

The Influence of New Media Art on the Instrumentalist and on his Performance: New Performative Paths

Rui Travasso
Centro de Investigação em Artes e
Comunicação
Universidade Aberta
Olhão, Portugal
ruitravasso79@gmail.com

Pedro Alves da Veiga
Centro de Investigação em Artes e
Comunicação
Universidade Aberta
Lisboa, Portugal
me@pedroveiga.com

José Alberto Gomes
Universidade Católica Portuguesa,
School of Arts
Research Center for the Science and
Technology of Arts
Porto, Portugal
jagomes@ucp.pt

Resumo— O objetivo deste artigo é identificar e discutir a evolução impulsionada pelo uso das tecnologias digitais na performance musical instrumental. Limitamos o foco à performance musical de instrumentos identificados como pertencentes à família orquestral da tradição ocidental, de modo a auferir as repercussões, quer na performance, quer no instrumentista e considerando três aspetos chave da média-arte digital: interatividade, aleatoriedade controlada, e virtualidade. Por um lado, a junção destas duas áreas - média-arte digital e a performance musical instrumental - proporciona a aquisição de características digitais aos instrumentos tradicionais e à sua performance, fornecendo novos caminhos interativos e iterativos. Por outro lado, a mesma junção, favorece também um nível de performance único devido ao elevado nível de especialização dos instrumentistas, possibilitando que a obra seja singular e irrepetível. Tudo isto conduz a uma evolução da notação musical, a uma criação de novas técnicas instrumentais e performativas, novos conceitos, uma ampliação multidisciplinar do papel dos instrumentistas e uma evolução na relação da média-arte digital com a música instrumental. No que concerne à estrutura, o artigo realiza primeiramente uma definição sobre ambas as áreas abordadas e posteriormente desenvolve os três aspetos mencionados com a adição da *generatividade* como aspeto inerente, identificando as diversas formas em como estas características artísticas se vão relacionando e evoluindo, assim como a sua repercussão na performance musical instrumental.

Abstract— The aim of this article is to identify and discuss the evolution fostered by the use of digital technologies in the instrumental music performance. We limit the focus to the musical performance of instruments identified as belonging to the orchestral family of Western tradition, in order to measure the repercussions on both the performance and the instrumentalist and considering three key aspects of new media art: interactivity, controlled randomness, and virtuality. On one hand, the junction of these two areas - new media art and instrumental music performance - enables the acquisition of digital characteristics to the traditional instruments and to their performance, providing new interactive and iterative paths. On the other hand, the same junction also leads to a unique level of performance due to the high level of instrumentalists' expertise, allowing the work to be singular and unrepeatable. All this leads to an evolution of musical notation, the creation of new instrumental and performance techniques, new concepts, a multidisciplinary broadening of the instrumentalists' role and an evolution in the relationship between new media art and instrumental music. Regarding the structure, the article firstly presents a definition of both areas, and then develops the three aspects mentioned with the addition of the *generativity* as an

inherent aspect, identifying the different manners in which these artistic characteristics are related and evolved, as well as their repercussion in the instrumental music performance.

Keywords— *aleatoriedade, interatividade, instrumentista, generatividade, virtualidade*

I. INTRODUÇÃO

A performance musical instrumental tradicional é aquela na qual o instrumentista interpreta uma partitura musical para um público. Este trabalho é mediado pela partitura, a qual é usada enquanto canal comunicativo bidirecional, porque esta transmite as instruções performativas do compositor para o instrumentista, mas também devolve o *feedback* deste para o compositor na forma de performance. Existem quatro agentes envolvidos neste tipo de performance, o compositor, o instrumentista, o público, e a partitura, e, sempre com a ecologia acústica/ambiente como pano de fundo exercendo uma influência contínua [1]. No que concerne ao instrumentista, as preocupações deste são puramente instrumentais, tais como a intenção sonora - através do ênfase dado a determinada estrutura musical, melodia, frase e dinâmica -, ritmo - acentos e duração de cada som -, e articulação - a forma com que se molda o som em termos de ataque, duração, e término [2]. Contudo, esta performance evoluiu nas últimas décadas influenciada por diversos acontecimentos de índoles díspares, nomeadamente: a alteração concetual originada por John Cage na década de 1940, na qual a performance se tornou numa forma processual que consistia na criação duma situação de produção sonora [3], [4]; *musique concrète instrumentale*, que deriva da *musique concrète* e que foi desenvolvida por Helmut Lachenmann na década de 1960, consistindo numa procura sonora através do uso dos instrumentos musicais enquanto utensílios [5], [6]; obras que exigiam novas técnicas aos instrumentistas, como por exemplo, *Harlekin* para clarinete solo de Karlheinz Stockhausen, escrita em 1975 e descrita pelo compositor como sendo para um clarinetista dançarino [7], ou *Sequenza V* para trombone solo de Luciano Berio, escrita em 1966 e dedicada ao palhaço Grock [8]; evolução constante da notação musical, que originou à aprendizagem por parte dos instrumentistas de diversos tipos de notação, a qual se vai alterando sob forma a servir as obras adjacentes [9]; novas tecnologias, nomeadamente - mas longe de serem exclusivas -, a capacidade de gravar e reproduzir,

permitindo o desenvolvimento da manipulação sonora e consequentemente da eletroacústica mista [10] - como por exemplo a obra *Dialogue de L'ombre Double* escrita em 1985 por Pierre Boulez - e originando a oportunidade de desenvolvimento de instrumentos aumentados e atuados [11]. Desta forma, o instrumentista para corresponder às exigências das novas obras e conceitos, adquiriu mais competências multidisciplinares tais como: novas técnicas instrumentais; diferentes tipos de produção sonora; multidisciplinaridade envolvendo áreas artísticas e não artísticas; novos conceitos de comunicação e marketing; entre outras [1]. Sumarizando, nos dias de hoje as expectativas acerca da performance musical instrumental são mais amplas, e é esperado que o instrumentista assuma um papel mais profundo no que concerne à multidisciplinaridade.



Fig. 1. Performance musical instrumental tradicional. Fonte: autor.

Noutro domínio, a arte digital emerge no pós Segunda Grande Guerra, materializando-se através dos avanços analógicos computacionais, seguido da evolução digital [12]. Daqui resultaram a *new media* e a mídia-arte digital. Estas converteram-se em designações para diversas concepções artísticas suportadas computacionalmente, e que segundo Lev Manovich [13], alteraram o paradigma do uso computacional nas artes através da junção da *mass media* com o processamento de dados. A ligação entre estas duas áreas originou a que toda a utilização de computadores sofresse alterações, fazendo sobressair cinco vetores que são identificados como característicos na *new media*, nomeadamente, a representação numérica, modularidade, automação, variabilidade e transcodificação. De certa forma, os três vetores - aleatoriedade, virtualidade e interatividade - apontados como definidores de mídia-arte digital por Marcos, Branco, e Zagalo [14], encaixam na definição de Manovich, na medida em que estes, de forma intrínseca, envolvem linguagem de código, os seus componentes podem ser decompostos, a aleatoriedade controlada pressupõe variabilidade, pelo menos uma das partes do processo criativo fica a cargo da componente computacional e existe transcodificação na apreciação e entendimento da obra. Em suma, a mídia-arte digital explora o ambiente digital numa ou mais das seguintes etapas: processo criativo, artefacto e a sua estética, e impacto comunicacional, partilhando com a música uma característica que as difere da arte digital, na medida em que a sua apreciação estética e cognitiva, varia consoante o fator tempo, isto é, enquanto por exemplo uma escultura ou uma fotografia não se desenvolvem com o tempo e podem ser observadas e apreciadas instantaneamente, a

música e a mídia-arte digital necessitam desse tempo para expor a totalidade do seu conteúdo [15]. Voltando aos três vetores designados por Marcos, Branco, e Zagalo, estes são difíceis de imaginar na performance dum instrumento de tradição escrita ocidental, no entanto - excluindo por enquanto a virtualidade -, eles existem numa determinada forma. A aleatoriedade controlada está de certa maneira implícita na imprevisibilidade da interpretação humana, patente nas oscilações de dinâmicas, *rubatos*, *tempo*, entre outros aspetos [16] - sem referir improvisação -, tal como a interação entre instrumentistas, a qual existe dentro da performance em grupo. Contudo, a adição da mídia-arte digital, para além proporcionar a ampliação destes vetores, adicionou a virtualidade, transformando não só a própria performance, mas também os músicos e os instrumentos no que respeita às suas características e capacidades. Os instrumentos passaram a poder incorporar tecnologia de duas maneiras: (1) através de atuadores - manipulando digitalmente as suas propriedades acústicas; (2) aumentando-os - através do controlo e ressonância tímbrica, modos de vibração, mas cujo controlo se mantém a cargo do instrumentista [11]. Surgiram novos caminhos performativos nesta área e foram criados diversos sistemas de interação entre os diversos agentes envolvidos na performance, incluindo os computadores. Estes modelos de interação são designados em inglês como *Human Computer Interaction* (HCI), os quais alguns, numa forma inerente, fomentaram a *generatividade* como característica resultante, tal como será abordado doravante neste artigo. Por essa razão, a análise desta influência gerada pela mídia-arte digital será à luz da interatividade, aleatoriedade controlada, virtualidade e *generatividade*. Gostaríamos, no entanto, de referir que, estes são assuntos com elevado nível de complexidade e impossíveis de abordar de forma exaustiva num artigo, contudo, será aqui elaborada uma base que possa servir os objetivos propostos.

II. INTERATIVIDADE

A interatividade sempre esteve presente na performance musical instrumental, como por exemplo, na interação entre músicos como forma de otimizar a performance, ou, através dos conceitos de ecologia acústica de Garth Paine [17] e de ambiente/ecossistema de Simon Waters [18], os quais defendem que todo o ambiente circundante - público, espaço, conceito, influência social, entre outros - funciona como um pano de fundo onde assenta a performance, acabando desta forma por influenciá-la. Este tipo de interatividade, apesar de ser influenciadora, não é uma interatividade que altere/conduza/condicione a performance musical.

Em relação à interatividade performativa como forma de alterar/conduzir/conduzir/conduzir o desempenho musical instrumental, esta é nos dias de hoje uma prática bastante explorada e que envolve os vários agentes envolvidos na performance, bem como outros fatores externos. Esta interação pode ainda ser tangível, na medida em que pode ter um objeto físico como mediador o qual implica o toque físico, como por exemplo um rato ou um sensor de pressão, ou intangível se não existir um mediador que necessite contacto físico, como por exemplo se a interação for acionada pelo movimento corporal através de sensores de movimento ou pela voz.

Começamos por observar a interatividade que envolve o público, o qual durante séculos abraçou um papel passivo de recetor, num caminho unidirecional – intérprete para público –, nunca usufruindo da hipótese de interação direta com o produto final. Refere-se direta porque, pode argumentar-se que o público, enquanto componente do ambiente ecológico, influencia - mesmo que de forma limitada - a performance. No entanto, a interação como forma de alterar a obra artística, conduz o público a uma sensação de criação, como se ele próprio fosse um dos criativos, mesmo nas obras em que a interação é bastante condicionada ou delimitada pelo artista. A interação funciona também como facilitador dum ambiente imersivo, no sentido em que o público, através dela, envolve-se tanto na obra que poderá atingir uma sensação de comunhão com esta, mesmo que a mesma não tenha sido concebida para atingir um conceito de imersividade [19]. Regressando à influência do público enquanto ecologia acústica/ambiente, tomemos por exemplo, a *Sequenza I* de Luciano Berio para flauta solo, na qual existem várias notas cuja duração o intérprete tem o poder de determinar. Ainda que o intérprete faça esta escolha, o ambiente ecológico pode claramente influenciá-lo. Por exemplo, um público que crie um ambiente sonoro constante, em oposição a um público gerador dum ambiente completamente silencioso, pode ter efeitos consideravelmente diferentes nas decisões interpretativas do instrumentista. Isto não é uma interação direta do público na performance, mas, se tivermos em consideração os conceitos de ecologia/ambiente acústica [17], [18], pode-se considerar que pode existir influência. Já na obra *4'33* de John Cage, a ecologia acústica/ambiente gerada torna-se parte do produto final, transformando a interação do público durante a performance num processo, desafiando desta forma o próprio conceito de música através da emancipação do som concreto, elevando-o a matéria-prima, em detrimento da melodia e da harmonia [3], possibilitando ao público a hipótese de influenciar diretamente a performance e inerentemente o seu produto. Outro processo de interação do público com a performance - embora neste caso seja um HCI entre o público e o computador, sem um instrumentista no processo - são as aplicações musicais de Patrick Borgeat¹, o que nos leva a fazer uma comparação entre os criadores de jogos de computador e os músicos/compositores, na medida em que ambos criam novos mundos promovendo a interação entre vários agentes com base numa narrativa que pode ter diferentes interpretações, diferentes utilizações, em tempos e lugares diferentes [4]. Outra obra que permite a interação do público com influência direta no resultado performativo, é o concerto *a.bel* - nova música interativa, no qual o público pode interagir, por intermédio duma aplicação de telemóvel, nas obras executadas pelos músicos alterando o resultado performativo [20]. Também o trabalho de Anders Lind [21] *Animated Notation for Mixed Orchestra*, consistia num conceito de performance onde trinta adolescentes tocavam instrumentos de percussão e instrumentos eletrónicos, através de um sistema de notação musical visual, interagindo assim com uma orquestra clássica. Em 2018, com a obra *Uphonia*, que utilizava o mesmo conceito, Lind envolveu o público na execução de obras orquestrais por intermédio da utilização dos seus telemóveis com a Orquestra Sinfonietta de Riga,

numa obra para orquestra de telemóveis e orquestra clássica. Em suma, todos estes exemplos de interação direta do público para com a performance, alteram de uma posição passiva para ativa um comportamento estático secular, o qual mantinha o público como agente passivo e apenas com uma função, a de estar presente na sala de concertos para apreciar a performance [22].

Considerando agora o HCI desencadeado pelo músico/performer, existem vários sistemas desenvolvidos e explorados, um desses exemplos é o projeto Comprovisador de Pedro Louzeiro [23], o qual cria uma dinâmica interativa e em tempo real que envolve a aplicação de um algoritmo informático com a improvisação musical de um solista. Neste caso, o algoritmo identifica características sonoras e melódicas para gerar um acompanhamento em forma de partitura musical, para que os outros músicos o possam executar. Assim, a interação direta, existe entre o intérprete solista e o computador, servindo este último de mediador entre os outros músicos através do acompanhamento gerado. É importante referir que, para além da interação que existe na obra – solista para computador, computador para restantes músicos –, esta é também uma obra musical generativa porque o sistema vai gerando o processo composicional. Pode-se ainda afirmar que, existe uma interação entre o solista e os outros músicos que utiliza a máquina – computador - como interface, uma vez que existe também uma interação entre música improvisada e escrita [24]. Também, Robert Rowe com a sua obra *Maritime* escrita em 1992, explorou o HCI para gerar o acompanhamento através do comportamento do violinista, abdicando, como compositor, da responsabilidade criativa que neste caso é deixada à improvisação e interpretação do músico e ao processo executado pela componente computacional [25]. *GenJam* é um projeto jazzístico que atua também neste sentido, neste caso específico, o computador identifica a harmonia executada por uma seção rítmica, assim como, o material melódico dum solista, e em tempo real o computador torna-se num segundo solista, improvisando *licks* – padrões solísticos de quatro compassos – em forma de dueto com o solista, ou em *chases* – grupos de quatro compassos para cada um, em género de pergunta e resposta [26]. Todos estes processos mencionados, são na realidade uma transformação, ou evolução, de uma prática musical que está presente desde os anos 1970s, e que foi batizada por Joel Chabade como Composição Interativa, sendo um dos primeiros instrumentos de composição interativa o sistema criado por Salvatore Martino na sua obra *SalMar Construction* [27], [28].

A HCI por intermédio da captura de movimento dos performers através de sensores, é uma área bastante importante no campo da interação na performance musical. Este tipo de sensores começaram a ser explorados nas artes desde 1969 por Myron Krueger - *Videoplacement* - e em 1981 por David Rockeby - *Nervous System* [29]. Outra aproximação a este género de HCI, é a proporcionada através do uso de biossensores nos diversos agentes envolvidos na performance, como forma de recolha de dados para alimentar um *Interactive Music System* (IMS), que por sua vez atuará sobre o produto desta [27]. *Activating Memory*, é um exemplo deste tipo de IMS, tratando-se de uma obra para quarteto de ondas cerebrais e quarteto de cordas, desenvolvida por Joel

¹ <http://www.cappel-nord.de/webaudio/>

Eaton e Eduardo Miranda, e estreada em 2015 [30]. Neste caso, a utilização de biossensores permite a captura das ondas cerebrais de quatro pessoas, as quais são transformadas numa partitura, que por sua vez é executada em tempo real por um quarteto de cordas. É de notar que a utilização dum IMS não é exclusiva nos intérpretes, uma vez que a utilização desta tecnologia pode ser transversal a todos os agentes envolvidos, incluindo o público [31].



Fig. 2. *Activating Memory* de Joel Eaton e Eduardo Miranda. Fonte: <https://joeleaton.co.uk/project/activating-memory/>

Resumindo, a evolução digital trouxe novas IMS/HCI, e a oportunidade de envolver o público no processo performativo, proporcionando-lhe a possibilidade de interação com os instrumentistas ou com a componente computacional. Desta forma, podemos inclusivamente concluir que a IMS/HCI desafiou a pertinência da gravação áudio comercial deste tipo de performance, uma vez que este tipo de obras depende da interação gerada, criando obras diferentes em cada performance, havendo até uma preferência por parte dos artistas de verem a sua obra divulgada por via documental – partitura ou outro tipo de diagrama [4]. Também os instrumentistas tiveram de se adaptar à imprevisibilidade e às novas características que estes novos sistemas de interação trouxeram à sua performance.

III. ALEATORIEDADE CONTROLADA

In effect, randomness is an unobservable property of a generating process. Theory can assume this property, but in practice it can only be inferred indirectly, from properties of the generator's output. The inspection of outputs for "randomness" involves subjecting them to various statistical tests of these necessary, but not sufficient, properties. The conclusions based on these tests are thus inherently statistical in nature – there are no logical or physical proofs of randomness. [32]

Há uma linha muito ténue a separar aquilo que é uma escolha puramente aleatória duma escolha parcialmente condicionada. Ao contrário da aleatoriedade que vem do acaso e é um acontecimento incerto, o condicionamento pode ser introduzido através de: um teste; verificação de vários fatores; associação de um estímulo com uma reação por meio de repetição. Neste sentido a aleatoriedade pura, desencadeada pelo homem, é uma propriedade impossível de observar, e, mesmo na suposta aleatoriedade total, os

resultados obtidos podem sempre ser sujeitos a análise e identificação de padrões, o que levará ao questionamento da sua real aleatoriedade [32].

Através de algoritmos computacionais, especialmente numa ação desencadeada por HCI, a aleatoriedade torna-se mais convincente do ponto de vista da observação humana não mediada, no entanto, os resultados obtidos podem sempre ser sujeitos novamente ao escrutínio do ponto de vista da estatística e da deteção de padrões. A aleatoriedade controlada na arte - incluindo a música instrumental - descreve a possibilidade de permitir que alguns aspetos aleatórios assumam a liderança criativa ou performativa. Num contexto musical, permitir uma percentagem de variação na duração dos sons, *pitch*, ataque, *coloratura*, ou harmonização, são exemplos de aleatoriedade controlada em performance, e tudo isto já acontece de forma natural com as escolhas dos instrumentistas em tempo real performativo. Contudo, é importante introduzir o enquadramento em que surge a aleatoriedade algorítmica, nomeadamente a aleatoriedade meta-heurística - que é a mais habitual na música - e o que ela significa. A crescente complexidade dos problemas de engenharia, que incluem cada vez mais fatores, levou à necessidade da criação de algoritmos com capacidade de poderem testar rapidamente todas as variáveis até que fossem encontradas soluções. Foram então criados algoritmos de otimização meta-heurística, que são geralmente utilizados em física, música, sociologia, biologia, enxame, matemática, plantas, química, desporto, água, e híbridos [33]. O termo meta-heurístico foi primeiramente introduzido por Glover em 1986 [34], e tem origem a partir de duas palavras gregas, *Heuristic* – significa para encontrar – e *Meta* – significa além de, num nível elevado [35].

A primeira tentativa de aleatoriedade deliberada dentro do desempenho instrumental - sem referimo-nos à aleatoriedade natural performativa mencionada -, foi realizada através dos intérpretes, nomeadamente, a partir das instruções nas partituras - caso de *Dice Music* de Wolfgang A. Mozart [36]. Este tipo de obras, deixavam pequenas decisões musicais em aberto, sujeitas à improvisação dos intérpretes. Cage, em *Landscape No. 4*, também trouxe à música escrita instrumental uma componente de aleatoriedade, porque, embora as instruções da partitura sejam exatas no planeamento dum processo performativo, os resultados são sempre diferentes e imprevisíveis na medida em que estão totalmente dependentes da reação de todos os agentes envolvidos [37].

A aleatoriedade controlada performativa está continuamente a ser desenvolvida e utilizada na performance, através da criação de algoritmos que determinam a introdução de componentes aleatórios controlados. Por sua vez, estes componentes determinam instâncias diferentes para cada performance da mesma peça - sempre diferente de versões anteriores -, não só pela existência da tal aleatoriedade, mas também porque essa aleatoriedade vai provocando reações diferentes nos intérpretes que interagem com o computador - por exemplo na reação/resposta dos intérpretes à partitura musical gerada computacionalmente; ou mesmo no sentido oposto, nos casos em que o algoritmo sofre influência por um determinado aspeto performativo ou movimento corporal do instrumentista.

Desta forma, pode-se afirmar que pode existir uma relação bidirecional entre aleatoriedade/condicionamento e

interação, independentemente dos agentes envolvidos, com uma implicação direta no resultado performativo, por outras palavras, a interação pode introduzir as características de aleatoriedade/condicionamento no desempenho, e vice-versa. Mesmo no caso da utilização de biossensores nos intérpretes como geradores de interatividade, a própria condição humana é um fator que gera aleatoriedade/condicionamento, na medida em que o executante, influenciado por diferentes ambientes ecológicos performativos, atingirá diferentes níveis de stress e/ou outras reações biológicas, condicionando assim diferentes respostas ao bio sinal.

Podemos assim concluir que a interatividade pode gerar aleatoriedade controlada, que por sua vez pode resultar: (1) apenas da componente computacional através de um algoritmo; (2) da relação homem computador, na qual o humano desencadeia uma reação computacional e/ou vice-versa – neste caso, o fator humano é aqui referido para a totalidade dos agentes envolvidos, sejam eles intérpretes, público, ou com outro tipo de envolvimento; (3) apenas despoletado pelo fator humano, mais precisamente, quando a partitura define possibilidades de improvisação que fiquem a cargo do(s) intérprete(s).

IV. VIRTUALIDADE

A realidade virtual (RI) é um lugar que existe e que pode ser experimentado, usufruindo de quatro elementos-chave - ambiente virtual, imersão, feedback sensorial, e interatividade [38].

Na performance musical instrumental, existem várias formas de explorar a virtualidade, nomeadamente através: de instrumentos virtuais – aspeto que não será desenvolvido, uma vez que esta investigação se centra na execução de instrumentos tradicionais; de ambientes virtuais; da transformação do palco num campo virtual para uma experiência imersiva para o público; da criação dum espaço online de modo a reunir os utilizadores com o objetivo de tocarem juntos; da criação dum espaço online que possibilite assistir a um concerto [39]; de criar a oportunidade de tocar numa orquestra virtual, tal como a *Avatar Orchestra Metaverse* a qual está sediada no mundo virtual *Second Life* [40]. Este último exemplo desenvolve uma ramificação de possibilidades que a virtualidade trouxe aos músicos, mais especificamente, a capacidade de tocar em tempo real em ambientes virtuais - *Second Life*, *Minecraft*, entre outros -, abrindo novos canais para a criatividade, divulgação, colaboração, e educação musical [4].

A adição de características virtuais aos instrumentos tradicionais – através da aumentação ou atuação - pode ser comparada à realidade aumentada, como a adição de uma camada digital sobre a realidade física. É neste contexto, abordando este tipo de adição virtual, que é importante discutir o conceito de interfaces. Shanbaum [41], refere-se a "interface" como uma palavra que inicialmente descrevia a comunicação entre *hardware* e *software* num sistema informático. Com o tempo, a palavra viu alargado o seu significado e acabou por passar a ser utilizada como designação de uma área de contacto entre duas realidades ou universos distintos, quer do ponto de vista biológico, social ou tecnológico. A interface permite a comunicação entre universos diferentes, pelo que naturalmente passou a designar vários itens, nomeadamente objetos tangíveis, tais como partes do corpo humano, ou entidades intangíveis, tais como

as relações, processos, ou métodos de comunicação tecnológica acima mencionados [41]. Na relação entre média-arte digital - esclarecendo desde já que a arte digital é uma grande área cuja média-arte digital se inclui como uma ramificação - e música instrumental, no que diz respeito a instrumentos aumentados e/ou atuados, as tecnologias digitais podem funcionar como *software*, alargando as capacidades de produção de som, mas também, como *hardware*, sendo o computador a parte física onde o *software* é desenvolvido, instalado e executado. O instrumento, juntamente com os dispositivos que estabelecem a comunicação entre ele e o computador, constitui a interface ligando o instrumentista ao computador, permitindo-lhes comunicar. Apesar desta relação entre componentes, todos eles podem contribuir para a geração de som, e podem - ou não - complementarem-se uns aos outros no resultado sonoro final.

Outra inovação trazida pela virtualidade, é a amplificação /transformação do intérprete e/ou da audiência. Chase Mitchusson e Edgar Berdahl [40], usando o sistema *Enhanced Virtual Reality*, exploraram essa amplificação ao monitorizarem os movimentos do músico e espelharem-nos de forma visual, de modo a oferecer uma experiência narrativa multimédia ao público. Com o mesmo propósito mas com execução de sentido oposto, Yakura e Goto [42], identificaram vários movimentos e reações do público, de forma a reproduzi-los, a fim de oferecerem uma melhor experiência participativa através de um sentido global de copresença.

Em termos acústicos, os efeitos sonoros digitais que posicionam a fonte sonora em locais com características distintas - características físicas do espaço, posição espacial, entre outras -, oferecendo dessa forma diferentes perceções ao recetor, podem ser considerados como a base da criação de uma realidade acústica virtual. Por exemplo, o efeito de lateralização do som dá ao ouvinte uma sensação de posicionamento virtual do som, que de outra forma seria impossível sem alterar o posicionamento físico da fonte [43]. No entanto, esta espacialização virtual deve funcionar como o mundo real, por outras palavras, a fonte sonora não pode mudar a sua posição física mesmo que o recetor se mova - por exemplo, se uma pessoa que usa auscultadores sem espacialização de som, nos quais o posicionamento se faz entre esquerda e direita, e se escuta os tambores do lado direito e os graves do lado esquerdo, esta sensação não muda sob nenhum movimento físico da pessoa porque os auscultadores movem-se também de forma inerente e mantêm a mesma espacialização. No entanto, em som real ao vivo, se a pessoa se virar de costas para a fonte sonora, os tambores passam a encontrarem-se à esquerda e os graves à direita porque os instrumentos mantêm a posição física. Assim, a espacialização como virtualidade, só é considerada se seguir esta característica real [38]. Sumarizando, neste sentido, qualquer instrumento tradicional que adquira a capacidade de produzir um som que possa sofrer uma mudança física posicional, poderá ser considerado um instrumento que sofreu uma manipulação no campo virtual. Enquanto experiência para o público, vários músicos e orquestras adotaram a RV, como veículo transmissor do concerto, criando assim uma experiência imersiva para quem assiste. É o caso do projeto de RV da *Philharmonia Orchestra* que se estende em duas vertentes: (1) participação

na aplicação para *PlayStation* chamada *The Virtual Orchestra* – cuja qual recebeu elogios generalizados da crítica - (2) experiência 360° - que ganhou um prêmio do *Raindance Film Festival* para Melhor Experiência Musical RV - na qual o público assistia à 5ª sinfonia de Beethoven e à 3ª sinfonia de Mahler, posicionando-se dentro da orquestra². Uma experiência similar é o *The Joshua Bell VR Experience*, também desenvolvida para *PlayStation*³.



Fig. 3. *The Virtual Orchestra*. Fonte: <https://philharmonia.co.uk/what-we-do/digital-immersive/immersive/>

Em termos de execução virtual, os campos de exploração são também amplos, desde a possibilidade de executar duetos em que um dos músicos é virtual - como, por exemplo, no projeto em que um pianista executa em tempo real um dueto com um violinista virtual [44], à possibilidade de colocar o músico dentro de uma realidade alternativa, através da capacidade de criar também um ambiente acústico ecológico virtual.

Em suma, a RV e todas as suas ramificações estão a transformar a relação entre produtor, consumidor e criador, e esta nova relação pode contribuir para um maior envolvimento na música daqueles que não possuem experiência musical, bem como outros tipos de consumidores [45].

V. GENERATIVIDADE

A arte generativa, de acordo com Kivanç Tatar, Phillippe Pasquier, e Remy Siu [46], é aquela que incorpora processos autônomos para a sua realização. Esta pode advir de processos heurísticos – criados aleatoriamente através de probabilidades - a totalmente autônomos – através de modelos pré-definidos. Dessa forma, a arte generativa computacional reage e/ou gera interação, tal como reage e/ou gera aleatoriedade, seja esta através da reação humana ou através dum algoritmo. Devido a esta ligação, alguns projetos com modelos generativos já foram mencionados, como é o caso do projeto *GenJam*, o qual é aqui novamente mencionado porque o autor refere que, a arte generativa musical quando gerada por um humano, tem na improvisação a sua melhor comparação [26]. No caso do projeto *Revive*, a exploração generativa é efetuada através da música, ou seja, por intermédio de um sistema de algoritmos chamado *Musical Agent based on Self-Organizing Maps* (MASOM), o qual, através da receção do seu próprio som e por HCI – captando também o som gerado pelos músicos -, vai gerando

aquilo que tocar em tempo real. De modo que esta interação fosse visível, foram adicionados três agentes visuais que reagem aos agentes sonoros, criando um sistema visual baseado no espectro sonoro, *loudness*, e altura dos sons. Alice Eldridge [47], [48], aborda esta temática sob o ponto de vista histórico e enumera ainda diversas técnicas musicais generativas. A autora revela que o mais importante das diversas técnicas, é proporcionar o “tocar com” os computadores, como se convidassem os portáteis para o palco para uma improvisação colaborativa homem máquina. *Fond Punctions*, desenvolvido por Eldridge [47], espelha isso mesmo, na medida em que é um dueto generativo mediado por um sistema de *live-samplers* entre violoncelo e portátil baseado nas interações do intérprete. Este sistema é ainda complementado com um componente visual que é acionada e influenciada tanto pelo intérprete como pelo computador. Como método avaliativo, Li-Chia Yang e Alexander Lerch [49], criaram um modelo baseado na relação *Function-Behavior-Structure* (FBS), o qual compara a funcionalidade dum sistema face às expectativas através de determinados parâmetros.



Fig. 4. MAD Clarinet 2.1., performance musical com arte generativa visual⁴. Fonte: autor.

Em suma, podemos considerar três funções para os sistemas generativos na performance musical: (1) aqueles que se restringem à criação musical/sonora; (2) os que atuam noutra área que não a musical, servindo a performance musical através da multidisciplinaridade ou interdisciplinaridade; (3) os sistemas generativos que atuam sobre a música e sobre outra(s) componente(s) díspar(es). Relativamente aos modelos de HCI que podem servir de gatilho ao sistema generativo, estes podem ser transversais a qualquer função do sistema generativo. Quero com isto dizer que, para parametrizar a componente generativa, é possível usar por exemplo a captação sonora do *pitch* de um instrumento, mesmo que o sistema generativo atue quer na música ou num outro campo que não esta. É possível concluir que, qualquer tipo de HCI/IMS é parametrizável para a elaboração dum sistema generativo, reafirmando desta forma a estreita ligação mencionada entre a interatividade e a *generatividade*. Por último, o campo da *Interactive Machine Learning* (IML) atua também na performance instrumental, permitindo a *generatividade* por intermédio da interação do instrumentista com a componente computacional. Neste domínio, o mapeamento do gesto e/ou do som é analisado por um sistema que permite uma aprendizagem, tornando a interação performativa mais imediata [50], como é o caso de

² <https://philharmonia.co.uk/what-we-do/digital-immersive/immersive/> acessido a 29 de maio de 2022.

³ <https://www.cmuse.org/can-virtual-reality-give-classical-music-a-boost/> acessido a 29 de maio de 2022.

⁴ <https://www.tumblr.com/blog/mad-clarinet> acessido a 31 de outubro de 2022.

Ultrachunk, que nasceu da colaboração da cantora Jennifer Walshe com o artista Memo Akten em 2018⁵. Este exemplo, apesar de se focar numa cantora e não num instrumentista, torna visível as potencialidades deste tipo de interação/sistema.

VI. CONCLUSÃO

A exploração tecnológica dos instrumentos tem proliferado nas últimas décadas numa procura de novas sonoridades e realidades performativas. Os músicos vão aproveitando e adaptando o avanço tecnológico, vestindo a pele de cientistas, de forma a evoluírem artisticamente e tecnicamente, quer nos seus instrumentos, quer enquanto *performers*.

No que concerne à virtualidade, esta aumenta o potencial dos instrumentos tradicionais, dotando-os de novos recursos audiovisuais e transformando-os em instrumentos híbridos - apesar de continuarem a possuir as suas características sonoras naturais, estes instrumentos são agora também capazes de utilizar características sonoras digitais e virtuais. Desenvolveram-se novos ambientes ecológicos acústicos virtuais, permitindo ao instrumentista desenvolver a sua performance num ambiente gerado por computador, tal como o de colaborar com os seus pares - virtuais ou reais - usando a RV como veículo. Também o público pode agora ter acesso à experiência de assistir a concertos através da realidade virtual - 360° -, podendo posicionar-se e movimentar-se dentro do espaço de atuação.

A adição da componente computacional à performance instrumental - refiro-me ao aumento ou atuação digital dum instrumento tradicional - fez com que a forma de produzir som em tempo real se tenha modificado, passando a poder ser obtida também através das tecnologias digitais. Esta transformação digital na música, esbate a fronteira entre compositores e intérpretes - se estes forem indivíduos distintos de antemão - especialmente porque a exploração do som e do instrumento pode ser mais profícua se resultar da prática performativa [24], indo de encontro ao processo de aquisição de *knowing* - saber prático - como forma de obtenção de *knowledge* - conhecimento [51]. Contudo, esta transformação não se tem limitado ao músico solista, ou aos músicos enquanto pequenos grupos de câmara, já que o conceito de performance orquestral também tem sofrido alterações, nomeadamente através de projetos como os de Anders Lind ou do *a.bel system*. Ambos, não só exploram a junção tecnológica e orquestral em termos acústicos, como ainda utilizam os seus artefactos enquanto intermediários no campo pedagógico e artístico, promovendo a proximidade de público mais jovem à música orquestral.

Já o uso de softwares na performance instrumental, pode oferecer três diferentes formas de interação, são elas: (1) um novo e distinto mediador de interação entre pessoas; (2) possibilidade de oferecer novos caminhos interativos entre pessoas e o próprio software; (3) os diversos elementos e/ou diferentes softwares podem interagir entre eles próprios [52]. Estas três formas de interação são também transversais ao uso da virtualidade neste tipo de performance. Por outras palavras, a virtualidade pode conferir à performance instrumental: um novo posicionamento sonoro virtual - em

que é criado uma realidade virtual em relação ao posicionamento da fonte sonora [38], [43]; e, alterando o relacionamento entre consumidor e criador, na medida em que a realidade virtual permite ao consumidor assumir um posicionamento em palco, inclusivamente até assumir um papel performativo mesmo sem ter algum tipo de experiência musical [45].

Quando influenciada pela média-arte digital, a música instrumental ganha um cariz que extrapola a sua performance normal, levando a uma elevação tecnológica fora do comum, que podem ter como realização diversas vertentes, como por exemplo: instrumentos atuados e/ou aumentados; realidades virtuais; introdução de elementos aleatórios à performance através de algoritmos; HCI mediante diversos modelos, sejam por intermédio do intérprete, por intermédio do público, ou ambos; incorporação de novas tecnologias, tais como biossensores; entre outras. É neste sentido que consideramos que quando a música instrumental é absorvida pela média-arte digital - referindo-nos a uma performance/instalação com diversas componentes, e não uma junção com o digital como ampliação das capacidades sonoras ou acústicas do(s) instrumento(s), como por exemplo no caso dos instrumentos aumentados -, esta deixa de ser música instrumental no sentido tradicional da performance instrumental, passando a música a pertencer a um todo e sendo complementada por diversas camadas de conhecimento, diferenciadas em cada obra [53]-[55]. Sue Thomas, refere ainda que uma característica essencial para que um artista se consiga relacionar com a média-arte digital, é o que ela denomina de *transliteracy* [56]. "*Transliteracy is the ability to read, write and interact across a range of platforms, tools and media from signing and orality through handwriting, print, TV, radio and film, to digital social networks.*" [56]. Na mesma linha de pensamento, Seth Brodsky refere que o envolvimento digital altera a própria notação musical no sentido em que a partitura agora assume a forma de algoritmo, *patches de software*, entre outras formas [57]. Assim, estas são mais duas características que se tornam necessárias ao instrumentista, a transliteracia e a capacidade de interpretar notação musical sob forma computacional.

Voltando ao ponto de vista da música instrumental, a qual quando absorvida/influenciada pela média-arte digital apresenta dois caminhos - (1) adquire características que podem ou não ser adicionadas à sua performance musical, (2) perde o seu papel principal na performance e torna-se numa das camadas artísticas da obra/artefacto, fazendo parte de um todo enquanto produto final - para referir que esta absorção identificada, foi impulsionada pela prática musical, nomeadamente por Pierre Schaeffer na década de 1940 [58]. Contudo, se no segundo caminho, a performance tradicional da música instrumental é descaracterizada com a perda ou equivalência da importância do som face às demais abrangências da obra, o primeiro caminho é de certa forma compatível com uma performance musical instrumental, na medida em que por exemplo, um instrumento aumentado pela média-arte digital pode servir os propósitos deste tipo de performance. No entanto, a média-arte digital fomenta um papel multidisciplinar que de alguma maneira faz com que o compositor e intérprete se tornem a mesma pessoa, e,

seguindo este caminho, a música instrumental converte-se numa forma artística mais pessoal, na medida em que na sua própria conceção, o instrumentista explora-se a ele próprio e à tecnologia – seja esta de que indole for - e já não tem a necessidade de criar/usar uma partitura em papel como fonte de massificação do seu trabalho, podendo esta assumir diversos outros formatos, nomeadamente os digitais, sejam estes em forma de algoritmos, de processos, ou outros. A massificação outrora levada a cabo pela disseminação da partitura, passa a ser realizada através da distribuição/representação da sua performance/artefacto, que juntamente com uma criação artística individualizada fazem decair bastante as hipóteses de reprodução das obras por intermédio de outros artistas/músicos. A exploração de valências mencionada, conduz a que esta vertente do mercado musical e da própria música enquanto arte, saia fora dos parâmetros atuais do ensino da música instrumental, obrigando o músico a tornar-se autossuficiente e investigador no que concerne à aquisição de conhecimento neste campo. Podemos então concluir, que a média-arte digital intensificou ainda mais esta ramificação da exploração digital no mundo da música, a qual parece cada vez mais independente da sua raiz de origem. Esta influência promove que o músico amplie as suas funções enquanto artista através da multidisciplinaridade e da interdisciplinaridade, levando a que este se assuma enquanto indivíduo que está presente em todas as fases do processo criativo, numa exploração máxima do seu saber multidisciplinar e numa procura criativa que suplanta o mundo da interpretação e execução instrumental.

Por último, a interdisciplinaridade e multidisciplinaridade envolvendo a música instrumental e a média-arte digital, poderá ser - ou continuar a ser - uma oportunidade para a evolução de conceitos e descoberta de novos caminhos performativos, assim como, para uma possível renovação académica na formação dos instrumentistas e para um aumento de público.

Musicians and music education institutions of the twenty-first century are under the obligation to create spaces of interdisciplinary exchange between the arts, science and technology to stay away from the traditional model of the conservatoires that even today continue to train musicians as technicians of the instrument. [59]

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é apoiado por fundos nacionais através da FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no âmbito do projeto UIDP/04019/2020 CIAC Programático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R. Travasso, P. Alves da Veiga, and J. A. Gomes, “Major Events that Changed the Instrumentalists’ Performance,” *Int. J. Music Sci. Technol. Art*, vol. 4, no. 1, pp. 50–62, 2022, doi: <https://doi.org/10.48293/IJMSTA-86>.
- [2] C. Palmer, “Mapping Musical Thought to Musical Performance,” *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, vol. 15, no. 2, pp. 331–346, 1989, doi: [10.1037/0096-1523.15.2.331](https://doi.org/10.1037/0096-1523.15.2.331).
- [3] B. LaBelle, *Background Noise: Perspectives On Sound Art*. New York: Continuum, 2006.
- [4] T. Magnusson, *Sonic Writing, technologies of material, symbolic & signal inscriptions*. Bloomsbury Academic, 2019.
- [5] G. Ribeiro and S. Ferraz, “Guero: Música concreta instrumental e direcionalidade na peça-estudo para piano de Helmut Lachenmann,” *Rev. Vórtex*, vol. 5, no. 1, pp. 1–22, 2017.
- [6] D. Ryan and H. Lachenmann, “Composer in Interview: Helmut Lachenmann,” *Tempo*, no. 210, pp. 20–24, Oct. 1999, [Online]. Available: <http://www.jstor.org/stable/946811>
- [7] K. Marczak, “Theatrical Elements And Their Relationship With Music In Karlheinz Stockhausen’s Harlekin For Clarinet,” The University of British Columbia, 2009.
- [8] N. C. Hansen, “Luciano Berio’s Sequenza V’ analyzed along the lines of four analytical dimensions proposed by the composer,” *J. Music Mean.*, vol. 9, pp. 16–37, 2010, [Online]. Available: http://pure.au.dk/portal/files/51408986/2011_01_03_revised_and_formatted_paper_for_upload_hansen_2011_.pdf
- [9] C. Bergstrom-Nielsen, “Word as Music Notation (1998/2012),” 2012, [Online]. Available: http://www20.brinkster.com/improarchive/cbn_legno2.htm
- [10] T. Gati, *Anamorfozes na música eletroacústica mista*. São Paulo: Cultura Acadêmica Editora, 2015. doi: [10.7476/9788579837074](https://doi.org/10.7476/9788579837074).
- [11] T. Ângelo, R. Penha, J. Gomes, and P. Rebelo, “Actuated Musical Instruments - A State of the Art,” in *4th International Conference on Live Interfaces*, 2018, pp. 52–61. [Online]. Available: file:///Users/federicovisi/Downloads/Actuated_Musical_Instruments_-_A_State_of_the_Art.pdf
- [12] C. Gere, “New Media Art and the Gallery in the Digital Age,” 2008.
- [13] L. Manovich, *The Language of the New Media*. The MIT Press, 2001.
- [14] A. F. Marcos, P. S. Branco, and N. T. Zagalo, “The Creation Process in Digital Art,” in *Handbook of Multimedia for Digital Entertainment and Arts*, B. Furht, Ed. New York: Springer, 2009, pp. 601–615. doi: [10.1007/978-0-387-89024-1_27](https://doi.org/10.1007/978-0-387-89024-1_27).
- [15] P. Alves da Veiga, “Ensaio: Para uma definição de Média-Arte Digital - suportando a investigação teórica transdisciplinar baseada em prática artística,” 2020. doi: [10.13140/RG.2.1.3165.4882/1](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3165.4882/1).
- [16] I. Pace, “Notation, Time and the Performer’s Relationship to the Score in Contemporary Music,” in *Unfolding Time*, D. Crispin, Ed. Leuven University Press, 2009, pp. 151–192.
- [17] G. Paine, “Acoustic Ecology 2.0,” *Contemp. Music Rev.*, vol. 36, no. 3, pp. 171–181, 2017, doi: [10.1080/07494467.2017.1395136](https://doi.org/10.1080/07494467.2017.1395136).
- [18] S. Waters, “Performance Ecosystems: Ecological approaches to musical interaction,” in *Electroacoustic Music Studies Network EMS-07 Proceedings*, 2007.
- [19] H. Silva and C. Soares, “Thinking Art in the Technological World: And Approach to Digital Media Art Creation,” in *Trends, Experiences, and Perspectives in Immersive Multimedia and Augmented Reality*, C. Soares and E. Simão, Eds. IGI Global, 2019, pp. 102–121. doi: [10.4018/978-1-5225-5696-1.ch005](https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5696-1.ch005).
- [20] A. Clément, F. Ribeiro, R. Rodrigues, and R. Penha, “Bridging the gap between performers and the audience using networked smartphones: the a. bel system,” in *International Conference on Live Interfaces*, 2016, no. 155.
- [21] A. Lind, “Sounds Like Lind.” <http://www.soundslikelind.se/> (accessed Sep. 25, 2022).
- [22] K. A. Peppler, “Media arts: Arts education for a digital age,” *Teach. Coll. Rec.*, vol. 112, no. 8, pp. 2118–2153, 2010.
- [23] P. Louzeiro, “Comprovisador.” <https://comprovisador.wordpress.com/>
- [24] H. Portovedo, P. F. Lopes, and R. Mendes, “Composition Models for Augmented Instruments: HASGS as Case Study,” in *Proceedings NCMM 18: Nova Contemporary Music Meeting*, 2018, p. 6. [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/10400.14/27569>
- [25] R. Rowe, “The aesthetics of interactive music systems,” *Contemp. Music Rev.*, vol. 18, no. 3, pp. 83–87, 1999, doi: [10.1080/07494469900640361](https://doi.org/10.1080/07494469900640361).
- [26] J. Al Biles, “GenJam in Transition: from Genetic Jammer to Generative Jammer,” in *International Conference of Generative Art of Generative Art*, 2002. [Online]. Available: <http://www.generativeart.com/on/cic/papersGA2002/8.pdf>
- [27] L. Aly, H. Silva, G. Bernardes, and R. Penha, “Appropriating Biosensors As Embodied Control Structures In Interactive Music Systems,” *Hum. Technol.*, vol. 17, no. 1, pp. 45–80, 2021, doi: <https://doi.org/10.17011/ht/urn.202106223978>.

- [28] M. Battier, "The Emergence of Interactive Music: The Vision and Presence of Joel Chadabe," *Leonardo*, vol. 55, no. 1, pp. 107–111, 2022, doi: 10.1162/leon_a_02180.
- [29] L. Manovich, *Cultural Analytics*. The MIT Press, 2020. doi: 10.7551/mitpress/11214.001.0001.
- [30] J. Eaton, "The Paramusical ensemble: A multi-user brain control platform for people with motor disabilities," 2022. <https://joeleaton.co.uk/project/activating-memory/> (accessed Oct. 04, 2022).
- [31] R. B. Knapp, J. Jaimovich, and N. Coghlan, "Measurement of motion and emotion during musical performance," in *2009 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops*, 2009, pp. 1–5. doi: 10.1109/ACII.2009.5349469.
- [32] M. Bar-Hillel and W. A. Wagenaar, "The Perception of Randomness," *Adv. Appl. Math.*, vol. 12, no. 4, pp. 428–454, 1991, doi: 10.1016/0196-8858(91)90029-I.
- [33] E. V. Altay and B. Alatas, "Randomness as source for inspiring solution search methods: Music based approaches," *Phys. A Stat. Mech. its Appl.*, vol. 537, 2020, doi: 10.1016/j.physa.2019.122650.
- [34] F. Glover, "Paths for Integer Programming," *Comput. Oper. Res.*, vol. 13, no. 5, pp. 533–549, 1986.
- [35] C. Blum and A. Roli, "Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison," *ACM Comput. Surv.*, vol. 35, no. 3, pp. 268–308, 2003, doi: 10.1145/937503.937505.
- [36] A. Alpern, "Techniques for algorithmic composition of music," web <http://hamp.hampshire.edu/adaf92/algocomp/algocomp>, vol. 95, no. 1995, p. 120, 1995, [Online]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.23.9364&rep=rep1&type=pdf>
- [37] D. Kahn, *Noise, Water, Meat: A History of Sound in the Arts*. The MIT Press, 1999. doi: 10.1162/014892601300126124.
- [38] W. R. Sherman and A. B. Craig, *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. Morgan Kaufmann Publishers, 2003. doi: 10.1162/105474603322391668.
- [39] B. Loveridge, "Networked Music Performance in Virtual Reality : Current Perspectives Networked Music Performance in Virtual Reality : Current Perspectives," *J. Netw. Music Arts*, vol. 2, no. 1, 2020, [Online]. Available: <https://commons.library.stonybrook.edu/jonma/vol2/iss1/2>
- [40] A. Çamcı and R. Hamilton, "Audio-first VR: New perspectives on musical experiences in virtual environments," *J. New Music Res.*, 2020, doi: 10.1080/09298215.2019.1707234.
- [41] P. Shanbaum, *The Digital Interface and New Media Art Installations*. New York: Routledge, 2020. doi: 10.4324/9780429467899.
- [42] H. Yakura and M. Goto, "Enhancing Participation Experience in VR Live Concerts by Improving Motions of Virtual Audience Avatars," in *2020 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 2020, pp. 555–565. doi: 10.1109/ISMAR50242.2020.00083.
- [43] T. A. Garner, "ESound and the Virtual," in *Echoes of Other Worlds: Sound in Virtual Reality*, Palgrave Studies in Sound, 2018, pp. 47–81. doi: 10.1007/978-3-319-65708-0.
- [44] Y. J. Lin, H. K. Kao, Y. C. Tseng, M. Tsai, and L. Su, "A Human-Computer Duet System for Music Performance," in *Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia (MM'20)*, 2020, pp. 772–780. doi: 10.1145/3394171.3413921.
- [45] T. Deacon, T. Stockman, and M. Barthet, "User experience in an interactive music virtual reality system: an exploratory study," *Lect. Notes Comput. Sci. (including, vol. 10525*, pp. 192–216, 2017, doi: 10.1007/978-3-319-67738-5_12.
- [46] K. Tatar, P. Pasquier, and R. Siu, "REVIVE: An audio-visual performance with musical and visual artificial intelligence agents," in *CHI EA '18 Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems '18 Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1145/3170427.3177771.
- [47] A. Eldridge, "Fond Punctions: Generative processes in live improvised performance," in *Generative Arts Practice '05: A Creativity and Cognition Symposium*, 2005, pp. 41–51.
- [48] A. Eldridge, "Collaborating with the Behaving Machine : Simple Adaptive Dynamical Systems for Generative and Interactive Music," University of Sussex, 2008.
- [49] L. C. Yang and A. Lerch, "On the evaluation of generative models in music," *Neural Comput. Appl.*, vol. 32, no. 9, pp. 4773–4784, 2020, doi: 10.1007/s00521-018-3849-7.
- [50] F. G. Visi and A. Tanaka, "Interactive Machine Learning of Musical Gesture," in *Handbook of Artificial Intelligence for Music: Foundations, Advanced Approaches, and Developments for Creativity*, E. R. Miranda, Ed. Springer, Cham, 2021, pp. 771–798. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72116-9_27.
- [51] A. Huber, D. Ingrisch, T. Kaufmann, J. Kretz, G. Schroder, and T. Zembylas, Eds., *Knowing in performing: Artistic research in music and the performing arts*. Transcript, 2021. doi: 10.14361/9783839452875.
- [52] O. Bown, A. Eldridge, and J. McCormack, "Understanding Interaction in Contemporary Digital Music: from instruments to behavioural objects," *Organised Sound*, vol. 14, no. 2, pp. 188–196, 2009, doi: 10.1017/S1355771809000296.
- [53] L. Nijs, M. Lesaffre, and M. Leman, "The musical instrument as a natural extension of the musician," in *Music and its instruments*, M. Castellengo, H. Genevois, and J.-M. Bardez, Eds. Editions Delatour France, 2013, pp. 467–484.
- [54] D. Quaranta, *Beyond New Media Art*. Brescia: LINK Editions, 2013.
- [55] R. Travasso and J. A. Gomes, "Evolving Instrumentalist - a continuous trajectory," in *I Congreso Internacional "Intersección: arte, sociedad y tecnología en la innovación musical"*, 2021, pp. 186–191.
- [56] R. Adams, S. Gibson, and S. M. Arisona, Eds., *Transdisciplinary Digital Art - Sound, Vision and the New Screen*. Berlin: Springer, 2008.
- [57] S. Brodsky, *From 1989, or European music and the modernist unconscious*. University of California Press, 2017. doi: 10.1525/california/9780520279360.001.0001.
- [58] M. Leman, *Embodied Music Cognition and Mediation Technology*. The MIT Press, 2008.
- [59] P. Caicedo, "New Ways of Making Music and Being a Musician in the Digital Era," *Diagon. An Ibero-American Music Rev.*, vol. 5, no. 2, pp. 66–77, 2020, doi: 10.5070/d85247762.