

## **ARTE E CIBERNÉTICA: UMA ANÁLISE DA OBRA *MUSICOLOUR MACHINE* DE GORDON PASK SOB A ÓTICA DA IMPROVISAÇÃO**

### **ART AND CYBERNETICS: AN ANALYSIS OF GORDON PASK'S *MUSICOLOUR MACHINE* FROM THE PERSPECTIVE OF IMPROVISATION**

Complexidade, Sistemas Complexos Adaptativos, Emergência, Indeterminação, Controle

**ROCHA, Bruno Massara**

Universidade Federal do Espírito Santo

bmassara@gmail.com

#### **RESUMO**

Propomos uma análise do sistema cibernético *Musicolour Machine* elaborado por Gordon Pask na década de 1950 sob a ótica da teoria da improvisação. Este vínculo entre arte e cibernética vem sustentado pelo fato de que o próprio Pask declara ser do seu interesse que um sistema artificial fosse capaz de ser desenvolvido com a habilidade de improvisar aos moldes de músicos de jazz. Este sistema experimental criado por Pask almejava pôr em prática novas habilidades máquinicas de interação. Além disso, visava testar os limites dialógicos possíveis dos recursos tecnológicos disponíveis naquela época, embasados por sua teoria da conversação. Ao longo do texto abordamos os vínculos existentes entre o ciberneticista e as práticas artísticas naquele momento histórico e argumentamos que as próprias teorias da arte que tratam da improvisação podem ser relacionadas com a teoria da conversação por ele proposta. Noções como estrutura, controle e aprendizado presentes no discurso cibernético também ecoam na teoria de improvisação. Conclui-se demonstrando que a obra *Musicolour Machine* tem um papel determinante para a evolução do pensamento e a prática dos sistemas interativos eletrônicos uma vez que inaugura procedimentos dialógicos em sintonia com metodologias criativas abertas já consolidadas no plano artístico como a improvisação. Além disso, sugerimos que o entendimento dos processos de improvisação na arte são recursos valiosos para entender uma parte significativa do pensamento cibernético no que diz respeito à interatividade e abertura de sistemas artificiais.

**Palavras-chave:** Improvisação, conversação, cibernética

## **ABSTRACT**

We propose an analysis of the cybernetic system Musicolour Machine developed by Gordon Pask in the 1950's from the perspective of the theory of improvisation adopted in the artistic field, considering that it was Pask's interest that his system be able to improvise like jazz musicians. This equipment aimed to experiment new machinic abilities to interact with humans and test possible dialogic limits of technological resources in its time. We describe how the cyberneticist, teacher, writer and inventor also had connections with the artistic field, which had a direct influence on some of his inventions, such as the Musicolour Machine. We argue that the process of improvisation in art, notably in idiomatic improvisation, is the result of a set of interaction conditions that are very similar to aspects of Pask's conversation theory. Notions such as structure, control and learning present in cybernetic discourse also resonate in improvisation theory. It concludes by demonstrating that Musicolour Machine has a central role in the evolution of thinking and praxis with electronic interactive systems, and it inaugurates dialogic procedures in line with open creative methodologies already consolidated on the artistic level, such as improvisation.

**Keywords:** Improvisation, conversation, cybernetics.

## **INTRODUÇÃO**

Esforços para a criação de sistemas artificiais com atributos humanos encontram-se presente em inúmeros momentos da história da tecnologia. A expansão dos sistemas de inteligência artificial na sociedade contemporânea é, sem dúvida, consequência direta dos avanços obtidos por movimentos artísticos e científicos pregressos na busca por mecanismos capazes simular a mais distintiva qualidade humana frente aos demais seres vivos, sua inteligência (McCorduck, 2003). Por meio dela, humanos são capazes de agir de modo extremamente complexo, desenvolver aprendizado, criatividade, modos particulares de interação, subjetivação, representação e a habilidade de improvisar. A improvisação é um modo de atuação que pressupõe uma inteligência que oriente ações espontâneas, intuitivas, dialógicas, contingentes, atreladas a uma rica rede de repertórios/memórias internalizadas que são acessadas num tempo e espaço síncrono com a práxis (Rocha, 2015). Esta rica forma de expressão pode ser considerada como uma das mais representativas daquilo que nos torna humanos, combinando percepção, linguagem, subjetividade, experimentação e o

desejo de transgressão. Inspirado pela variabilidade, naturalidade e espontaneidade das práticas artísticas de improvisação, como a música e a dança, o ciberneticista Gordon Pask dedicou-se a construir uma máquina capaz de atuar e interagir com um artista em uma performance baseada na improvisação. Esta máquina, intitulada *Musicolour Machine (MM)* alimentava um desejo ambicioso de desenvolver sistemas eletrônicos dotados de aprendizado, aptidão para se engajarem numa relação verdadeiramente dialógica com humanos, oferecendo variabilidade de estímulos sensoriais, respostas não-previsíveis e originalidade.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma análise da obra MM sob a ótica dos processos de improvisação, demonstrado como a aproximação entre aspectos artísticos e científicos foram positivos para a evolução do pensamento sistêmico e cibernético, com desdobramentos importantes para o desenvolvimento de processos de interação humano-máquina na atualidade. O entendimento de como se estruturam os métodos de improvisação é um passo importante para subsidiar a concepção de sistemas digitais interativos que dão suporte ao exercício da criatividade humana notadamente em áreas como a arquitetura, urbanismo e design, que hoje se estruturam majoritariamente a partir de metodologias e inteligências digitais artificiais (generativas, paramétricas, algorítmicas). Nesse sentido, compreender os meios através dos quais Pask estruturou sua máquina para que ela pudesse se constituir como um mecanismo de fomento à criatividade humana, estimulando e simulando a emergência de expressões artísticas por meio da improvisação, nos parece ser uma contribuição relevante para os domínios computacionais atuais.

## **CONTEXTUALIZAÇÃO**

Desde 1969 Pask já apontava as limitações de métodos projetuais canônicos como alternativa para responder às exigências da modernidade, como por exemplo para o desenvolvimento de projetos de alta complexidade como estações de trem e grandes ambientes expositivos (Pask, 1971). Numa postura de antecipou muitas preocupações ainda atuais, o ciberneticista era assertivo ao afirmar que os desdobramentos dos avanços

tecnológicos na sociedade moderna não poderiam ser resolvidos pela pura aplicação de regras pré-determinadas, mas ao contrário, deveriam estar condicionadas ao entendimento do edifício não como um objeto isolado, mas como parte de um ecossistema maior dentro do qual fosse possível interagir perpetuamente com seus habitantes (ibid.).

Hoje, ainda convivemos com limitações dos métodos projetuais formalistas e deterministas, e os desafios da sociedade atual parecem ainda mais complexos, a exemplo dos problemas urbanos, ecológicos e sociais. A condição hipermoderna (Lipovetsky, 2004) em que vivemos, de extrema pluralidade e desigualdade, impõe obstáculos para quaisquer posicionamentos de enfrentamento sustentados por estratégias de controle rígido. Estudiosos da complexidade, como Edgar Morin (2011) afirmam ser necessários métodos atualizados de comunicação e agenciamento, estruturados por princípios de organização flexíveis e dialógicos. O autor realça a grande volatilidade nas formações discursivas contemporâneas e, de modo convergente a Pask, compartilha a preocupação com a rigidez dos mecanismos de percepção, estruturação e resolução adotados para enfrentar situações-problema em contextos de grande complexidade. Há, portanto, uma demanda real por posicionamentos que compreendam realidade e contexto sob uma perspectiva sistêmica.

Em se tratando do campo de atuação de arquitetos, urbanistas e designers, os desafios dos problemas de complexidade se fazem presentes em situações tais quais: como projetar considerando a impossibilidade de antecipação plena dos condicionantes de projeto? Como lidar com situações-problema cuja configuração inicial se altera diante do esforço em resolvê-la? Como operacionalizar processos baseados em variações contínuas sem perda de coerência, identidade e fluidez? Sabe-se que a constituição disciplinar da arquitetura foi fortemente marcada por um pensamento científico régio e por um processo de codificação determinístico centrado na morfologia das estruturas projetadas (Rocha, 2015). No entanto, influenciados pelos trabalhos de visionários como Pask, os avanços nas tecnologias numéricas possibilitaram a emergência de modelos completamente novos de raciocínio projetual, bem como de novas modalidades de espaços, objetos e sistemas com qualidades híbridas, adaptativas e interativas. É possível afirmar que o pensamento sistêmico

cibernético é um elemento subjacente primordial para a evolução tecnológica e epistemológica das práticas projetuais. Percebe-se, por meio de instalações experimentais como *MM*, como a aproximação do pensamento cibernético com práticas artísticas foi essencial para retroalimentar a evolução dos sistemas eletrônicos dando a eles dimensão menos funcional e mais comportamental, ou ainda, menos previsível e mais espontânea. Subjaz à dedicação de Pask em desenvolver um sistema eletrônico apto a improvisar o desejo de aprofundar os estudos cibernéticos aplicados na criação de mecanismos de processamento de informações mais complexos, com capacidade dialógica, objetivos não-específicos e reprogramáveis.

Temos a expectativa de que, por meio da análise da obra *MM* de Gordon Pask e de sua intenção de criar um regime interativo dialógico para sistemas eletrônicos artificiais, possa ser possível, pelo viés da teoria dedicada aos processos de improvisação, ampliar os mecanismos conceituais de entendimento da cibernética e indiretamente realçar a importância de uma leitura original estruturada sobre a obra de Pask visando reforçar a sua importância para a prática computacional atual.

## **ARTE E CIBERNÉTICA**

Desde os primeiros movimentos do pensamento cibernético, a procura por mecanismos capazes de proporcionar um tipo de interação humano-máquina mais agregativa, relacional e menos previsível era indicativo do interesse dos ciberneticistas pelo universo da estética, da criação artística e da sensibilidade simbólica e interpretativa. As formulações teóricas de Gordon Pask foram sensivelmente influenciadas pelas correntes de vanguarda artísticas do início do século XX, período de intensa investigação processual no qual temáticas como abstração, intuição, espontaneidade e incerteza frente às possibilidades da obra de arte mobilizavam esforços de grupos como COBRA, de artistas do Expressionismo Abstrato, em especial, Asger Jorn, Jackson Pollock e Vassily Kandinsky. Segundo Smith e Dean (1997) tais movimento, grupos e práticas artísticas de vanguarda viam na improvisação um rico potencial estético e expressivo. A consideravam um procedimento compatível com os

interesses estéticos em cena, a saber: o desejo de criação descolado de predefinições, o exercício criativo orientado pelo próprio ato e gestualidade do fazer, a geração de obras que não tivessem referências anteriores, mas resultantes de seus próprios processos de construção. Neste enquadramento, a obra artística não poderia ser plenamente absorvida por meio de uma análise de seu resultado formal, mas a partir das problemáticas instauradas em seu próprio processo de construção, obras que se constituiriam como uma performance, um acontecimento ou um evento, antes de mais nada.

Inúmeros artistas contemporâneos a Pask, como Peter Zinovieff e Edward Ihnatowicz (integrantes da exposição *Cybernetic Serendipity: the computer and the arts* - 1968), propuseram experimentações com sistemas eletrônicos dotados de uma suposta capacidade de improvisação. Tanto no caso específico da *MM* quanto nas instalações destes artistas pioneiros, havia um objetivo declaradamente manifesto de aperfeiçoar a capacidade dos sistemas artificiais em não oferecerem respostas pré-definidas, padronizadas e previsíveis numa situação de interação com humanos, e assim avançar o conhecimento computacional rumo a estratégias mais complexas de programação e controle, ao ponto de se alcançar o aprendizado maquínico.

Experimentações com sonoridades computacionais interativas nos anos 1970 foram realizadas por artistas importantes como David Rosenboom e George Lewis, pioneiros na concepção e fabricação de sistemas eletrônicos dotados de relativa autonomia, subjetividade e unicidade de respostas. Lewis (2021) explorou o que definia como "espaços sônicos conversacionais coletivos não-hierárquicos" por meio de sistemas dotados de sub-rotinas e programações voltados para atuar junto ao humano criando um espaço/ambiente estético experimental na interação humano-máquina.

A obra *MM* de Pask reflete o desejo de se instaurar uma relação de diálogo com os novos princípios operativos adotados pelas vanguardas artísticas com o diferencial de fazer uso exploratório de sistemas eletrônicos, circuitos, luzes e sensores como instrumentos para gerar performances interativas baseadas na improvisação. Pask considerava que, para que um sistema artificial eletrônico pudesse improvisar, ou seja, dar respostas diferentes para os

mesmos estímulos sensoriais e surpreender o interator, tal sistema deveria ter a capacidade de perceber o contexto, avaliá-lo e aprender com ele.

## **A PRÁTICA DE IMPROVISAÇÃO**

Há duas terminologias principais identificadas na literatura utilizadas para a diferenciação entre as modalidades e formas de expressão da improvisação, sendo elas: improvisação idiomática e improvisação não idiomática. O termo idiomático faz referência a uma linguagem referencial, ou idioma, sobre a qual se apoia a ação improvisativa e a partir da qual a expressão artística retira suas motivações e define sua identidade (Bailey, 1993). A diferenciação inicial entre os dois modos de improvisação está condicionada à presença ou ausência deste idioma subjacente. No caso da improvisação idiomática, o papel do idioma é configurar uma linguagem de referência que oriente a ação improvisativa e auxilie a coordená-la. Na improvisação não-idiomática não há um idioma de referência e, por esta razão, ela é comumente referida como improvisação livre. No primeiro caso, o grau de complexidade da linguagem idiomática referencial influencia no modo como são produzidos os significados e as sequências expressivas. Outras terminologias podem ser encontradas para identificar esta condição estruturada da improvisação como, por exemplo: improvisação matricial ou referencial (Smith & Dean, 1997). Todas estas definições são sinônimos para identificar a presença subjacente de uma estruturação de informações (partitura) cuja conformação flexível permite variações (recursivas) sem risco de perda de referencial.

Um exemplo notável desta prática foi a gravação do álbum *Kind of Blue* de Miles Davis para o qual o compositor de jazz norte americano adotou um sistema intitulado *Modal Jazz*. A autora Liz Danzico (2010) explica que no Modal Jazz as músicas são estruturadas com módulos independentes (tonalidades, compassos, linha melódica) sobre os quais os demais membros do grupo improvisam e desenvolvem suas progressões. Segundo a autora, os módulos possuem regras implícitas que orientam e conduzem outras ações criativas em

tempo real sem perda da coerência, configurando-se como uma estruturação de referência para a emergência de novos e inesperados comportamentos.

O conceito de estrutura é recorrente nos textos de Gordon Pask, mas o autor alertava de que ele deveria ser enquadrado de forma ampliada, associada a um entendimento sistêmico, como um programa, um conjunto de formulações que organizam o comportamento humano e que sejam capazes de perceber o contexto e evoluir com ele. Há uma relação de afinidade entre o uso dado ao conceito de estrutura em Pask e as definições de Danzico para as práticas de improvisação idiomática.

De acordo com Tomasi (2010), o idioma pode ser associado a um tipo de codificação prévia que, assim como uma gramática (ou algoritmo), forma uma matriz que é utilizada continuamente de forma circular, agregando ao longo do tempo novas configurações e significados. Trata-se de um princípio de estruturação da variabilidade em um sistema de relações que orienta a ação criativa preservando sua coerência. De modo análogo, Gordon Pask afirmava que MM deveria se constituir como um ambiente projetado para encorajar uma interação prazerosa (no sentido de coerência), oferecer variabilidade suficiente para promover originalidade e ser potencialmente controlável para não inundar o interator com informações a ponto de se tornar ininteligível (Pask, 1971). Pask considerava que, para que seu sistema pudesse criar um engajamento aos moldes de um processo de conversação, ele deveria operar no interstício entre dois extremos: por um lado, não se tornar monótono ou repetitivo e, por outro, não gerar distúrbios excessivos a ponto de perturbar o interator. Para obter esse tipo de equilíbrio e engajar-se em um processo de conversação o equipamento demandaria qualidades de aprendizado e emergência.

## **ASPECTOS DA MUSICOLOUR MACHINE**

A Musicolour Machine foi desenvolvida em várias versões, sendo sua primeira elaborada em parceria com Robin McKinnon Wood e apresentada em Cambridge em 1953 (ibid.). Não há muitos registros visuais desta máquina, mas autores como Paul Pangaro, que tiveram



proximidade com o trabalho de Pask durante sua vida se referem a ela como um "órgão [instrumento] de luz" (ZKM, 2021). Imagens do *Gordon Pask Archives* mostram um equipamento semelhante a um *mainframe* de computador, com válvulas, cabos, comandos analógicos, visores, luzes e um microfone. Desde sua concepção apresentava-se como uma criação artística, que adotava o conceito de sinestesia como suporte para se colocar em mais de uma modalidade sensorial, sonora e visual. Tecnicamente, o deslocamento entre uma modalidade e outra era conduzido por meio da transdução, um método de conversão de energia que transforma registros físicos (ondas sonoras) em sinais elétricos (luzes). Ao longo do processo de transdução o equipamento processaria os sons capturados por um microfone em uma sequência de filtros que, segundo Pask (1971) eram dotados de "atributos de escuta". Uma programação interna destes filtros faria com que cada momento de captura fosse correspondido com uma sequência de acendimentos luminosos emitidos pela máquina. No entanto, tais programações se alterariam internamente em função de regras de análise das frequências e ritmos sonoros capturados durante a performance do artista por meio de um microfone. O objetivo do experimento era testar modos de interação humano-máquina que pudessem sempre produzir um efeito inesperado e prolongar o diálogo criativo.

Esta condição de variabilidade na estrutura interna do equipamento daria suporte ao desejo de Pask de criar um "ambiente esteticamente potente" (ibid.), que fosse capaz de instaurar uma relação de complementaridade à atuação dos artistas. Pask considerou criar um *loop* cibernético entre as ações do artista condicionadas pelo ritmo das luzes projetadas, e a programação da máquina em relação aos padrões sonoros capturados. A todo instante em que a máquina identificava certa regularidade nos padrões sonoros e se sentia "entediada", ela alterava seus filtros a passava a não responder da mesma maneira, provocando no artista o desejo de buscar novas harmonias e tonalidades que a estimulasse novamente. Esperava-se assim, prolongar o engajamento humano-máquina, instaurar um regime de reciprocidade de experimentações, aos moldes de uma performance jazzística.

Subjacente ao ato criativo em andamento, estavam em discussão aspectos centrais de sua teoria da conversação. Pangaro (2023) explica ser possível definir este corpo de conhecimentos desenvolvido por Pask como uma teoria da prática ou teoria da interação. Um dos pontos centrais sumarizados pelo autor é que a produção do conhecimento está diretamente atrelada ao instante em que nos encontramos em um estado de troca com alguém ou algo. Neste sentido, o nosso entendimento sobre determinado tema ou objeto é um processo de teorização que ocorre a partir de um engajamento interativo baseado no agora, um agenciamento compartilhado de forma instantânea que pode ser analogamente entendido como uma dança. Segundo ele, num processo de conversação (que é mais amplo e abrangente do que um processo de comunicação) há sempre uma condição de conflito e contraposições, mas que são necessárias para que as teorias sejam criadas e não apenas confirmadas.

Neste ponto, é conveniente retomar a noção de improvisação para efeito comparativo com as aplicações da teoria da conversação de Pask em sua máquina-instrumento. Conforme descreve Molson (1996), a improvisação é uma atividade de forte caráter dialógico, executada em tempo real, cuja interação é resultante de uma tensão dinamicamente criada pelos músicos por meio do enfrentamento de elementos expressivos relativamente fixos e variáveis (escalas, tons, ritmos, modulações). No decorrer da performance, os músicos interpretam continuamente as expressões individuais de cada um de seus pares, recriando suas trajetórias estéticas particulares numa condição contínua de trocas com bastante semelhança ao agenciamento sugerido por Pask em sua teoria da conversação.

Toda a variabilidade necessária à máquina Pask deveria ser gerada por meio de suas programações internas que, de certa maneira, representam o aspecto idiomático do sistema, tal qual proposto por Miles Davis em seu *Modal Jazz*. Sua matriz interna de condicionantes controlavam o andamento das respostas (*outputs*) sob a forma de padrões de luzes evolutivos. A noção de controle é central nos estudos cibernéticos, e é justamente por meio de um regime de atualização constante de seus condicionantes de controle que ele buscava tornar sua máquina mais do que um instrumento, mas um outro membro do grupo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trazemos aqui alguns apontamentos finais de caráter não conclusivo que se colocam como oportunidades de retroalimentar outros possíveis entendimentos sobre a obra *MM* do ciberneticista Gordon Pask. Fortemente inspirada em princípios estéticos e artísticos, esta obra nos permite conduzir uma discussão ampliada sobre estratégias dialógicas, interativas que de alguma maneira antecederam e serviram como referencial para parte do pensamento cibernético. A improvisação, estudada a partir de suas manifestações artísticas e teorizadas numa ótica metodológica revelou-se um procedimento precioso para orientar processos criativos computacionais baseados na interatividade.

Como apontamento de caráter complementar, cabe mencionar que a improvisação é um princípio de ação que pode dar origem a processos de emergência criativa, e nos auxilia a imaginar como novas e mais complexas ordenações podem ser geradas a partir de estruturas mais simples e previsíveis (Cariani, 1997). A emergência nos auxilia a entender como a espontaneidade pode ocorrer em um determinado sistema de relações. Para Cariani (1997), a emergência é um tipo de desvio de comportamento na estrutura de um sistema fruto de sucessivas interações e enfrentamentos deste com o meio. Todo sistema é formado por estruturas elementares as quais ele denomina de *primitivos*. Os primitivos são as entidades que compõem os sistemas, podendo ser átomos, símbolos formais, estados, funcionalidades ou operações, podendo ser ainda, como no caso do *Modal Jazz*, tonalidades, compassos ou harmonizações preexistentes. Nesse último caso, por exemplo, a base estrutural criada pelas entidades primitivas orientam o desenvolvimento da performance mas, além disso, e mais importante, permitem que novas entidades sejam produzidas a partir de interferências ou influências externas. Esse processo define a emergência criativa: a criação de uma nova propriedade ou comportamento que em algum sentido não foram previstos pela estruturação inicial do sistema e que também não se restringem às combinações iniciais oferecidas pelos primitivos originais. A estrutura inicial funciona como uma referência de coerência para a emergência de novos comportamentos e novos primitivos que, uma vez

criados, redefinem os parâmetros de coerência. A improvisação idiomática implica nesta busca por coerência ao longo de contínuos e sucessivos rearranjos de uma estrutura inicial e na sua evolução a partir da criação espontânea de novas entidades constituintes.

Estas definições vão diretamente de encontro com a obra *Musicolour Machine*. Buscamos apresentar ao leitor um panorama teórico estruturado utilizado para explicar parte dos processos criativos baseados na improvisação idiomática como forma de orientar e definir parâmetros de projeto para sistemas interativos artificiais. Por meio deste repertório de definições e conceitos aplicados ao fazer artístico, esperamos contribuir com um olhar transversal para o entendimento dos procedimentos e expectativas de Pask em suas criações maquínicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAILEY, Derek. **Improvisation: Its Nature and Practice in Music**. New York: Da Capo Press, 1993.

CARIANI, Peter. Emergence of new signal-primitives in neural systems. **Intellectica**, v. 2, p. 95-143, 1997.

COSTA, Carlos Zibel. **Além das Formas: introdução ao pensamento contemporâneo no design, nas artes e na arquitetura**. São Paulo: Annablume, 2010.

DANZICO, Liz. **Frames: notes on improvisation and design**. Disponível em: <<http://www.ixda.org/resources/liz-danzico-frames-notes-improvisation-and-design-0>> Acesso em: 9 jun. 2014.

FISCHER, Gerhard; GIACCARDI, Elisa. Meta-design: a framework for the future of end-user development. In: LIEBERMAN, H.; PATERNÒ, F.; WULF, V. (Eds.). **End user development - empowering people to flexibly employ advanced information and communication technology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 2004. p. 427-447.

HAQUE, Usman. The architectural relevance of Gordon Pask. **AD Profile**, 188 (77): 2007. 55-60.

LEWIS, George. **Why do we want our computers to improvise?** [Online] Disponível em: <https://www.media.mit.edu/videos/ml-perspectives-2021-04-29/> , acessado em 15/09/2023

LIPOVETSKY, Gilles. **Os Tempos Hipermodernos**. São Paulo: Barcarolla, 2004.

McCORDUCK, Pamela. **Machines who think: a personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence**. Massachusetts: Natick, 2003.

MOLSON, Ingrid. **Saying something - jazz improvisation and interaction**. Chicago: University of Chicago, 1996.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2011.

PASK, Gordon. A comment, a history and a plan. In: REICHARDT, J. **Cybernetic, art and ideas**. 76-81. London: Studio Vista, 1971.

PANGARO, Paul. **Paskian Artifacts—Machines and Models of Gordon Pask**. [Online] Disponível em: <https://vimeo.com/16379760>. Acesso em: 17 set. 2023.

ROCHA, Bruno Massara. **Complexidade e improvisação em arquitetura**. 2015. 256 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SMITH, Hazel; DEAN, Roger. **Improvisation, hypermedia and the arts since 1945**. Amsterdam: Harwood Academy Publishers, 1997.

TOMASI, Gabriele. On the spontaneity of jazz improvisations. In: SANTI, M. (Ed.). **Improvisation: between technique and spontaneity**. Newcastle: Cambridge Scholars, 2010. p. 77-102.

ZKM. **The Art of Living in Conversation - A conversation about the cybernetician Gordon Pask**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=N66NFjRdUFw>. Acesso em: 16 set 2023.