormack e Mark d'Inverno, 3-38. Berlim, Heidelberg: Springer, 2012.

COPE, David. *Virtual Music: Computer Synthesis of Musical Style*. Cambridge, Mass: MIT Press, 2001.

COPE, David. "Computer modeling of musical intelligence in EMI" (Modelagem computadorizada da inteligência musical no EMI). *Computer Music Journal* 16 (2): 69-83, 1992.

COPE, David. "Recombinant music: using the computer to explore musical style" (Música recombinante: usando o computador para explorar o estilo musical). *Computer* 24 (7): 22-28, 1991.

COPELAND, B. Jack, "The Church-Turing Thesis", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Summer 2020 Edition), Edward N. Zalta (ed.), Disponível em <https://plato.stanford.edu/archives/sum2020/entries/church-turing/>.

CORNESS, Greg. "The Musical Experience through the Lens of Embodiment". *Leonardo Music Journal* 18: 21-24, 2008.

COX, Arnie. *Music and Embodied Cognition (Música e Cognição Incorporada): Listening, Moving, Feeling, and Thinking [Ouvindo, Movendo-se, Sentindo e Pensando]*. Bloomington, Indianápolis: Indiana University Press, 2016.

FERNANDEZ, Jose D. e VICO, Francisco. "AI Methods in Algorithmic Composition: A Comprehensive Survey". *Journal of Artificial Intelligence Research* 48: 513-82, 2013.

FLORIDI, Luciano. *The 4th Revolution: How the Infosphere Is Reshaping Human Reality [A 4ª Revolução: Como a Infoesfera Está Remodelando a Realidade Humana]*. Oxford: Oxford University Press, 2016.

GALLESE, Vittorio e Corrado Sinigaglia. "What Is so Special about Embodied Simulation?" [O que há de tão especial na simulação corporificada? *Trends in Cognitive Sciences* 15 (11): 512-19, 2011.

GALLESE, Vittorio. "Embodied Simulation: From Neurons to Phenomenal Experience" (Dos neurônios à experiência fenomenal). *Phenomenology and the Cognitive Sciences* 4 (1): 23-48, 2005.

GIBSON, James J. *The Ecological Approach to Visual Perception [A abordagem ecológica da percepção visual]*. Boston: Houghton Mifflin, 1979.

GÖDEL, Kurt. "Some Basic Theorems on the Foundations of Mathematics and Their Implications." (Alguns teoremas básicos sobre os fundamentos da matemática e suas implicações), 1951. Em *Kurt Gödel: Collected Works III*, editado por S. Feferman, J. W. Dawson, C. Parsons, R. M. Solovay e W. Goldfarb, Nova York: Oxford University Press 3:33-82, 1995.

HASLINGER, B., P. Erhard, E. Altenmüller, U. Schroeder, H. Boecker e A. O. Ceballos-Baumann. "Transmodal Sensorimotor Networks during Action Observation in Professional Pianists" (Redes sensório-motoras transmodais durante a observação de ações em pianistas profissionais). *Journal of Cognitive Neuroscience* 17 (2): 282-93, 2005.

HAUEISIN, Jens, e KNÖSCHE, Thomas R. "Involuntary Motor Activity in Pianists Evoked by Music Perception" (Atividade motora involuntária em pianistas evocada pela percepção musical). *Journal of Cognitive Neuroscience* 13 (6): 786-92, 2001.

HILLER Jr., Lejaren A. e ISAACSON, Leonard M. "Musical composition with a high-speed digital computer" (Composição musical com um computador digital de alta velocidade). *Journal of the Audio Engineering Society* 6 (3): 154-160, 1958.

KEMENY, John G. e SNELL, J. Laurie. *Markov chains (Cadeias de Markov)*. Nova York: Springer-Verlag, 1976.

LEMAN, Marc. *Embodied Music Cognition and Mediation Technology (Cognição musical incorporada e tecnologia de mediação)*. Cambridge, Mass: MIT Press, 2007.

LEWIS, George E. "Too many notes: Computers, complexity and culture in voyager". *Leonardo Music Journal* (2000): 33-39.

MERLINI, Mattia e NICOLETTI, Stefano Maria. "Inhuman, All Too Inhuman: Intrinsic Limits of Computational Creativity in Music" (Desumano, muito desumano: limites intrínsecos da criatividade computacional na música). *Riffs: Experimental Writing on Popular Music* 4 (1): 28-46, 2020.

MIRANDA, Eduardo Reck. "Cellular automata music: An interdisciplinary project." *Journal of New Music Research* 22, no. 1 (1993): 3–21.

Molnar-Szakacs, Istvan, e OVERY, Katie. "Music and Mirror Neurons: From Motion to 'e'motion'." *Social Cognitive and Affective Neuroscience* 1 (3): 235–41, 2006.

MOORE, Allan F. *Rock, the Primary Text: Developing a Musicology of Rock*. Second Edition. Hants: Ashgate, 2001.

NATTIEZ, Jean-Jacques. "Alcuni Concetti Fondamentali Di Storiografia Della Musica: Periodizzazione, Spirito Del Tempo, Successione Di Generazioni." *Rivista Di Analisi e Teoria Musicale* 13 (1): 7–35, 2007.

NWANA, Hyacinth S. "Software agents: An overview." *The knowledge engineering review* 11 (3): 205–244, 1996.

REYBROUCK, Mark. "Music Cognition and the Bodily Approach: Musical Instruments as Tools for Musical Semantics." *Contemporary Music Review* 25 (1–2): 59–68, 2006.

SCHIAVIO, Andrea, Damiano Menin, e Jakub Matyja. "Music in the Flesh: Embodied Simulation in Musical Understanding." *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain* 24 (4): 340–43, 2014.

Searle, John R. "Minds, Brains, and Programs." *Behavioral and Brain Sciences* 3 (3): 417–24, 1980.

SILVER, David, Thomas Hubert, Julian Schrittwieser, Ioannis Antonoglou, Matthew Lai, Arthur Guez, Marc Lanctot, et al. "A General Reinforcement Learning Algorithm That Masters Chess, Shogi, and Go through Self-Play." *Science* 362 (6419): 1140–44.

SPAZIANTE, Lucio. *Sociosemiotica del pop*. Roma: Carocci, 2007.

TURING, Alan Mathison. "On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem." *J. of Math* 58, no. 345–363: 5.

VCLASSIS, Nikos. "A concise introduction to multiagent systems and distributed artificial intelligence." *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning* 1, no. 1: 1–71, 2007.

XENAKIS, Iannis. *Musica, architettura*. Milano: Spirali, 2003.

YANG, Li-Chia, Szu-Yu Chou, e Yi-Hsuan Yang. "MidiNet: A convolutional generative adversarial network for symbolic-domain music generation." *arXiv preprint arXiv:1703.10847*, 2017.