

Autorização concedida ao Repositório Institucional da Universidade de Brasília pela Editora Blucher, em 18 out. 2018, para disponibilizar este trabalho no site repositorio.unb.br.

REFERÊNCIA

MENEZES, Marx; SOUTO, Virgínia Tiradentes. Interfaces Cérebro-Máquina: design de interação baseado em concentração e meditação de usuários. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 7.= INFORMATION DESIGN INTERNATIONAL CONFERENCE, 7., CONGIC, 7., 2015, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: Blucher, 2015. ISSN 2318-6968. Disponível em: <<http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/interfaces-crebro-mquina-design-de-interao-baseado-em-concentrao-e-meditao-de-usurios-20259>>. Acesso em: 19 out. 2018. doi: 10.5151/designpro-CIDI2015-cidi_199.



Interfaces Cérebro-Máquina: design de interação baseado em concentração e meditação de usuários

Brain-Machine Interfaces: interaction design based on concentration and meditation users

Marx Menezes, Virgínia Tiradentes Souto

interface neural, interação, eletroencefalografia, tecnologia

De caráter teórico-prático, este estudo tem como objetivo analisar sinais cerebrais para embasar o desenvolvimento de interfaces gráficas. Para tanto, utiliza técnicas de processamento de sinais e reconhecimento de padrões cerebrais emitidos por um dispositivo de eletroencefalografia. A partir desta análise é proposto o desenvolvimento de Interfaces Cérebro-Máquina (ICMs). Estas interfaces são capazes de possibilitar que o usuário interaja com imagens e sons por meio de seus sinais neurais. Ainda, foram realizadas investigações quanto aos níveis de interatividade, relacionados tanto a concentração quanto ao relaxamento do usuário. A pintura *Mona Lisa* de Leonardo Da Vinci foi utilizada para compor os processos de construção das duas ICMs construídas. O resultado da interação do usuário ao utilizar as interfaces é a formação de padrões visuais e sonoros, atribuindo-lhes novas concepções, movimentos e sensações.

neural interface, interaction electroencephalography, technology

From theoretical and practical nature, this study aims to analyze brain signals to support the development of graphical user interfaces. For this purpose, use signal processing techniques and brain patterns of recognition issued by an electroencephalograph device. From this analysis we propose the development of Brain Machine Interfaces (ICMs). These interfaces are capable of enabling the user to interact with images and sounds through their neural signals. Still, investigations were carried out as to levels of interactivity, related both to users' concentration and users' relaxation. The Mona Lisa painting by Leonardo Da Vinci was used to compose the construction processes of the two built ICMs. The result of user interaction when using interfaces is the creation of visual and sound patterns, giving them new ideas, movements and sensations..

1 Introdução

De caráter teórico-prático, esta pesquisa estuda e analisa sinais cerebrais para embasar o desenvolvimento de interfaces gráficas. O estudo é desenvolvido a partir de conceitos de Interface Cérebro-Máquina (ICM) e uma revisão literária sobre os tipos de sinais neurais mais utilizadas.

Para o estudo, foi utilizada a tecnologia de eletroencefalografia - EEG não invasiva. Este processo captura os sinais que dizem respeito ao fluxo de informações processadas pelo córtex cerebral por meio de elétrodos colocados no escalpo, e medem as diferenças de potenciais entre dois pontos específicos no cérebro.

Estes estudos subsidiaram a construção das ICMs propostas, indicando pré-requisitos, poéticas e parâmetros para o seu desenvolvimento, tendo como principal ferramenta o aparelho de EEG *MindWave*, considerado o dispositivo não invasivo mais acessível existente no mercado. A estrutura de composição imagética foi baseada na obra de Leonardo DaVinci, *Mona Lisa*.

Como ferramentas auxiliares no processo, foram desenvolvidas mídias estruturais utilizando softwares de edição de áudio e de imagem, bem como programações computacionais utilizando o software Processing¹ para composição algorítmica aplicada nas animações e nos sons utilizados nas ICMs. Ao final do processo de construção, o sistema foi validado por meio de testes.

2 ICM e interatividade

A construção de um sistema de ICM tem como base o estudo do cérebro, cuja compreensão e entendimento se tornam essenciais. Estes estudos servem para assimilar os fundamentos do sistema a ser desenvolvido. Além disto, auxiliam na percepção de que forma podemos interferir para efetuar mudanças de maneira que possamos obter resultados positivos e satisfatórios.

Os avanços alcançados na área da neurociência nos levam a visualizar possibilidades criativas de desenvolvimento de sistemas baseados em ICM. Utilizando técnicas de processamento de sinais e reconhecimento de padrões é possível extrair informações importantes dos sinais emitidos por um processo de eletroencefalografia. Este procedimento de captura de sinais neurais iniciou-se há muitas décadas segundo Niedermeyer e Silva (1982), e a interpretação das diversas faixas de frequências dos sinais cerebrais de uma forma mais precisa ainda representa grandes desafios.

Para Tehovnik (2013), serão necessários mais estudos sobre o assunto a fim de compreender como o cérebro, por meio dos seus sinais, se comporta para que a transferência das informações a um dispositivo externo se torne mais confiável.

O termo interface está normalmente relacionado àquilo que interliga dois sistemas distintos, assim, a interface homem-máquina permite que um usuário controle o funcionamento do sistema através de dispositivos sensíveis às suas ações, sendo capazes de envolver e estimular a percepção. Para Santaella (2003), a interface ocorre quando duas ou mais fontes de informação encontram-se face-a-face, mesmo que seja o encontro da face de uma pessoa com a face de uma tela.

Quando o usuário se conecta com o sistema, o computador se torna interativo, e é a nossa interação com o programa que cria uma interface. Como Saffer explica, uma “interação, grosseiramente falando, é uma transação entre duas entidades, tipicamente um intercâmbio de informações, mas também pode ser uma troca de bens ou serviços” (Saffer, 2009, p.4, tradução livre).

Ainda, Moggridge em um conceito mais amplo define design de interação como sendo o “design de tudo o que é digital e interativo”; incluindo assim o design de todas as interações que são habilitados pela tecnologia digital, seja por computadores, chips embutidos em produtos ou ambientes, serviços ou a Internet (Moggridge, 2006, p. 660, tradução livre).

Esse processo de interatividade caracteriza-se por evidenciar a importância das percepções do usuário diante das novas experiências, mergulhando-o em sua complexidade sensorial, psíquica e intelectual na qual se percebe, manipula, interpreta, processa e raciocina com o sistema computacional.

¹ *Processing* é um aplicativo com linguagem de programação de código aberto e ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), construído para as artes eletrônicas. Disponível em <http://www.processing.org/>. Acessado em março/ 2015.

Dispositivo de EEG

O dispositivo *Mindwave* da empresa *Neurosky* (Figura 1) foi escolhido para utilização nesta pesquisa devido ao seu custo de aquisição e a possibilidade de desenvolvimento de aplicações sem que necessite de conhecimentos técnicos especializados.

Ele associa determinados padrões cerebrais a operações computacionais, porém, não interpreta os sinais cerebrais, apenas capturam e quantificam estes sinais, não sendo possível a sua utilização em tarefas que envolvam riscos à vida, devido à possível falta de controle do próprio pensamento.

As frequências básicas de sinais responsáveis pela formação dos padrões disponibilizados pelo protocolo *e-Sense* do dispositivo (atenção e meditação) foram suficientes para o desenvolvimento das interfaces construídas.

Figura 1: Aparelho MindWave da Neurosky (adaptado de: <http://neurosky.com/>).



Este dispositivo é um dos pioneiros na comercialização em massa da eletroencefalografia. Seu custo é muito mais acessível que os outros disponíveis no mercado, e tem a finalidade de medir os níveis de atenção e meditação do utilizador, tendo, portanto, aplicações mais restritas. Possui característica fundamental para um dispositivo comercial, não é invasivo, já que seus elétrodos se localizam na testa e no lóbulo de uma orelha, também não tem fios e utiliza transmissor via *USB*.

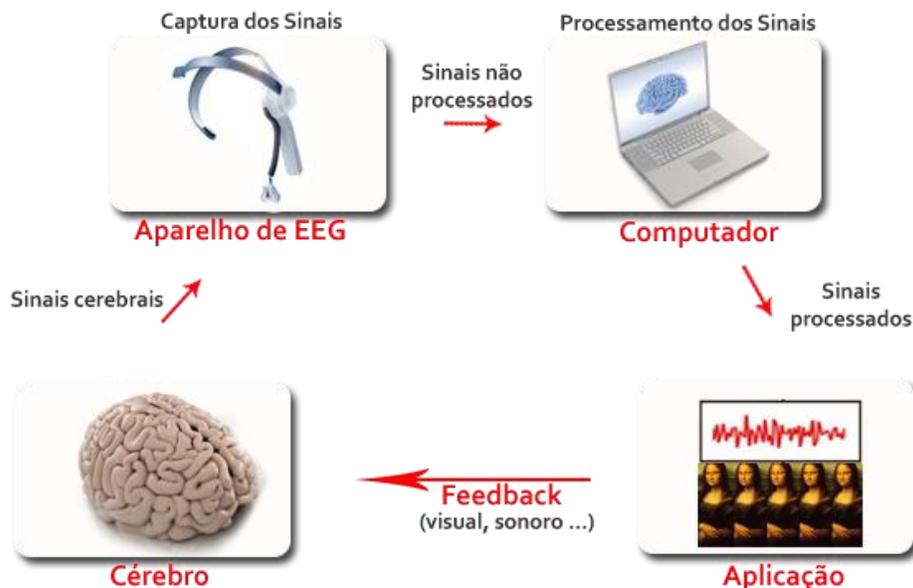
Corpo e máquina

As inovações na informática e na robótica proporcionaram maior interesse pelas ICMS, diversas aplicações foram desenvolvidas, como o controle de cadeiras de rodas, navegação em

ambientes virtuais e jogos de computadores, de acordo com o projeto *BCI Basics*². Para os representantes do projeto, as ICMs são dispositivos que permitem comunicação sem movimento físico do usuário. Estas interfaces efetuam a comunicação com o sistema por meio do pensamento, e permitem que um sistema computacional: utilize os dados de leitura da atividade cerebral capturados via EEG; processe esses dados e use a informação coletada para interagir com o próprio sistema, ou disponibilize essa informação a qualquer sistema externo.

Portanto, um sistema de ICM, basicamente, colhe os sinais não processados do cérebro, os processa, e gera uma aplicação e fornece *feedback* para o usuário. Estes procedimentos ocorrem em tempo real, em função do resultado da interação do usuário. Figura 2, mostra o modelo de ICM utilizado neste projeto de pesquisa.

Figura 2: Sistema de funcionamento básico de uma ICM (imagem adaptada do autor).



Uma parte considerável do desenvolvimento da ICM proposta é dedicada ao processo de construção da aplicação. Os padrões de sinais do *Mindwave* (atenção e meditação) organizados pelo processamento algorítmico do dispositivo, são usados como mensagens ou comandos. Com isso, esses algoritmos são disponibilizados para uso no software aplicativo *Processing*, gerando então a interface, a qual fornece informação de retorno ao usuário por meio de imagens e/ou sons. Essa informação de retorno é usada como resposta à atividade cerebral, assim, realimentando o processo e possibilitando ao usuário afetar e ser afetado.

Obras interativas

Para este estudo, foram pesquisadas obras que apresentassem ambientes interativos em sua estrutura, e que existissem recursos tecnológicos computacionais de captura, armazenamento, exibição, manipulação e mudanças em tempo real de padrões imagéticos e/ou sonoros, permitindo a participação ativa do público.

² Projeto BCI Basics de pesquisa em Interfaces Cérebro Máquina, criado entre os anos 2007-2013, na União Europeia. Acessado em fevereiro/2015, disponível em: <http://www.future-bnci.org>.

Duas obras baseadas em ICM foram analisadas. Ambas nos remetem às concepções estéticas e tecnológicas que fazem parte da estrutura conceitual desta pesquisa. Com isso verificamos quais são os efeitos estéticos incorporados a esses dispositivos tecnológicos, observando algumas abordagens importantes sobre essas obras, como por exemplo os níveis de interação obra-espço-público, inerentes à arte tecnológica.

A instalação 'Elucidating feedback' do artista Bem Jack foi um dos destaques do Festival Internacional de Linguagem Eletrônica - File³ de 2012. É a que mais se assemelha à proposta deste trabalho, além de utilizar o mesmo tipo de dispositivo, apresenta uma instalação via ICM inerente ao ato de observação, quanto mais atenção é dada para a instalação, mais se interferia nas imagens e nos sons.

Já Lisa Park criou em 2013 uma obra performática chamada Eunoia (i.e. em grego significa 'um belo pensamento'). Na obra Lisa manipula o movimento da água por meio de suas ondas cerebrais, capturadas pelo dispositivo de interface neural, o qual transforma as atividades neurais da artista em pulsos elétricos, que são manipulados por um sistema informatizado que os transforma em fluxos de dados para alimentação de cinco autôfalantes cheios de água, assim fazendo-os vibrar conforme as ondas cerebrais da artista vão se modificando.

A multisensorialidade, oportunizada por essas instalações, pode ser caracterizada pelo uso de múltiplos meios, códigos e linguagens que colocam novas realidades de ordem perceptiva nas relações do homem com a arte tecnológica, que vem explorando uma outra natureza onde o corpo humano e os sistemas artificiais estão numa estreita simbiose.

3 ICMs de atenção e meditação

As duas Interfaces criadas tem por objetivo relacionar o estado mental do usuário com as modificações visuais e sonoras por meio da codificação incorporada ao sistema. Isto se dá através da captura e processamento dos sinais cerebrais, de forma que o usuário possa mudar o ambiente observado a partir do seu poder de atenção e/ou meditação.

O processo de criação das interfaces iniciou-se a partir da inspiração de obras similares, como as apresentadas no tópico acima. Este processo foi guiado pelas técnicas de captura de sinais neurais e pelas linguagens de computação estudadas.

Os procedimentos necessários à construção das ICMs, efetuados via agentes computacionais são apresentados a seguir. Inicialmente, é descrita a criação dos elementos imagéticos e sonoros usados para compor as interfaces, detalhando os processos de codificação dos algoritmos utilizados no processamento das mídias, sua relação com os comandos baseados nos sinais neurais adquiridos pelo dispositivo *Mindwave*, e conseqüentemente, os resultados obtidos com as devidas experimentações.

Aplicativos e equipamentos

Alguns softwares e hardwares (Figura 3) foram necessários ao desenvolvimento da interface. Para a aquisição dos sinais de EEG, utilizamos o dispositivo *Mindwave*, composto de um leitor de EEG que utiliza taxas de amostragem do eletrodo de 128 Hz, frequência de onda suficiente para coleta dos dados necessários para a conclusão da pesquisa. Um microcomputador MacBook Pro de 13", com o processador Intel Core i5 dual core e o processador gráfico *Intel HD Graphics 4000*, portas *thunderbolt*, USB 3, placa de rede *Gigabit Ethernet*, um slot para cartão SDXC e um drive óptico.

³A edição de 2012 do File reuniu em Maio, 150 trabalhos de artistas de 11 países. Disponível em: <http://www.filefestival.org/site_2007/pop_trabalho.asp?id_trabalho=3435&cd_idioma=2&acao=visualizar&> Acessado em Março/2015.

Figura 3: Hardwares e softwares usados para desenvolver as ICMs (imagem adaptada pelo autor)



O software *Processing* foi usado para transcodificar os sinais cerebrais captados pelo dispositivo EEG, e utiliza uma linguagem de programação de código aberto, construído para a produção das artes eletrônicas e projetos visuais para pessoas que não são, necessariamente, programadores. Funciona através do retorno imediato de padrões visual após a escrita da linguagem no programa. Também foi necessário o editor de imagens *Photoshop*, um programa profissional criado por pela Adobe System, utilizado para criar as imagens dispostas via configuração do *Processing* e posterior exibição ao usuário. Para a edição dos efeitos sonoros recorremos ao software *Reaper*, os sons foram projetados para complementar o ambiente da interface e proporcionar uma maior imersão ao usuário.

Imagem de referência

As experimentações para a composição visual das duas ICMs desenvolvidas tiveram como ponto de partida a utilização da obra consagrada de Leonardo Da Vinci, *Mona Lisa*, pintada no início de 1500.

Segundo Sassoon (2004), esta obra se tornou muito popular após ser furtada do Museu do Louvre em Paris, com isso, artistas importantes como Andy Warhol, Botero e Marcel Duchamp fizeram uso dessa imagem feminina em seus trabalhos. Sassoon também relata que Leonardo se comprometeu a pintar o retrato da esposa de Francesco del Giocondo, chamada *Mona Lisa*. Trabalhou nele durante quatro anos, o seu perfeccionismo o levou ao uso de pincéis muito finos para pintar o retrato, com isso demandando mais tempo de execução da obra, mas permitiu uma criação rica de detalhes.

A pintura de Da Vinci (Figura 4) foi escolhida para compor os processos de construção das duas ICMs propostas, não só pelo fato de ser uma pintura universalmente conhecida, tendo sido subvertida por diversos artistas, mas também pelos mistérios que envolvem a sua criação.

Figura 4: Mona Lisa de Leonardo da Vinci, têmpera sobre madeira, (retirado de <http://www.louvre.fr/llv/oeuvres/alaune>).



As duas interfaces que fazem parte da composi o criativa deste trabalho se distinguem quanto ao tipo de sinal neural configurado, de forma a executar a es distintas. A primeira obra utiliza-se os sinais de aten o, ou concentra o, fazendo com que o sorriso da Mona Lisa se modifique de acordo com o aumento do nível deste sinal. A segunda, foi trabalhado o nível de medita o, ou relaxamento, que faz com que a figura de Leonardo se eleve a partir da imagem de Mona Lisa.

ICM#1 – Sorria Mona!

O enigmático sorriso no rosto da Mona Lisa parece sumir quando se olha diretamente para ele, tornando-o aparente quando se olha para as outras partes do quadro, observa Sassoon (2004). Para o autor, tem alguma coisa a ver com o mistério do seu sorriso, que se originou no século XIX, e a razão pela qual origina o sorriso não   fácil de ser entendida, pois qualquer representa o visual de uma emo o humana deixa em aberto o questionamento do que a provoca.

Pensando nisso, foi possível imaginar a subversão da pintura, em que a aten o dispensada pelo usuário criaria diferentes fei es na obra, indo ao encontro do pensamento de Ostrower (1976) o qual afirma que criar   basicamente, formar, dar forma a novas coerências que se estabelecem para a mente humana, o ato do criador abrange a capacidade de compreender, e esta por sua vez de relacionar, reordenar, reconfigurar e resignificar.

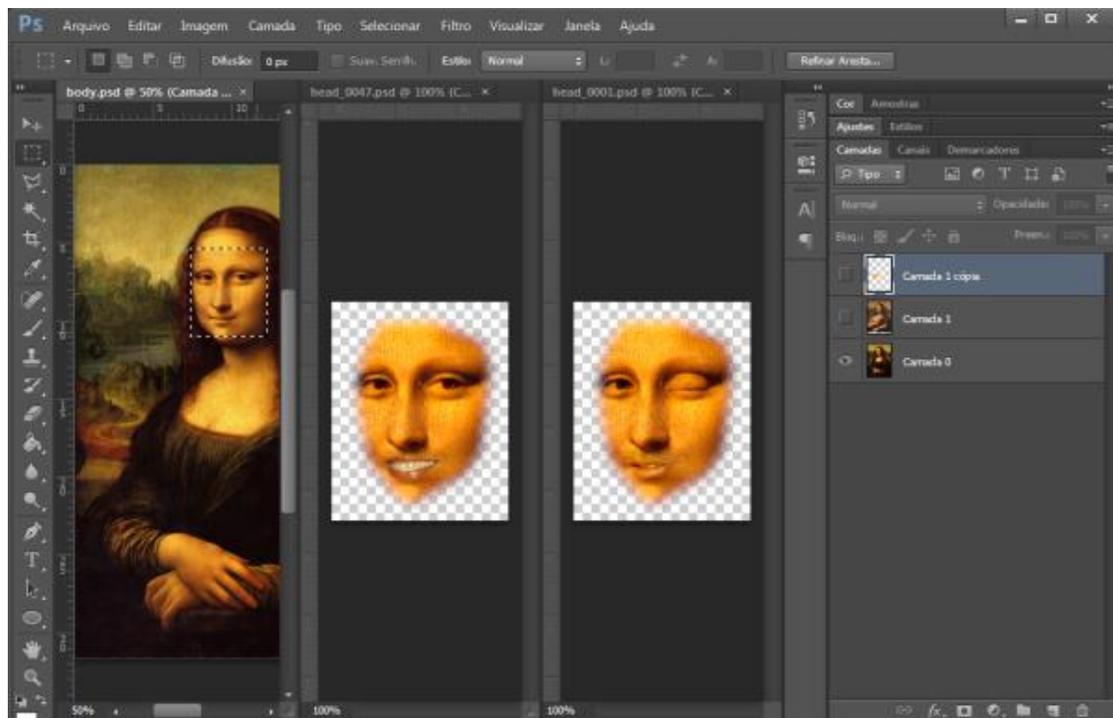
As técnicas de computa o empregadas na obra e os comportamentos gráficos configurados foram sendo observados a medida em que eram efetuados, com isso, podendo ser

Anais [Oral] do 7  Congresso Internacional de Design da Informa o | CIDI 2015
Proceedings [Oral] of the 7th Information Design International Conference | IDIC 2015

avaliadas as suas possibilidades de expressão dentro do contexto da poética proposta. A linguagem de programação em *Processing* foi empregada baseando-se na subjetividade do autor, utilizando técnicas de programação para a substituição e sobreposição das imagens que compuseram a interface.

Os objetos de experimentação se restringiram aos comportamentos das feições da Mona Lisa a partir dos níveis de atenção do usuário, apresentados na tela por meio de animações pela sobreposição dos diferentes rostos. Assim, durante a representação do fluxo de imagens na tela, navega-se por dez tipos possíveis de manifestações de sorrisos, de acordo com os níveis de atenção do usuário. Foram criados padrões específicos de rostos da Mona Lisa em *Photoshop* (Figura 5) para serem configurados no *Processing*, e posteriormente relacionados com os dados dos sinais emitidos pelo dispositivo de EEG.

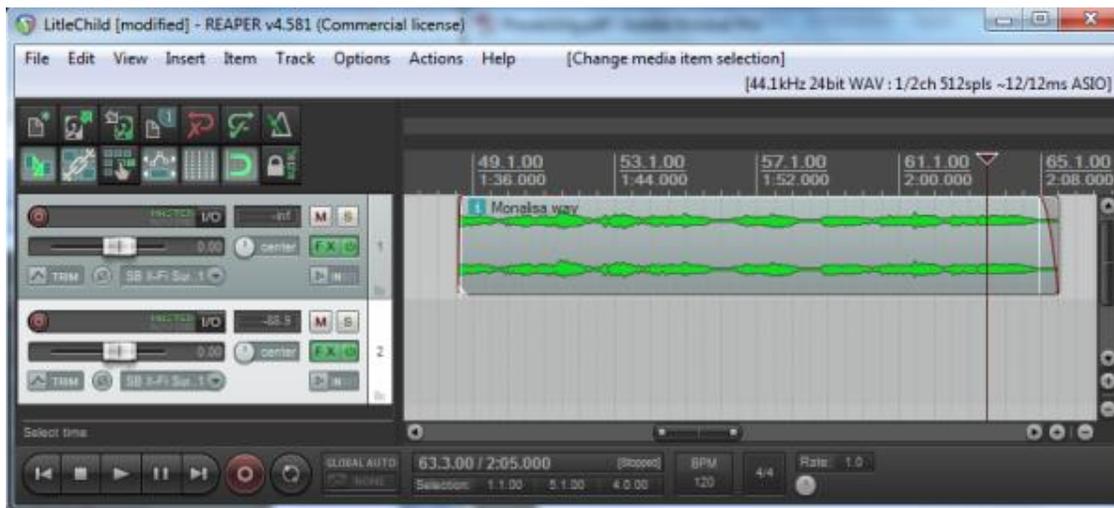
Figura 5: Processo de recorte e modificações das feições no rosto da imagem utilizando o software Adobe Photoshop (imagem capturada do sistema).



As imagens das feições salvas na pasta de mídias do *Processing* com extensão de arquivo de imagem .PNG, permitindo que apresentem recortes em fundo alfa, para que sejam melhor ajustadas quando sobrepostas ao *background*.

Para utilização das paisagens sonoras por meio de arquivos de áudio na ICM, fez-se necessária a manipulação desses áudios no software *Reaper* (Figura 6), com o qual efetuamos cortes e ajustes em determinadas partes do som para que houvesse o processo de loop de forma suave e sem pausas.

Figura 6: Edição dos arquivos de áudio no software Reaper, utilizados como paisagens sonoras em loop no *Processing* (imagem capturada do sistema.)



Após definidos os padrões das feições da Mona Lisa, e os ajustes necessários nos arquivos de áudio, esses foram inseridos na pasta "data" na biblioteca do *Processing* onde são acessados pelo sistema após a aplicação ser executada.

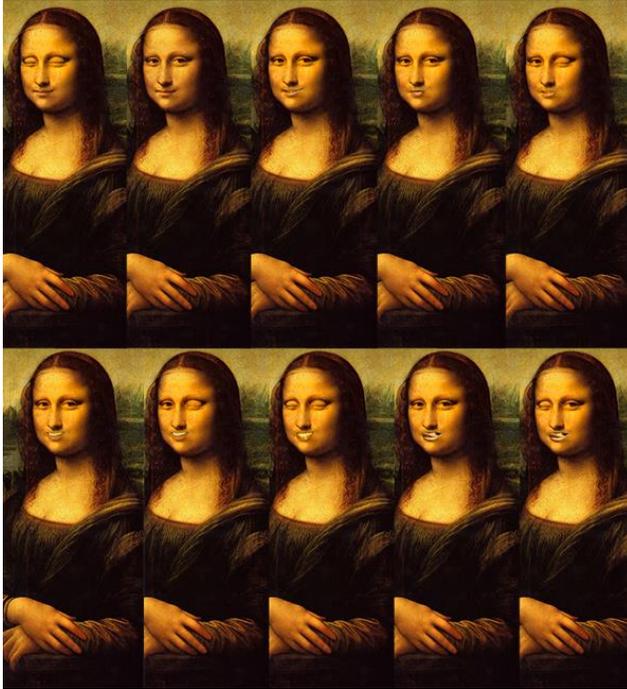
A construção da estrutura algorítmica da ICM no sistema *Processing* exige que algumas extensões, viabilizadas por meio de bibliotecas, sejam incorporadas. As bibliotecas são conjuntos de arquivos que permitem a utilização de recursos diversificados como por exemplo: sons, vídeos, animações, controles de texto e carregamento de formatos de arquivos.

Para que sejam utilizadas devem ser importadas para o sistema. As bibliotecas utilizadas neste trabalho, bem como os seus códigos de exemplos, foram encontrados e baixados a partir do endereço eletrônico da comunidade do sistema: <http://www.processing.org>.

Com estas configurações efetuadas no sistema, os rostos vão sendo alterados por sobreposição ao *Background* de acordo com o nível de atenção do usuário, começando com a primeira imagem, e conseqüentemente as outras.

O resultado da experiência é obtido da interação do usuário com a interface, que gera padrões de alterações das feições da Mona Lisa (Figura 7). Assim, o usuário contempla as possibilidades de interferência nos comportamentos do aplicativo, se tornando parte do sistema, e culminando nas interações que podem proporcionar uma nova experiência a esse usuário.

Figura 7: Resultado das interações de acordo com os níveis de atenção do usuário (capturada do sistema em funcionamento e adaptada pelo autor).



ICM#2 – Transcendência!

Os enigmas da Mona Lisa atraem até hoje a atenção de seus admiradores, conquistando, a cada dia, mais espaço nas discussões sobre seu processo de criação e seus supostos "poderes mágicos", como afirma Merejkowski (1928). Para o autor, a análise da face de Mona Lisa faz suscitar a possível relação que poderia haver entre o artista Leonardo Da Vinci e Mona Lisa, como reflexo um do outro numa espécie de jogo de espelhos, em que os dois estariam como dois espelhos refletindo eles mesmos, e onde a profundidade alcançava a eternidade.

Ainda, a estudiosa americana Lillian Schwartz, em seu website⁴ demonstrou que os rostos de Da Vinci e Mona Lisa coincidem, ela utilizou um programa de computador para efetuar a sobreposição dos rostos (Figura 8).

Figura 8: Mona Lisa se sobrepondo a Leonardo Da Vinci de Lillian Schwartz (adaptado de <http://www.lillian.com/art-analysis/>.)



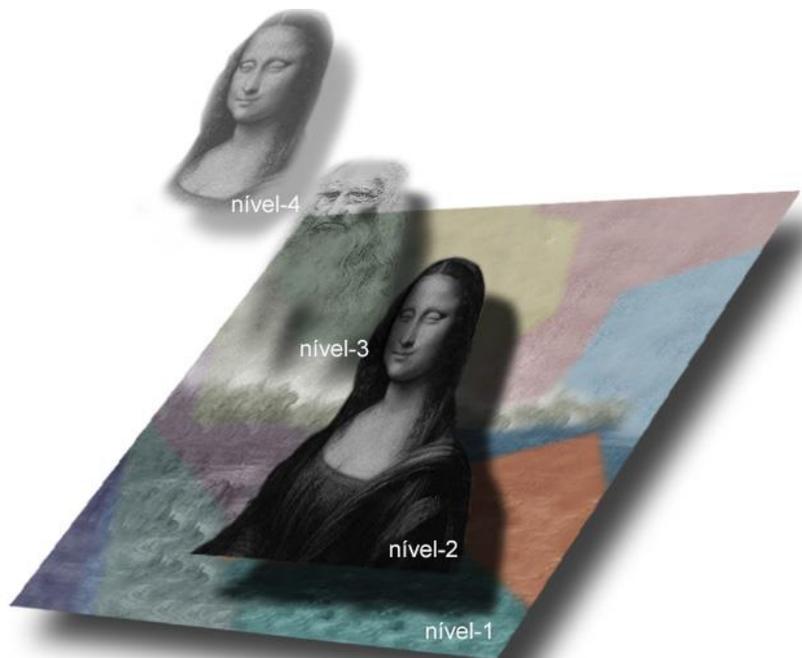
Alguns estudos são intrigantes sobre a identidade da Mona Lisa, ao afirmarem que a mulher pintada no quadro não é, como se pensava até hoje, uma mulher que realmente viveu em Florença, deixando suscitar hipóteses de que os traços do rosto dela são equivalentes aos do

⁴ <http://www.lillian.com>

auto retrato de Leonardo da Vinci. Utilizando desse aspecto de identidade da *Mona Lisa*, foi possível pensar na segunda ICM proposta por este trabalho, em que o nível de meditação do usuário seria a base para que houvessem as modificações imagéticas na interface.

Os recortes e edições das imagens utilizadas foram feitos em *Photoshop*. Para possibilitar que as imagens fossem ajustadas de forma a permitir a interligação entre os sinais do dispositivo *Mindwave* e as coordenadas das imagens no sistema, concebemos diferentes níveis, ou camadas, para a experimentação da poética (Figura 9).

Figura 9: Níveis de posicionamento das imagens no sistema *Processing* (acervo dos autores).

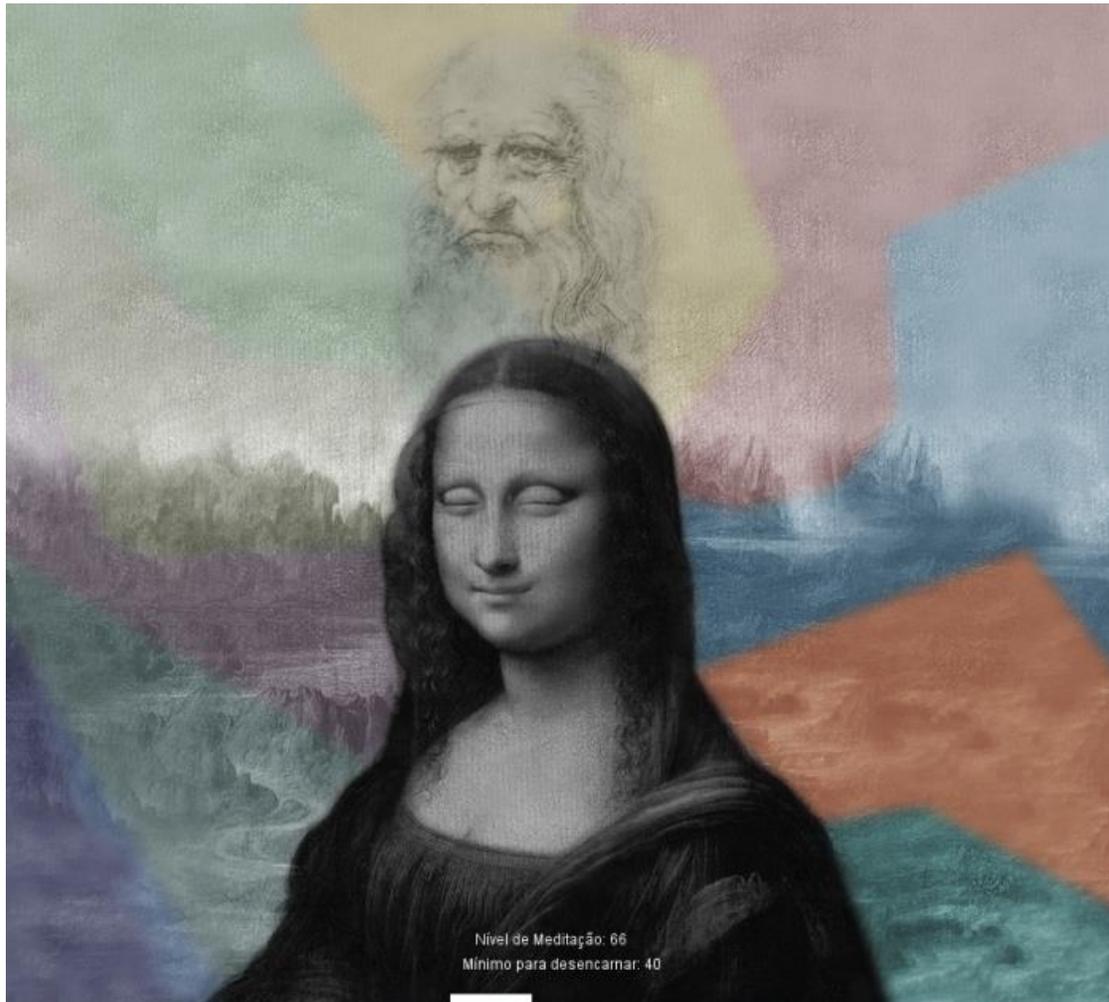


A ideia de ressignificar a obra, permite novas maneiras de representá-la, ou entendê-la, fazendo surgir diferentes abordagens de compreensão dos seus fenômenos interpretativos.

O resultado da interação do usuário propicia uma espécie de desincorporação da Mona Lisa, emanando a imagem de Da Vinci a cima de sua cabeça (Figura 10).

O que se espera enquanto expressão poética da desta ICM é demonstrar a maneira como podemos interpretar o processo criativo do retrato de Mona Lisa, como sendo a essência pura de Da Vinci, evidenciando assim a teoria, como já exposto, de que a pintura é o seu autorretrato.

Figura 10: Interface gráfica do processo sendo utilizado, em que o nível de meditação aplicado no sistema induz a elevação do autorretrato de Da Vinci (capturada do sistema em funcionamento e adaptada pelo autor).



Assim, as interfaces expostas traduzem as frequências das emissões do dispositivo e identifica quanta atenção e meditação o usuário está apresentando naquele momento. Porém, se a conexão for rompida, ou se o nível de sinal do usuário cai a ponto de desativar a aparição das imagens, o que se vê é apenas a imagem estática da Mona Lisa na tela.

4 Considerações finais

Esta pesquisa apresentou discussões sobre a aplicação do processamento de sinal neurais em algoritmos de saída em um sistema informatizado, através da criação de ambientes interativos que incorporaram o processo de criação à experiência do usuário.

Este estudo apresentou as interfaces neurais enquanto resultado prático da experiência do usuário com a proposta das ICMS criadas. Esta relação deu-se como expressão visual através de processos computacionais, além da utilização de recursos algorítmicos advindos da interação do usuário com o sistema. Constatou-se que os resultados obtidos por meio das interfaces desenvolvidas mostraram que os aparelhos de EEG disponíveis comercialmente

podem oferecer resultados promissores para o campo de várias áreas de atuação, em particular das artes e design.

Observou-se que a utilização de interfaces interativas baseadas em EEG estabelece uma aproximação maior com o usuário, sendo este induzido a participar sensorialmente em um ambiente computacional. Buscou-se mostrar como os níveis de atenção e meditação, baseados nos sinais do dispositivo *Mindwave*, decodificados via software *Processing*, podem influenciar nas relações entre o estado emocional do usuário e a sua interação com os padrões virtuais e sonoros observados via sistema. Neste processo, as ICMs apresentadas vão ao encontro de uma estética construída com tecnologias diversas, e que evolui junto com as tecnologias computacionais disponíveis atualmente.

Percebeu-se então, que essas tecnologias permitiram expressões artísticas a partir de linguagens diversificadas, que ilustram o comportamento de sistemas interativos, e que propiciou diferentes experiências estéticas ao usuário, buscando-se mesclar estados neurológicos e emocionais aos ambientes construídos. Com isso, considera-se que aplicações diversas podem ser desenvolvidas para produzir interfaces funcionais, em que a participação ativa do usuário na obra faz com que sua fruição se dê de forma a instigá-lo ainda mais a interagir.

É importante enfatizar que as propriedades do dispositivo de EEG *Mindwave*, utilizado como uma das ferramentas tecnológicas no processo, baseia-se nos efeitos dos sinais perceptivos dos usuários. Portanto, o sucesso com a interface está sujeita à capacidade de envolvimento dos usuários com estes ambientes e situações apresentadas.

O campo de pesquisa com ICM tem se desenvolvendo dia após dia, mostrando que é possível produzir interfaces usando uma variedade de ferramentas e *softwares*. Futuros estudos apontam para a investigação de uma interface mecânica, uma espécie de mecanismo físico acionado pela mente. Ou ainda, uma aplicação de mundo virtual, onde o usuário possa deslocar-se num ambiente virtual através das tarefas mentais, abstraindo o contexto utilizado no ambiente físico..

Referências

- ARANTES, Priscila. 2005. Arte e Mídia: Perspectivas da estética digital. São Paulo: SENAC.
- BCI Basics - 2013. Disponível em: <URL:<http://futurebnci.org/index.php?article&> > Acesso em fevereiro de 2015.
- DEGROOT, J. 1994. Neuroanatomia. 20ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara.
- EDMONDS, Ernest. 2004. Interaction in Art and Technology. Creativity and Cognition Research Studios, Department of Computer Science. Leicestershire, England.
- EMOVIT SYSTEMS. Disponível em: <<http://www.emotiv.com/>> Acesso em março de 2015.
- FILE, São Paulo 2009: Festival Internacional de Linguagem Eletrônica. FILE 10 NURBS PROTO - Concepção Editorial Ricardo Barreto, Paula Perissinoto, São Paulo: FILE, 2009. <http://www.filefestival.org/site_2007/pop_trabalho.asp?id_trabalho=3435&cd_idioma=2&acao=visualizar&> Acessado em Março de 2015.
- GAUTIER, Theophile. 1882. Guide de L'amateur au Musée du Louvre. Paris: Charpentier.
- MEREJKOWSKI, Dimitri. 1928. The romance of Leonardo da Vinci. New York: The Modern Library.
- MOGGRIDGE, B. 2006. Designing Interactions. The MIT Press.
- MOLDERINGS, H. 2002. Relativism and a historical sense: Duchamp in Munich(and Basle). Marcel Duchamp. Hatje Cantz Publishers.

- NEUROSKY. NeuroSky e Sense Meters and Detection of Mental State. Site oficial NeuroSky. <<http://store.neurosky.com/products/mindwave-1>> Acessado em Março de 2015.
- NIEDERMEYER, E. and F.L.d. SILVA. 1982. Electroencephalography, Baltimore-Munich: Ed. U&S.
- OSTROWER, Fayga. 1976. Criatividade e Processos de Criação. Rio de Janeiro: Vozes.
- SAFFER, 2009. Designing for Interaction: Creating Innovative Applications and Devices (2nd ed.). New Riders Publishing, Thousand Oaks, CA, USA.
- SANTAELLA, Lúcia. 2002. Ciberarte de A a Z. In: DOMINGUES, Diana. Criação e Interatividade na Ciberarte. São Paulo: Experimento, pp.13-16.
- SASSOON, Donald. 2004. Mona Lisa: A história da pintura mais famosa do mundo. Rio de Janeiro: Record.
- TEHOVNIK E. J. 2013. Slocum en Neuroscience. J.neuroscience.

Sobre os autores

Marx Menezes, Mestre, UNB, Brasil <marxmenezes.com@gmail.com> Doutorando em Arte e Tecnologia pela Universidade de Brasília.

Virgínia Tiradentes Souto, PhD, UNB, Brasil <v.tiradentes@gmail.com> Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade de Brasília.