

MindFluctuations: cenários interativos em BCI (brain computer interface)¹

Tania Fraga²

RESUMO:

O artigo descreve e reflete sobre o processo de concepção e realização do espetáculo de dança com cenários interativos que respondem às emoções de alguns dançarinos, *MindFluctuations*. Apresenta soluções para uma série de questões decorrentes desse processo que podem vir a ser aplicadas para outros espetáculos que utilizem obras computacionais interativas. Para atingir esses objetivos, foca-se no estudo de um caso específico, bastante complexo e que envolveu profissionais diversos tais como músicos, coreógrafos, dançarinos, iluminadores, gerentes de palco, programadores e cientistas de diversas áreas, entre outros. *MindFluctuations* foi concebido conjuntamente com a coreógrafa americana Maida Withers e estreou em 2015, em *Washington, DC*. Nesse espetáculo, os dançarinos usaram capacetes neurais especiais para captar seus estados emocionais que foram digitalizados e interpretados por meio de computadores de modo a influenciar agentes autônomos que existem nas realidades virtuais 3D projetadas como cenários. Os compositores e músicos John Driscoll e Steve Hilmy executaram as músicas ao vivo num ambiente sonoro criado com instrumentos robóticos e de música eletrônica.

PALAVRAS CHAVES:

arte computacional interativa, realidade virtual, interface cérebro computador - BCI

INTRODUÇÃO

Este artigo descreve e reflete sobre o processo de concepção e realização do espetáculo de dança com cenários interativos que respondem às emoções de alguns dançarinos, *MindFluctuations*³,

¹ Apresentado em simpósio do LabFront na Escola Guignard de Belo Horizonte em 2017

² Tania Fraga, artista e arquiteta, doutora em comunicação e semiótica pela PUC/SP, foi professora do Instituto de Artes da UnB e é vice-presidente do Instituto de Matemática e Arte de São Paulo. E-mail: tania.fraga@gmail.com

³ Concepção: Maida Withers e Tania Fraga (Maida Withers Dance Construction Company)

Fotógrafo: Shaun Schroth

Músicos: John Driscoll e Steve Hilmy

Light design: Izzy Einsidler

Escultor: David Page

Gerente de cena: Tarythe Albrecht

Agradecimentos:

desde sua concepção até sua realização. Visa apresentar o desenvolvimento profissional de uma obra artística computacional interativa e sua aplicação no espaço cênico mostrando a resolução de inúmeros problemas por um método de aproximações sucessivas às metas desejadas. Nele, os mundos virtuais, com o auxílio de aparatos computacionais, dialogam com a coreografia, as músicas e integram-se no espaço cenográfico. A interseção transdisciplinar desses campos possibilitou que o desenvolvimento das investigações pudessem formar um conjunto fundamental de estratégias e ações viabilizando a sua produção e seus produtos complementares.

MindFluctuations é um espetáculo de dança concebido conjuntamente com a coreógrafa americana Maida Withers e estreou em 19 de Março de 2015 no teatro Lisner, em *Washington, DC, USA*. Nele, os dançarinos usaram capacetes neurais especiais da Emotiv⁴ que permitiam que estados emocionais captados por meio da atividade neural de seus cérebros fossem digitalizados e interpretados por computadores de modo a influenciarem as realidades virtuais 3D projetadas como cenários numa tela que cobria todo o fundo do palco. Os compositores e músicos John Driscoll e Steve Hilmy executaram as músicas ao vivo num ambiente sonoro criado com instrumentos robóticos e de música eletrônica.

O espetáculo tem por base um aplicativo, *NumericVariations*⁵, que cria realidades virtuais e com elas interage através de uma interface cérebro computador, BCI. Os agentes autônomos que habitam os espaços virtuais respondem às emoções dos dançarinos, mudando seu comportamento e criando novas situações a cada interação. São 11 domínios virtuais que mostram processos inerentes a uma jornada evolutiva onírica. Essas realidades virtuais acontecem a partir de processos muito mais simples do que os existentes na natureza, mas são nela inspirados. São similares às ondas do mar, às nuvens do céu, ou aos flocos de neve: sempre os mesmos e nunca os mesmos.

O aplicativo, com a interface cérebro computador, levou 3 anos para ser programado inicialmente e contou com consultorias de programadores e cientistas de diversas áreas. Em seus domínios virtuais, 'árvores' crescem, emoções inseminam partículas que se espalham pelo espaço, robôs virtuais organizados em bandos de predadores e presas ora agem como canibais, ora perseguem uns aos

The George Washington University
Instituto de Matemática e Arte de São Paulo

⁴ O capacete capta a atividade neural do usuário por meio de 16 sensores que as leem e as interpretam provendo *insights* quanto ao estado mental e emocional desse usuário. Ele utiliza numerosas técnicas de modelagem geralmente denominadas algoritmos EEG para interpretar os sinais recebidos de modo a identificar e quantificar os estados mentais e as emoções desse usuário.

⁵ Ficha técnica:

Produção, concepção e implementação: Tania Fraga
Programação Computacional: Pedro Garcia e Tania Fraga
Engenharia de software: Mauro Pichiliani
Projeto gráfico, expográfico e interativo: Tania Fraga
Consultor matemático: Donizetti Louro
Fotografias: Tania Fraga

outros, ora dançam quando se encontram, a câmera virtual movimentada-se em percursos influenciados pelas emoções captadas, e esferas em colisões rolam pelo espaço e podem tornarem-se caóticas. Todos esses processos acontecem de modo singular a cada apresentação do espetáculo ou das instalações. Embora os cenários se repitam, a cada evento o resultado é único e pode nunca mais voltar a acontecer do mesmo modo. São processos que se mostram em seu devir, que estão acontecendo naquele instante como algo similar a uma coisa viva, mas que é, ao mesmo tempo, uma pura expressão visual de um universo matemático.

ESTUDO DE CASO: *MindFluctuations*

Para que se possa realizar obras de arte computacionais interativas, com plenitude e vigor, é preciso perguntar: O que se pretende fazer? Como expressar algo de modo que o que está sendo feito leve o público a perceber e sentir poeticamente esse algo? Como articular o que se faz para que a tecnologia computacional funcione e se apresente sem se esconder e sem atrapalhar os objetivos poéticos e estéticos da obra que se apresenta? Como funcionam os dispositivos? Como converter os diversos formatos envolvidos ao se trabalhar com o universo digital e o analógico? Quais as estratégias necessárias para que se possa escolher o melhor resultado dentro do campo dos possíveis? Como lidar com as interferências e as degradações dos sinais em ambientes mistos parcialmente tecnológicos como os teatros tradicionais?

Para dar uma resposta às questões apresentadas acima e também dar prosseguimento a um necessário processo de reflexão, apresenta-se aqui um estudo de caso complexo que envolveu profissionais diversos tais como músicos, coreógrafos, dançarinos, iluminadores, gerentes de palco, programadores e cientistas de diversas áreas, entre outros.

Muitos aspectos conceituais, estéticos e poéticos de outras obras similares a esta tem sido intensivamente abordados em outros artigos (Fraga 2005, 2012, 2013, 2014, 2015c, 2015d, 2015e). Aqui, pretende-se descrever como o processo se desenrolou e destacar os aspectos técnicos, poéticos e estéticos que são necessários para que se possa tanto realizar projetos interativos envolvendo realidade virtual e interfaces cérebro computador (BCI), como compreendê-los. Tais projetos demandam o uso de algoritmos complexos cujo processamento de dados em tempo real requerem cálculos intensivos. Em décadas passadas, tais projetos requereriam super computadores para sua realização. Hoje é possível realizá-los com bons computadores para jogos. Este artigo visa oferecer um panorama das estratégias encontradas para levar esse tipo de projeto para o palco de teatros, para instalações em exposições de arte e para o grande público.

Na década de 90 do século passado, um minuto de animação, isto é 1800 quadros, poderia

demorar semanas para seu processamento e os resultados apenas podiam ser apresentados em vídeos. Nas décadas seguintes, essas animações, sons e imagens pré-computados passaram a ser arquivados como sons, imagens e vídeos em bancos de dados. Os conteúdos desses bancos de dados podem ser acessados constantemente e serem apresentados de modo mais interativo. Tais procedimentos, muitas vezes, criam a ilusão de que animações, sons e imagens estão sendo processados em tempo real. Esse tipo de arranjo ainda hoje é empregado e provoca inúmeros equívocos, pois há um desconhecimento, por parte do público e da crítica, dos processos que estão acontecendo no palco. Essa maneira de apresentação é bastante diferente daquela que se processa em tempo real e em permanente devir e cujo desenvolvimento será descrito a seguir.

Em fevereiro de 2014, a estrutura básica e os algoritmos utilizados no aplicativo *NumericVariations* estavam funcionando a contento e a coreógrafa Maida Withers viajou até São Paulo, num programa de residências artísticas iniciado pelo Instituto de Matemática e Arte de São Paulo para uma residência de 15 dias que lhe permitisse experimentar as possibilidades desse aplicativo. A partir do núcleo de realidades virtuais até então programadas foi criada uma jornada com 11 mundos virtuais e foi delineada uma versão beta.

A partir dessa versão preliminar, aconteceu um processo de desenvolvimento de ideias em conjunto com Maida, com conversas frequentes através de Skype e e-mails, que durou cerca de um ano e demandou a elaboração de modos de investigações e experimentações que viabilizassem sua realização. Havia necessidade de aprimoramento e de adaptação constantes durante a criação das novas versões do aplicativo as quais eram enviados para os *USA* para download através de compartilhamento no aplicativo *Dropbox* para serem testadas pela coreógrafa, seus dançarinos e pelos músicos. Duas instalações *site specific* em exposições foram com eles montadas⁶ (ver figura 1).

É importante destacar novamente a diferença marcante entre o se trabalhar com vídeos em bancos de dados e a interação ao vivo em tempo real. Um aforismo sintetiza o campo de possíveis que se apresenta ao artista computacional que programa tais realidades virtuais: **se uma imagem vale por mil palavras, uma simulação interativa, uma realidade virtual, vale por mil milhões delas**. Imagens, 'snapshots', de mundos virtuais mostram alguns pontos de vista desses micro-mundos tridimensionais que nada mais são do que vislumbres desses possíveis.

Vídeos⁷ mostram a diversidade e a dinâmica dessas realidades virtuais, no entanto

⁶ Essas exposições aconteceram ambas em 2014, uma em Santa Maria, RS, no Simpósio de Arte Contemporânea da UFRSM, onde foi possível utilizar o capacete neural e outra em Brasília, na exposição EmMeio#6 no Museu da República, onde se utilizou um vídeo de atividade neural para afetar os mundos virtuais.

⁷ Ver vídeos nos youTube, Vimeo e sites da autora: <http://taniafraga.art.br>, <http://taniafraga.wordpress.com>, <https://vimeo.com/taniafraga>, <https://www.youtube.com/user/taniafraga1>. Acessados em 04 de Março de 2015.

eles são apenas momentos de uma interação que foi capturada, congelada num espaço tempo linear. É preciso entender que um aplicativo ou software que cria realidades virtuais possui objetos, agentes ou seres virtuais que habitam esses espaços (Fraga 2015e).

Como dito anteriormente, esses domínios possibilitam variações de um universo de processos autônomos que se apresentam em cenários similares aos antes mostrados, mas que nunca são exatamente os mesmos a cada apresentação da obra, seja em instalações *site specific*, seja em espetáculos e performances (Fraga 2015a, 2015b, 2015c). A mesma ‘semente’ apresenta-se em diferentes momentos e cria um resultado que é singular e que carrega consigo o potencial de nunca voltar a acontecer do mesmo modo, pois são processos, que embora sendo muito mais simples que os processos da vida e da natureza, são similares a eles; são processos que, como dito antes, são a expressão visual e sonora de um fluido universo matemático.

No que se refere ao *software*, essa obra tem como base um aplicativo ou *software* customizado escrito na linguagem Java (API Java3D™). Ele permite criar realidades virtuais que podem ser apresentadas em performances, instalações *site specific*, ou ambas, inclusive em CAVEs⁸. Em sua totalidade, o aplicativo tem cerca de 258 classes Java escritas em cerca de 70 000 (setenta mil) linhas de código.

As fotos usadas nos mapeamentos de texturas são imagens em formato gif com transparências e as imagens dos fundos de cada mundo virtual são cuidadosamente fotografadas, escolhidas, retrabalhadas e possuem resolução entre 300 e 600 DPIs, de modo que podem ser ampliadas em grandes projeções (ver figura 2).

As formas e as cores são definidas em faixas de modo que mesmo quando afetadas por fatores aleatórios mantêm suas proporções, matizes, saturações e valores dentro de conjuntos harmônicos de modo que as qualidades visuais escolhidas não poderão ser perdidas durante a interação. O aplicativo utiliza interface cérebro computador (BCI) de modo que as conexões mentais entre os interatores e as simulações são intensificadas. Tece o aparato sensorio humano com a matemática criando fenômenos estocásticos que formam uma complexa rede poética de dados e relações (Fraga, Louro & Pichiliani 2013 e Hirata, Pichiliani, & Fraga 2012).

Nas instalações — quando as dificuldades logísticas decorrentes de se oferecer o capacete neural ao público em geral não podem ser suplantadas — a interação, que aconteceria através do capacete neural, pode ser substituída por um vídeo pré gravado de atividade neural. Esse procedimento oferece também um plano alternativo para quando ocorrem perdas de sinais entre o capacete e o computador no

⁸ CAVE: Computer Automated Virtual Environment

palco durante o espetáculo.

Como foi dito, o espetáculo *MindFluctuations* tem por base o aplicativo *NumericVariations* e é formado por um conjunto de 11 domínios virtuais. Esse conjunto é apresentado poeticamente como uma jornada que vai de um começo a um fim, ou um estado terminal o qual pode significar um novo começo. Cada mundo virtual tem uma duração de entre 5 e 7 minutos e o espetáculo total durou cerca de 1h30 (Fraga 2015c).

Para exemplificar o desenvolvimento conjunto do projeto com Maida Withers, alguns extratos de correspondências trocadas por e-mail e conversas por Skype são apresentados seguir:

I (Tania) am finishing the tests for the new version. It is as you (Maida) asked me. I will put it in Dropbox as soon as I finish the tests thus you may work with them. There are big changes in many of the worlds due to the emotional state values I am using. For example, the camera in the Musician in LA and the Beginning may become very crazy if the dancer is in a state of calmness and will work more harmoniously if they are excited. In Blackness and Whiteness the balls go berserk in the same state, and in Whiteness they even may fly. (...) With the fractal growing trees they also grow or contract depending on the emotional state of the dancer. If this state fluctuates a lot some chaotic phenomena may occur due to the type of number I used (float). In BrainEruption (the cars) and Panspermia there are explosions of particles each time the dancer is excited. I tested the application in 2 exhibitions here and it is working very well. (...)

*When opening the worlds there is a **small translucent white window** (...) that **MUST** be over the end of the window of the affective suite of the neuroheadset at Emotiv control panel. This window reads the position of the orange line and pass values to the worlds. (..) If you put the small translucent window over the video of brain activity I am sending it will be as if someone is interacting with the worlds. This will also be our **plan B** just in case we have any trouble with the helmet (...).*



Figura 1: exposições em Santa Maria e em Brasília, 2014 (Fotos: Tania Fraga)



Figura 2: fotos das transformações dos fundos (Fotos: Tania Fraga)

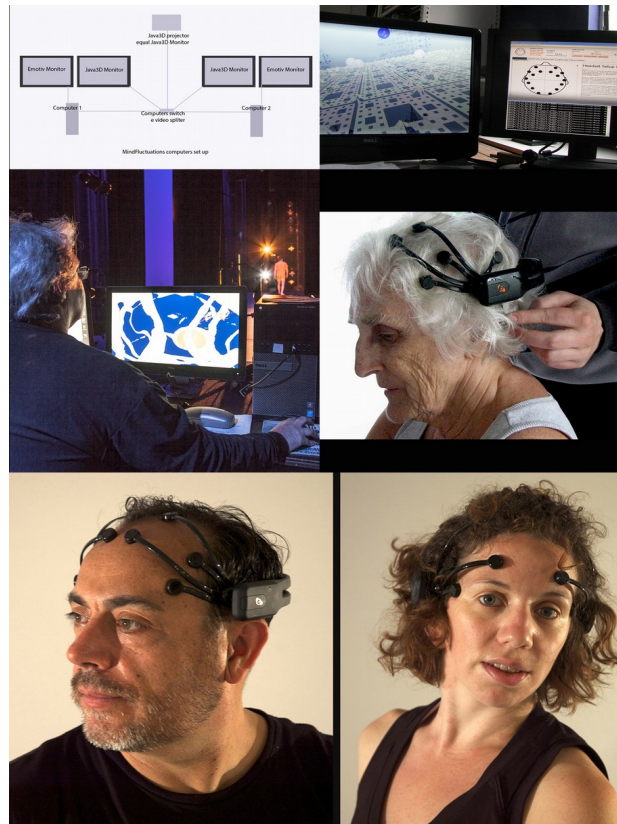


Figura 3: O ambiente computacional e o capacete neural



Figura 4 (à direita): O ambiente computacional localizado na lateral do palco

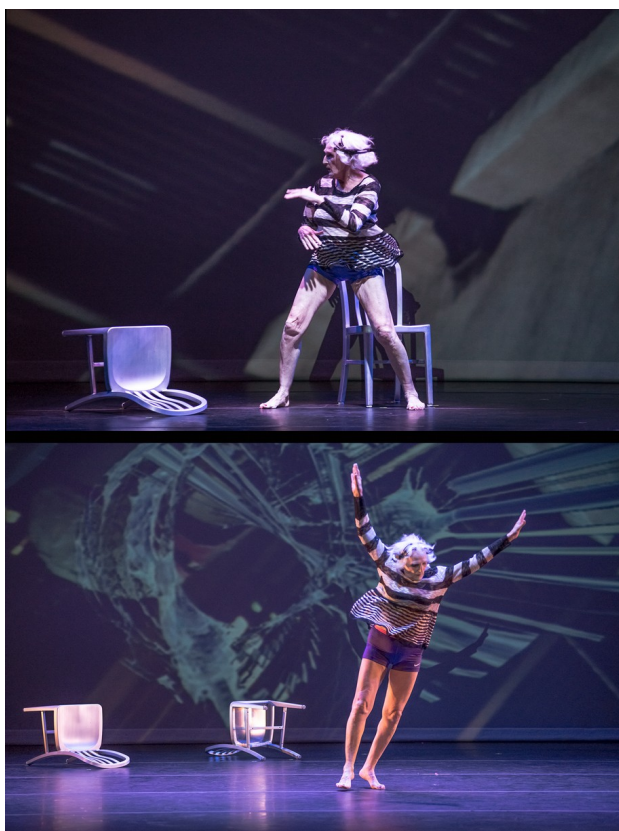


Figura 5: Maida Withers, Washington, DC, 2015⁹

⁹ Fotos de Shaun Schroth



Figura 6: Felicia Avalos, Matthew Thorton e Ian Ceccarelli, Washington, DC, 2015¹⁰

Foram criadas animações automatizadas de pontos de vista (*walk troughs*) para cada mundo virtual para simplificar as atividades que aconteciam na lateral do palco, assim que os tempos de cada parte do espetáculo foram definidas. Essas animações iniciavam-se cerca de 20 segundos após o início do mundo e terminavam cerca de 30 segundos antes de seu final. O tempo inicial devia-se à necessidade de flexibilidade para a mudança dos computadores e para a transição que era realizada pelo equipamento alternador do projetor de vídeo. O tempo final era necessário para que se pudesse realizar manualmente a mudança dos pontos de vista em função do desenvolvimento de cada mundo virtual. Por exemplo, se as ‘árvores’ crescessem demais, optava-se por um ponto de vista que delas se distanciasse; se encolhessem, utilizava-se um ponto de vista que delas se aproximava, apresentando-as sempre em sua totalidade.

Como todo o sistema ficava na lateral esquerda do palco e devido à total novidade de tal tipo de apresentação, foi criado um curto vídeo explicativo do funcionamento do sistema e que foi colocado na Internet e passado em uma TV no *foyer* do teatro antes do início do espetáculo (Fraga 2015a). A música aconteceu ao vivo e os músicos, seus instrumentos e dispositivos ficaram localizados no poço da orquestra na frente do palco.

¹⁰ Fotos de Shaun Schroth

***MindFluctuations*: OS AGENCIAMENTOS TÉCNICOS**

Do ponto de vista do *hardware*, optou-se por um sistema de dois computadores idênticos, cada um possuindo duas placas de vídeo e dois monitores (ver figura 4). Esses computadores rodavam mundos virtuais consecutivos. Os mundos virtuais rodavam em monitores conectados com divisores de sinal de vídeo (*video splitter*) e com o projetor. O monitor, conectado com o projetor, mostrava o mundo virtual que estava sendo utilizado no palco. O *software* do capacete e um vídeo pré-gravado de atividade neural rodava em outro monitor. Esse vídeo foi usado como plano alternativo para quando acontecesse a perda do sinal do capacete no palco com o computador localizado na coxa (no lado esquerdo interno do palco). Esse monitor era operado pela autora assim como o segundo computador que estava sendo preparado, simultaneamente, para rodar o mundo virtual seguinte.

Auxiliares de cena foram treinados para ajudar os dançarinos a trocar os capacetes, quando assim designado pela coreografia. Cada capacete possui 16 sensores que precisam estar em contato com o couro cabeludo do usuário e devem ser umedecidos com solução salina de modo a garantir o estabelecimento de uma boa conexão elétrica com o couro cabeludo desse usuário. Dois comutadores de dados (*switchers*) conectavam os dois computadores possibilitando trocá-los ao final de cada parte. Havia um comutador digital para fazer a troca entre os mundos e um alternador do sistema de vídeo do projetor para fazer a transição com um fade entre mundos virtuais consecutivos ou entre um mundo virtual e uma tela preta, conforme procedimento previamente definido.

Foram utilizados dois capacetes neurais desenvolvidos pela Emotiv (Emotiv, 2015) (ver figura 3). Eles oferecem um sistema não invasivo de leituras neurais e possibilitam monitorar os estados afetivos dos dançarinos que os usam. Para se realizar as investigações sobre a simbiose desejada (Fraga 2013), foram estudados os sistemas da NeuroSky (NeuroSky 2015) e da Emotiv, sendo que este último foi considerado como o mais adequado para as finalidades buscadas. Dentre os muitos estados afetivos possíveis, foi escolhido o que varia de excitação para calma e vice-versa. Os capacetes são conectados ao computador através de dispositivos (*dongle*) *bluetooth* que passam os dados coletados do cérebro do dançarino para o computador (Fraga 2015e). Interferências com outros sinais de rádio acontecem e o posicionamento dos *dongles* em cena demandaram atenção especial. Algumas imagens do espetáculo são mostradas nas figuras 5 e 6.

Uma análise teórica que permita compreender como os parâmetros para interação são escolhidos e como os dados neurais são empregados deve considerar a complexidade dos fatores

envolvidos numa produção deste tipo, de modo que as qualidades estéticas, poéticas, expressivas, sensoriais e perceptivas permaneçam profundamente embricadas com o fazer, o programar e o realizar.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A **simbiose humano-máquina** que define relações simbióticas entre seres máqunicos e humanos propicia o estabelecimento de novos modos de comunicações afetivas e expressivas em ambientes estimuláveis. Esses tipos de agenciamentos têm potencial para propiciar a criação de ambientes inovadores e interessantes.

Para compreender em profundidade o conjunto complexo de fatores envolvidos nesse fazer e explorar plenamente o potencial imanente a essas tecnologias, é preciso estabelecer conexões com os processos que estão redefinindo o processo de produção industrial contemporâneo. No entanto, esse estudo foge ao escopo do presente artigo, o qual visou oferecer uma breve apresentação dos procedimentos e estratégias desenvolvidos para a realização do estudo de caso abordado.

Para finalizar, é importante lembrar que as tecnologias não devem ser aceitas de modo acrítico e que apenas o compromisso com a qualidade e o estabelecimento de parcerias colaborativas podem possibilitar o pleno desenvolvimento de uma arte computacional que expresse a complexidade imanente do século 21.

Referências Bibliográficas:

- Davison, Andrew. *Pro Java™ 6 3D game development*. Springer-Verlag, New York, 2007.
- Emotiv, 2015. [site online] Disponível em: < <http://emotiv.com> > [Acessado em 04 de Março 2015].
- Fraga, Tania. *Virtualidade e realidade*. In: Domingues, D. (ed), *Criação e poéticas digitais*, (2). Caxias do Sul: EDUCS. pp. 137-147, 2005.
- _____. *Exoendogenias*. In Maria Cristina C. Costa, (org), *A pesquisa na Escola de Comunicações e Artes da USP*. São Paulo: ECA. pp. 46-66, 2012.
- _____. *Caracolomobile: affect in computer systems*. *AI & Society Journal: A Faustian exchange*, 28, pp.167-176, London: Springer-Verlag, 2013.
- _____. *Numeric Variations: exoendogenous Computer Art exploring neural connections*. In Nobrega, G., Zreik, K., Fragoso, M. L., Fraga, T.. *Computer Art and Design for all*. Rio de Janeiro: PPGAV, pp.147-158, 2014.
- _____, 2014a. *Jardim de Epicuro*. [vídeo online] Disponível em: <<http://youtu.be/2v2L86J1JtA>> [Acessado em 04 de Março de 2015]
- _____, 2014b. *Numeric Variations*. [vídeo online] Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=hf9nCtBLJ7k>> [Acessado em 04 de Março de 2015]

_____, 2014c. *NumericVariations*. [vídeo online] Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=u0Z9IjR_VuU> [Acessado em 04 de Março de 2015]

_____, 2015a. *MindFluctuations*. [vídeo online] Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=WOS6yvKz068&feature=youtu.be>>
e <<https://vimeo.com/121074310>> [Acessados em 04 de Março de 2015]

_____, 2015b. *MindFluctuations*. [vídeo online] Disponível em: <<https://vimeo.com/124881728>> e
<<https://vimeo.com/126002412>> [Acessados em 01 de Maio de 2015]

_____, 2015c. *Perambulações em Arte Computacional*. [site online] Disponível em: <
<http://taniafraga.art.br>> [Acessado em 04 de Março 2015].

_____. *Technoetic syncretic environments*. In *Technoetic Arts: A Journal of Speculative Research*. Exeter: Intellect Books, pp 169-185, doi: 10.1386/tear13.1-2.169_1, 2015d.

_____. *Por trás da cena*. Bogotá: Universidade Javeriana, em processo de impressão, 2015e.

Fragoso, M. L. & Fraga, T.. 2012. *21st Century Brazilian (Computer Art)*. [vídeo online] Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=nVjmgROEp5A>> [Acessado em 28 de Maio de 2015]

Fraga, T., Louro, D. and Pichiliani, M.. Experimental art with Brain Controlled Interface. *Human Computer Interfaces Proceedings*, Las Vegas: HCI 2013.

Hirata, C. M., Pichiliani, M. C., Fraga, T., 2012. Exploring a Brain Controlled Interface for Emotional Awareness. *Proceedings of SBC*, Sao Paulo: SBSC2012.

Neurosky, 2015. [site online] Disponível em: < <http://zneurosky.com>> [Acessado em 31 de Maio 2015].