

# TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E ARTE-EDUCAÇÃO: INTERFACES DIGITAIS E FÍSICAS

*TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA Y EDUCACIÓN ARTÍSTICA:  
LAS INTERFACES DIGITALES Y FÍSICAS*

*ASSISTIVE TECHNOLOGIES IN ART-EDUCATION CLASSES:  
DIGITAL AND PHYSICAL INTERFACES*

EVANI AMARAL CAMARGO<sup>I</sup>

DANIEL PAZ DE ARAÚJO<sup>II</sup>

HERMES RENATO HILDEBRAND<sup>III</sup>

ROSANGELA DA SILVA LEOTE<sup>IV</sup>

**RESUMO** Com este artigo, pretende-se discutir o uso das Tecnologias Assistivas para compreender e auxiliar sujeitos com alterações neurológicas que estão impossibilitados de interagir por meio da linguagem oral e que podem fazer uso de interfaces computacionais para a sua comunicação. A discussão do uso dessas ferramentas para o processo de cognição, de ensino e aprendizagem é feita a partir da perspectiva histórico-cultural, que observa as tecnologias emergentes por meio de interfaces digitais contemporâneas. Para isso, foram desenvolvidas ferramentas tecnológicas, principalmente as que detectam os movimentos do olho, para analisar os processos de interação das pessoas em atividades de arte-educação. Essas interfaces computacionais são de baixo custo e visam ao desenvolvimento de ferramentas que facilitem o processo de comunicação de sujeitos com alterações neurológicas por intermédio do ensino de artes. Como resultados, avalia-se que cada sujeito precisa de uma adaptação da tecnologia para se beneficiar do uso da interface, que amplia a sua possibilidade de interação e apropriação dos bens culturais, bem como dos conhecimentos específicos da disciplina em questão.

<sup>I</sup> Centro Universitário Moura Lacerda, Ribeirão Preto/SP – Brasil

<sup>II</sup> Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas/SP – Brasil

<sup>III</sup> Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC SP), São Paulo/SP – Brasil

<sup>IV</sup> Universidade Estadual Paulista (UNESP), Bauru/SP – Brasil

Esse projeto está sendo desenvolvido por diversos pesquisadores em suas instituições acadêmicas, caracterizando-se como um projeto interdisciplinar.

**Palavras-chave:** Tecnologias Assistivas; Interfaces Digitais; Arte-educação; Design de Interação.

**RESUMEN** Con este artículo, pretendemos discutir el uso de tecnologías de asistencia para entender y ayudar a las personas con trastornos neurológicos que son incapaces de interactuar a través del lenguaje oral y que pueden hacer uso de las interfaces computacionales para su comunicación. La discusión sobre el uso de estas herramientas para el proceso de la cognición, el aprendizaje y la enseñanza se realiza desde el punto de vista histórico-cultural, señala las tecnologías emergentes a través de interfaces digitales contemporáneas. Para ello, se desarrollaron herramientas tecnológicas, especialmente aquellos que detectan los movimientos oculares para analizar los procesos de interacción de las personas en las actividades de educación técnica. Estas interfaces de ordenador son de bajo costo y están tratando de desarrollar herramientas para facilitar el proceso de comunicación de las personas con trastornos neurológicos a través de la educación artística. Como resultado, se evalúa cada objeto necesita una adaptación de la tecnología en beneficio de la utilización de la interfaz, lo que incrementa la posibilidad de interacción y apropiación de bienes culturales, así como el conocimiento específico de la materia en cuestión. Este proyecto está siendo desarrollado por varios investigadores en sus instituciones académicas, que se caracteriza como un proyecto interdisciplinario.

**PALABRAS CLAVE:** TECNOLOGÍAS DE ASISTENCIA; INTERFACES DIGITALES; LA EDUCACIÓN ARTÍSTICA; DISEÑO DE INTERACCIÓN.

**ABSTRACT** The aim of this paper is to discuss the use of assistive technologies to understand and aid individuals with neurological disorders who are unable to interact through oral language and that can make use of computational interfaces for their communication. The discussion of the use of these tools to the process of cognition, learning and teaching is based on the cultural historical perspective, observing emerging technologies through its contemporary digital resources. To do so, interfaces have been developed, particularly those that detect eye movements to analyze the processes of interaction of people in art education. These are low-cost computer interfaces and aim at developing tools to facilitate the communication process between teacher and students with neurological disorders through art education. Results show that each subject needs an adaptation of technology to benefit from the use of the interface, which increases their possibility of interaction and appropriation of cultural goods as well as specific knowledge of the discipline in question. This project is being developed by several researchers in their academic institutions, thus being characterized as an interdisciplinary project.

**KEYWORDS:** ASSISTIVE TECHNOLOGIES; DIGITAL INTERFACES; ART EDUCATION; INTERACTION DESIGN.

## INTRODUÇÃO E PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Neste artigo, pretendemos abordar o uso de Tecnologias Assistivas para compreender como sujeitos com alterações neurológicas que estão impossibilitados de interagir com o outro pela linguagem oral se comunicam. Trata-se de um estudo ainda em fase experimental e de desenvolvimento, cujas tecnologias estão sendo testadas para um aproveitamento e ajuste mais eficazes.

Para iniciar esta discussão, apoiados na perspectiva histórico-cultural, partimos do pressuposto teórico que o homem nasce em um mundo cultural e não é apenas resultado de seu aparato biológico, mas é constituído, isto é, humaniza-se em sociedade, nas relações interpessoais, pela cultura (PINO, 2000).

Ao trazer a obra de Vigotski,<sup>1</sup> Pino (2000) argumenta que na relação do homem com a natureza, o uso de instrumentos tem um papel essencial, pois é aí que ele transforma a natureza e transforma a si mesmo, discussão baseada em Marx (VIGOTSKI, 2000). “A história do homem é a história dessa transformação, a qual traduz a passagem *da ordem da natureza à ordem da cultura*” (PINO, 2000, p. 51). Ainda segundo o autor, as funções biológicas transformam-se pela emergência das culturais, que se realizam na relação da criança com os outros de seu grupo histórico. É o caráter dialético e social que configura o homem. Para Kassir (2015), “há, portanto, a identificação de uma *origem social* no que pode ser entendido por especificamente humano (ou natureza humana)” (p. 409).

Nessa perspectiva, há também de se levar em conta o papel preponderante da linguagem e sua importância na relação pensamento e fala, que não é constante, nem homogênea e, além disso, devemos argumentar que os processos não se desenvolvem em paralelo. Eles têm origens diferentes no bebê; ao nascer, há uma inteligência prática na resolução de problemas e temos a linguagem como uma forma primeira em que a comunicação se configura como principal. Por volta dos dois anos de idade, essas funções se cruzam no desenvolvimento da criança, interligando esses dois processos, que não mais se separam (VIGOTSKI, 2001).

Para esse autor, portanto, a criança, em seu desenvolvimento cultural, apropria-se, pouco a pouco, a partir de suas possibilidades, das significações atribuídas pela cultura e pelo outro às coisas; dessa forma o desenvolvimento cultural é o acesso aos bens materiais e que são portadores dessa significação. Significar é encontrar para cada coisa o signo que a representa para si e para os outros, é, portanto, uma produção social. O outro, no desenvolvimento da criança interpreta seu gesto, bem como a significação desse movimento, fazendo que ela descubra o meio de comunicar-se na ausência da fala para a compreensão de seus desejos. O uso da palavra pela criança, mais tarde, não exclui o uso do gesto. Palavra e gesto constituem duas formas de significação que se articulam no discurso humano, portanto, é pelo signo que o sujeito é afetado pelo outro; assim, para Vigotski (2001) a palavra só tem significado na função social, na relação entre pessoas, mesmo que, mais tarde,

---

<sup>1</sup> Tendo em vista que o nome de Vigotski é escrito de várias formas na literatura da área, grafaremos durante o artigo como “Vigotski” e como está nos originais nas referências ou em citações literais.

seja reguladora da pessoa em suas próprias ações. As relações com os outros são mediadas pelo signo, que pode ser expresso em palavras, gestos, ações, olhares. As relações sociais implicam, necessariamente, a mediação semiótica. É importante também ressaltar que, intrinsecamente à compreensão da significação há o sentido de afetar, só compreendemos o que nos afeta, isto é, “[...] Para o autor,<sup>2</sup> a afetividade como uma entidade, não existe, ela é uma ‘qualidade da relação’ e envolve aquilo que o sujeito percebe como significativo nessa relação” (OLIVEIRA, 2015).

Complementando, para Vigotski, sendo o desenvolvimento um processo cultural e social, as funções especificamente humanas são constituídas na articulação entre as funções psíquicas elementares e as superiores, que se configuram diferentemente em cada sujeito, envolvendo a dimensão histórico-cultural. Entre as funções superiores, a linguagem articulada e o pensamento abstrato são essenciais.

Para Novaes-Pinto (2012), segundo Vigotski, é pelas mudanças que ocorrem na estrutura interfuncional da consciência que os sujeitos resolvem problemas e transformam os bens culturais a seu favor. “Essa é a essência de seu método dialético: a natureza exerce ações sobre o homem e influencia seu comportamento e desenvolvimento, mas o homem também é capaz de agir sobre a natureza e modificá-la” (p. 129).

Nesse sentido, em sujeitos com alterações linguísticas decorrentes de comprometimentos neurológicos, é importante refletir a respeito da relação entre o normal e o patológico. Sacks (1997) avalia que, apesar das alterações neurológicas específicas poderem decorrer de lesões cerebrais em lugares próximos, as reações e consequências podem ser diferentes em cada sujeito, tendo em vista serem a expressão da natureza de cada um.

Na mesma perspectiva que Sacks, Canguilhem (2009) argumenta que o que pode ser considerado normal está imbricado de questões filosóficas, sociais e científicas. Se pensarmos nas dificuldades cognitivas ou linguísticas, funções constituídas na inter-relação entre orgânico, cultural, social e psíquico, o que encontraremos? Há sujeitos com déficits cognitivos que, em algumas culturas, não apresentam maiores dificuldades e, em outras, não têm espaço social.

Por outro lado, há diferenças que realmente interferem na possibilidade de atuação desses indivíduos, a questão é o que a cultura oferece na adaptação social desses sujeitos para a resolução de problemas que vão ocorrendo ao longo de seu desenvolvimento e que sejam referentes às suas necessidades específicas. As tecnologias têm essa função.

Neste texto, discutiremos as alterações neurológicas pela perspectiva histórico-cultural, que vê o cérebro como um Sistema Funcional Complexo (LURIA, 1981), aberto, em interação com o meio físico e social do sujeito; e que vê o funcionamento neuropsicológico como um sistema dinâmico, resultado, de um lado, da evolução sócio-histórica do grupo no qual o sujeito está inserido e, de outro, de suas próprias experiências no desenvolvimento, que se configuram como a plasticidade cerebral. Ainda para esse autor, as funções psíquicas superiores não têm uma localização exata, mas são decorrentes de estruturas cerebrais que se organizam em conjunto.

---

<sup>2</sup> A autora refere-se a Pino, 1998, anotações de aula.

A partir dos conceitos de sistema funcional e de plasticidade cerebral, Luria distingue três unidades de funcionamento cerebral cuja participação é necessária em qualquer atividade psicológica. Fundamental também nas postulações de Luria é o fato de que as três unidades funcionais operam em conjunto ao longo de toda a vida individual, e as relações entre elas se transformam no processo de desenvolvimento, sempre em interação com o contexto histórico-cultural em que o sujeito se encontra. Por ser um sistema aberto, o cérebro está preparado para realizar funções diversas, dependendo dos diferentes modos de inserção do homem no mundo. A exploração dos vários sistemas em funcionamento no cérebro e sua relação com processos psicológicos, fundamentada na experiência clínica e de pesquisa de Luria representam uma dimensão fundamental de seu trabalho e é digno de nota que sobre ela se tenham debruçado seus primeiros leitores brasileiros do campo da Psicologia (OLIVEIRA; REGO, 2010, p. 112).

É também importante levarmos em conta, nessa perspectiva, os processos de compensação. Vigotski (1997) argumenta que tais processos não estão ligados diretamente às incapacidades biológicas de sujeitos com deficiência ou alterações neurológicas, mas sim à eliminação das dificuldades existentes relacionadas; para ele, é o grupo social que cria condições e propicia interações para que esses sujeitos apropriem-se dos bens culturais. A tecnologia pode ter esse papel.

As tecnologias no século XXI, denominadas de TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação ou, mais recentemente de TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação, que aqui trataremos como Tecnologias Emergentes,<sup>3</sup> podem ser compreendidas como uma área que utiliza ferramentas tecnológicas com o objetivo de facilitar a comunicação no alcance de um alvo comum, sendo que o que se configura como diferente é que tais tecnologias englobam instrumentos que implementaram um conjunto de dispositivos e que têm permeado mudanças nas ações do sujeito atual, havendo, então, uma nova relação do homem com esse instrumento cultural, que verificamos estar presente no cotidiano.

Essas novas tecnologias estão modificando práticas e hábitos sociais, levando a uma globalização das relações, aspectos econômicos, culturais etc., tendo em vista que nos dão um volume extenso de informações de vários tipos e lugares, diminuem espaços e possibilitam acessos a informações diversificadas, permitem conexões em tempo real, estruturas em rede, cruzamento de informações, entre outras possibilidades consideradas ficção até um passado relativamente próximo (PINO, 2003).

Segundo Freitas (2015):

---

<sup>3</sup> As Tecnologias Emergentes são inovações técnicas, de diversas áreas do conhecimento humano, que possuem o potencial de criar mudanças gerais em todos os aspectos relacionados à nossa vida. Elas englobam as TIC – Tecnologias de Informação e Comunicação e as TDIC – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação. Hoje, as Tecnologias Emergentes são aquelas que nascem a partir dos meios de comunicação e informação no mundo contemporâneo. A curto prazo (próximos doze meses) considera-se Tecnologia Emergente aquela que é utilizada para a produção e distribuição de conteúdo nos ambientes colaborativos, participativos e sociais e que utilizam mídias atuais; a médio prazo (2–3 anos) são as que trabalham com os conteúdos abertos e dispositivos móveis e a longo prazo (quatro ou cinco anos) são a web semântica e realidade aumentada. De modo abrangente, consideram-se Tecnologias Emergentes as produções em nanotecnologia, biotecnologia, tecnologia da informação e comunicação, ciência cognitiva, robótica e inteligência artificial (HILDEBRAND et al., 2013, p. 227).

...a natureza da cultura está relacionada com o caráter duplamente instrumental, técnico e simbólico da atividade humana. É pois possível dizer que, para Vygotsky, a cultura é a totalidade das produções humanas, sejam elas, técnicas, artísticas, científicas ou organizadas na forma de instituições e práticas sociais. Enfim, tudo que, em contraposição ao que é dado pela natureza, é obra do homem (p. 3).

Assim, de acordo com a autora, as tecnologias digitais podem ser compreendidas como criação humana e, dessa forma, compõem os processos de aprendizagem, sendo o computador um instrumento cultural, binário, que vem modificando processos como a leitura e escrita em suas especificidades, pelos seus dispositivos como o mouse ou pelo teclado com diferentes ícones. Há aspectos da interação que já se configuram de outras formas, como a por voz e imagem. Como Pino (2003), Freitas (2015), ambos tendo a perspectiva histórico-cultural como argumento, discute ser o computador um instrumento técnico e semiótico.

Ainda segundo Freitas, para Vigotski, a mediação se dá por instrumentos e signos, quais sejam: as ferramentas materiais (instrumentos culturais); ferramentas psicológicas (signos) e outros homens.

Essas três mediações ocorrem no uso das tecnologias digitais. É a mediação da ferramenta material: o instrumento digital enquanto máquina; a mediação semiótica através da linguagem e a mediação com os outros enquanto interlocutores. Eles introduzem uma forma de interação com as informações, com o conhecimento e com as outras pessoas, totalmente nova, diferente da que acontecia em outros meios, como a máquina de escrever, o retroprojetor (2015, p. 10).

Ao discutirmos os processos de interação e comunicação de sujeitos com alterações linguísticas significativas, acreditamos que o olhar dos autores citados a respeito das tecnologias pode abrir caminhos diferenciados que possibilitem a esses sujeitos uma comunicação mais eficaz, que se configuraria como os caminhos alternativos preconizados por Vigotski (1997).

Como este texto pretende discutir o uso das Tecnologias Assistivas por sujeitos com alterações neurológicas, apresentamos agora as discussões de Vigotski (1997) sobre a concepção de deficiência, que na época foi cunhada com o termo *Defectologia*, estudo a respeito da relação entre o que era considerado típico e atípico. Para esse autor, nessa perspectiva teórica, as funções psíquicas realizam-se com os outros da cultura, como já discutido neste texto. As atividades psíquicas se configuram na inter-relação com o meio social circundante e a colaboração deste, resultando daí a organização das funções superiores da atividade intelectual. Um indivíduo com um potencial biológico diferente, inato ou estabelecido ao longo de sua vida, vai organizar seu desenvolvimento e sua readaptação por caminhos alternativos, na relação com o outro, nos processos de mediação.

Nos sujeitos com diversidade, as funções elementares é que se encontram comprometidas, tendo em vista que decorrem diretamente do corpo biológico, de algum órgão afetado; por exemplo, a dificuldade visual proveniente da cegueira. O desenvolvimento

insuficiente das funções superiores é consequência disso e é, portanto, um fenômeno secundário. Para Vigotski (1997), portanto, se faz necessário que se concentrem as possibilidades na esfera das funções psíquicas superiores. Dessa forma, é fundamental identificar que a insuficiência dos processos superiores está condicionada de forma secundária à deficiência enquanto fenômeno biológico e, por isso, os esforços de trabalho com sujeitos com alguma diversidade neurológica, como é o caso dos que são apresentados neste artigo, é o de proporcionar atividades coletivas que circundam o indivíduo, como também propiciar ferramentas culturais que possam instrumentalizá-los em seu processo de mediação semiótica.

Pelas experiências sociais em que os sujeitos com alterações neurológicas estão inseridos, a aprendizagem e o desenvolvimento organizam-se de diferentes formas. As relações educacionais e de trabalho se configuram de maneiras bastante diversificadas.

As Tecnologias Emergentes apresentam-se como possibilidades de acesso ao que a cultura vem produzindo também para esses sujeitos e, se concordarmos com Pino (2003), também oferecem a relação técnica e semiótica, portanto, com a linguagem, muitas vezes comprometida em sua realização pela fala.

Tecnologias Assistivas podem ser definidas:

...para identificar o conjunto de serviços, recursos e materiais que favorecem ou mesmo ampliam as competências funcionais de pessoas de um modo geral e de pessoas com deficiência, de forma a proporcionar o uso de suas habilidades com o objetivo de fomentar a vida autônoma e independente das mesmas, garantindo-lhes sua efetiva participação na sociedade (POKER; NAVEGA; PETITTO, 2012, p. 13).

Assim, esse tipo de tecnologia é usado para identificar recursos materiais e serviços para contribuir nas habilidades de sujeitos com alguma diversidade que os auxilie em sua vida autônoma e independente, tendo como objetivo a inserção social, onde pretendemos atuar com a interface criada.

## DESENVOLVIMENTO

Os projetos KIT FACILITA,<sup>4</sup> ARTIA-V e ARTIA-C<sup>5</sup> têm como objetivos que pessoas com diversas alterações neurológicas que interferem no movimento motor e na fala tenham a possibilidade de realizar atividades comunicativas e artísticas, por meio de interfaces e mídias emergentes. O projeto KIT FACILITA vem sendo desenvolvido a partir de um acor-

---

<sup>4</sup> **KIT FACILITA** é um projeto de pesquisa e inovação em interfaces assistivas de Baixo Custo, e está sendo desenvolvido pelo Dr. Efraim Foglia, com colaboração do Dr. Josep Cerdá i Ferré, da UB – Universidade de Barcelona em parceria com o GIIP (UNESP), coordenado pela Dra. Rosangella Leote.

<sup>5</sup> **ARTIA-V e ARTIA-C** são dois projetos de desenvolvimento de interfaces físicas e digitais para as artes que estão sendo desenvolvidos por Daniel Paz de Araújo e pelo Dr. Hermes Renato Hildebrand, da UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas, com colaboração da Dra. Evani Andreatta Amaral Camargo, do Centro Universitário Moura Lacerda, também em parceria com o GIIP (UNESP), coordenado pela Dra. Rosangella Leote.

do de intercâmbio internacional entre universidades do Brasil (UNESP e UNICAMP) e da Espanha (UB) e os outros dois projetos ARTIA-V e ARTIA-C estão ocorrendo no Brasil, pela parceria de duas universidades do Estado de São Paulo (UNESP e UNICAMP). Os três projetos desenvolvem interfaces físicas e digitais assistivas para a aplicação na comunicação de pessoas com diversidades neurológicas e no aprendizado de artes.

Essas interfaces estão sendo realizadas no grupo de pesquisa GIIP – “Grupo Internacional e Interinstitucional de Pesquisa em Convergências entre Arte, Ciência e Tecnologia” certificado pela UNESP junto ao CNPq, coordenado pela Dra. Rosangella Leote, (UNESP – Instituto de Artes, São Paulo).

O projeto destina-se a fornecer Tecnologias Assistivas, de código aberto, com possibilidades escalonáveis e abertura para novas funcionalidades. Um dos desafios que estamos encontrando é o de conciliar a tecnologia aberta com recentes aplicações em biossensores, especialmente em neurosensores, visando à utilização do cérebro para ações sem realização de movimentos por parte do usuário. O projeto busca proporcionar o diálogo entre multissensorialidade e multimodalidade com a criação das interfaces KIT FACILITA, ARTIA-V E ARTIA-C, que permitem a interação de sujeitos com e sem diversidades neurológicas. Uma das dificuldades encontradas é o desenvolvimento de ferramentas que tenham como finalidade básica a aplicação nas artes.

## **SOBRE OS PROTÓTIPOS**

Apresentamos, agora, os protótipos da Tecnologia Assistiva desenvolvidos para a comunicação dos sujeitos da pesquisa que, como foi abordado, encontram-se em fase inicial. O protótipo KIT FACILITA opera com o rastreamento de movimentos dos olhos e foi desenvolvido com tecnologias disponíveis no mercado e com código aberto. Isto permitiu que a pesquisa tivesse um desenvolvimento inicial muito rápido.

O dispositivo é composto por duas câmeras acopladas a uma armação impressa em impressora 3D, uma delas sensível à luz infravermelha, voltada para o olho do sujeito, capturando os movimentos da pupila do usuário e a outra voltada para o seu campo visual. Ligado às duas câmeras está um *software* que cruza as duas imagens, identificando para onde o usuário está olhando. O usuário pode ligar ou desligar o sistema por meio do fechamento do olho por um segundo. Quando o usuário pisca, desaparece o movimento da pupila e ligado, o sistema identifica uma imagem e emite o som relativo a ela, que pode ser uma palavra ou frase; permitindo que o sujeito se comunique. As imagens estão codificadas em um banco de dados, o que nos permite fazer um paralelo com os sistemas de comunicação alternativa.



## Imagem 01 – Óculos Pupil Dv com as duas câmeras.<sup>6</sup>



Uma das questões importantes que encontramos foi o custo das interfaces que poderiam ser adquiridas no exterior. Elas solucionavam vários problemas, mas tinham um custo muito elevado e dificuldades de importação. No entanto, adquirimos o dispositivo Pupil Dv,<sup>7</sup> com tecnologia aberta, que permite a customização pretendida e é desenvolvido em programação Pure-data. Desse modo, conseguimos bons resultados com o KIT FACILITA, sendo que o dispositivo mostrou-se eficiente na operação com interações sonoras.

A interface permitiu que os usuários produzissem sons a partir de imagens codificadas; unidades sonoras de pequenas frases pré-gravadas, como: “sim”, “não”, “estou com fome”, “estou com sede” e outras. A ideia de continuidade de desenvolvimento da interface é que o kit possibilita a comunicação, falada, através de até 64 marcadores de tamanhos diversos, que permitem que a pessoa que o utiliza, ao olhar para esse marcador e piscar, consiga se comunicar. O *software* aberto do Pupil também pode fazer que outras interfaces possam ser desenvolvidas e testadas, utilizando o mesmo *hardware*, com o objetivo de aprimorar a comunicação e a interação dos usuários.

Outra tecnologia utilizada nos testes foi o sistema EyeWriter,<sup>8</sup> um projeto de *software* aberto que faz uso de um *hardware* de baixo custo, que permite a customização pelos próprios pesquisadores. O sistema possibilita a interação através de uma câmera voltada para a pupila do usuário. Devido à sua flexibilidade, foi possível utilizar o *hardware* Pupil no sistema que, ao detectar e calibrar a imagem da pupila, permite que o usuário interaja com jogos simples, fazendo desenhos ou usando teclados virtuais.

Após a busca por outros sistemas computacionais, começamos a utilizar o *software* Processing, que tem tecnologia aberta e foi desenvolvido para ser usado por artistas. A linguagem de programação foi criada em 2001, no MIT – Massachusetts Institute of Tech-

<sup>6</sup> Foto tirada por um dos pesquisadores.

<sup>7</sup> Disponível em [www.pupil-labs.com](http://www.pupil-labs.com). Acessado em 20 de abril de 2016.

<sup>8</sup> Disponível em [www.eyewriter.org](http://www.eyewriter.org). Acessado em 20 de abril de 2016.

nology, com o objetivo de facilitar a programação nas artes visuais. Ele vem sendo adotado para o ensino de programação para artistas porque é uma linguagem de fácil programação e esse aspecto nos levou a pensar no Processing como uma alternativa de desenvolvimento de linguagem com *software* aberto. Por sua vez, temos também a plataforma de prototipagem para a interação física, Arduino, que dialoga com a Linguagem Processing.

Vários pesquisadores têm apropriado da computação para criar interfaces, ferramentas e linguagens para transformar a programação em uma atividade mais simples. Entre as linguagens criadas nesse sentido, vamos encontrar iniciativas como as linguagens Logo, Max, Pure Data, Processing, Arduino e o Scratch.

A linguagem Logo, de 1967, tinha por objetivo ensinar matemática para crianças. Na década de 1980, surgiu a linguagem Max, muito usada para composição musical e, principalmente, para *performances* ao vivo. Na década de 1990, foi lançado o Pure Data, uma versão *open-source* do Max. Em 2001, surgiu a linguagem Processing, destinada às artes visuais. Em 2005, foi lançado o Arduino, um microcontrolador projetado para a programação de interação física entre o ambiente e o computador. Mais recentemente, em 2007, surgiu o Scratch, outra linguagem de programação direcionada ao público infantil. Todas essas iniciativas compartilham o mesmo objetivo: facilitar a programação para pessoas de idades e formações diversas. Na presente pesquisa, essas linguagens são chamadas de linguagens de programação alternativas e se define o termo como linguagens de programação projetadas para pessoas com formações fora das Ciências Exatas e muitas vezes com um caráter educativo (OAKIM, 2015, p. 14).

## TESTES

As interfaces que estão sendo desenvolvidas possuem finalidades similares e estão sendo aplicadas em sujeitos com alterações neurológicas no Brasil e em Portugal. Inicialmente, começamos o trabalho com um sujeito, de 46 anos de idade, do sexo feminino, arte-educadora, acometida pela Síndrome de Locked-in (doença neurológica rara, em que ocorre paralisia de todos os músculos do corpo, com exceção dos músculos que controlam o movimento dos olhos ou das pálpebras e, na maioria dos casos, impede a fala), o que ocorreu após um Acidente Vascular Cerebral (AVC). Também foram feitas avaliações das interfaces com outro sujeito, jornalista, também do sexo feminino, que tem paralisia cerebral (SA). Além disso, o sistema foi aplicado em Lisboa, com um artista plástico português que sofre de degeneração precoce (PA), da Fundação Liga,<sup>9</sup> entidade para o desenvolvimento de pessoas com dificuldades diversas, principalmente as motoras. Hoje, estamos desenvolvendo um trabalho de arte-educação com crianças e adolescentes em uma fundação filantrópica que promove a inclusão social de crianças e jovens com paralisia cerebral, onde AV, sujeito dessa pesquisa, desenvolve a sua prática didática de arte.

Em todas as situações de interação com esses sujeitos realizamos testes de usabilidade com interfaces desenvolvidas ou em desenvolvimento, a fim de avaliar as suas possibili-

---

<sup>9</sup> Disponível em [www.fundacaoliga.pt](http://www.fundacaoliga.pt)). Acessado em 20 de abril de 2016.

dades e poder adaptá-las a essas pessoas. Com o “KIT FACILITA”, que foi o primeiro protótipo, os testes de usabilidade foram feitos no Brasil e em Portugal com AB, SA e PA, em julho e agosto de 2015.

Os objetivos dos testes foram para analisar o desenvolvimento da interface que deverá ser *open-source* para possibilitar o uso por pessoas com alterações neurológicas que não possuem a possibilidade de falar. O dispositivo possibilita o comando de entrada de dados, permitindo que se tenha maior autonomia para pintar, desenhar e esculpir, entre outras atividades artísticas. Em relação à pesquisadora (AB), o programa pode possibilitar que ela realize produções artísticas e trabalhe com pessoas com as mesmas condições físicas dela.

Na segunda fase do projeto, os testes estão sendo feitos com pessoas com paralisia cerebral. Na fase três será observado o nível de precisão da interface, sua praticidade e a variedade de possibilidades de utilização em *softwares* básicos de criação artística para diversos problemas físicos e mentais.

Dando continuidade ao nosso relato, nesses primeiros testes, sentimos a necessidade de utilizar outros programas porque a interface “Pupil” mostrou-se desconfortável e a programação com o *software* “Pure Data” é um sistema muito instável e não pode ser executado em qualquer tipo de computador. Por isso, passamos a desenvolver outro aplicativo com o *software* livre “Processing”, com interface simples com duas câmeras (uma webcam e uma câmera infravermelha) para observar a pupila e a íris de quem utiliza o dispositivo. No momento, estamos criando programas para fazer o mapeamento das imagens que serão empregadas para emitir sons, por meio do “Processing”.

Inicialmente, o “Processing” foi criado para desenvolver esboço de *software* e para ensinar os fundamentos básicos de programação num contexto visual. O processamento evoluiu para uma ferramenta de desenvolvimento para profissionais. Hoje, existem muitos estudantes, artistas, designers, pesquisadores e amadores que utilizam o “Processing” para a aprendizagem, realização de protótipos e produção. Ele é um *software* livre, que pode ser acessado sem custo. O programa permite desenvolver sistemas interativos para 2D, 3D, realidade aumentada e mapeamento de imagens. Ele permite trabalhar com computação gráfica, técnicas de interação com desenho vetorial, e bitmap (raster), processar imagens, modelos de cores, utilizar mouse e teclado, eventos, comunicação de rede e programação orientada a objetos.

A partir do *software* Processing, na interação com as crianças desse projeto, desenvolvemos um aplicativo para desenhar. Porém, esse sistema, ainda em fase de desenvolvimento, não usa os óculos e as pupilas das crianças para executar os desenhos. Essa é a etapa seguinte de desenvolvimento da interface.

## RESULTADOS

Um dos resultados que surgiram a partir de dificuldades encontradas foi a necessidade de afinação do dispositivo para cada usuário. O ideal seria que cada participante do projeto tivesse um dispositivo desenvolvido especialmente para as suas especificidades. Por exem-

plo, no caso de AB, o principal problema é que ela não teve a destreza necessária para a utilização do Kit com o olho direito. Embora tenha conseguido operar o equipamento, sua instabilidade motora do olho faz que o ajuste se perca. Assim, foi iniciada uma alteração do programa e do design, para o seu uso mais confortável, inclusive alterando a câmera para que pudesse fazer a leitura apenas com o olho esquerdo. Os resultados mostraram possibilidades de sucesso do novo protótipo. Dessa forma, verificamos que a adaptação do programa e do design foi essencial para a utilização do protótipo por AB. Aqui, identificamos o que significam as propostas das Tecnologias Assistivas (POKER; NAVEGA; PETITTO, 2012), bem como podemos compreender a importância do conceito das adaptações das ferramentas técnico-culturais preconizadas por Pino (2003) e Freitas (2015), na discussão sobre relação técnica e semiótica de tais ferramentas, possibilitando o acesso à linguagem que, no caso desse sujeito, estava totalmente impedida em sua realização pela fala. O conceito de compensação discutido por Vigotski (1997) nos ajuda a compreender o uso do Kit Facilita por AB, tendo em vista que os recursos psíquicos desse sujeito foram viabilizados pelo uso da tecnologia, levando à interação dialógica.

As pessoas que não possuem problemas de comunicação, e que usaram o Kit Facilita, relataram simplicidade na utilização do mesmo, mas consideraram os óculos um incômodo. Ele não se adapta facilmente às pessoas. O mesmo também se dá com as pessoas com alterações neurológicas. Assim, é importante que mais discussões e adaptações em outros protótipos sejam efetuadas, tendo em vista que sempre é necessário compreender a usabilidade no uso das ferramentas, bem como a especificidade de cada sujeito em seu uso.

Todas as avaliações, na aplicação da interface Kit Facilita, apresentaram possibilidades de comunicação para os sujeitos com alterações neurológicas. A avaliação feita em Portugal, na Fundação Liga, com PA, deu ótimo resultado, levando à elaboração de um processo criativo para artes cênicas (dança) e artes sonoras, naquela fundação.

Na Casa das Artes dessa Fundação, além do teste com o Kit Facilita, foi possível conhecer um espaço para atividades colaborativas de produção e realização artística a distância, inclusive em tempo real. Nesse caso, a parceria prevê desenvolvimento de obras cênicas com artistas bailarinos com e sem diversidades. Ao transformarem bens culturais para viabilizarem o que estava dificultado pelas questões biológicas, esses artistas terão provocado em suas consciências mudanças em suas estruturas interfuncionais, segundo as proposições vigotskianas (NOVAES-PINTO, 2012).

Das avaliações realizadas no Brasil, com AB e SA, o da jornalista com paralisia cerebral, SA, foi o mais bem-sucedido. Se levarmos em conta o funcionamento neuropsicológico como um sistema dinâmico (LURIA, 1981), configurado pela plasticidade cerebral, as experiências que foram possibilitadas pelas ferramentas computacionais para os sujeitos AB e SA podem explicar a ampliação da comunicação, já que ambos manifestaram o interesse na participação do projeto; SA, inclusive, elaborando um texto escrito que afirma isso, a partir da interface que já utilizava, a de um capacete com ponteira.

O sistema EyeWriter, na interface Pupil, foi usado por um dos pesquisadores em testes com alunos com alterações neurológicas para que pudessem utilizar um jogo simples de

manipulação unidimensional horizontal para movimentar uma barra e rebater um círculo. O jogo é uma espécie de pingue-pongue digital, que está sendo utilizado por sete crianças com paralisia cerebral em vários graus de intensidade. Os pesquisadores, com a arte-educadora (AB), observam a usabilidade da interface quando as crianças usam essa ferramenta. A interface mostrou-se bastante eficaz e engajadora para que os alunos pudessem experimentar a dinâmica de um jogo digital e simultaneamente fossem preparados para atividades mais complexas de interação ocular. A possibilidade do jogo de pingue-pongue digital para as crianças foi dada pela ferramenta da tecnologia assistiva. Além disso, a motivação que o jogo dá para o sujeito, que posteriormente pode dar acesso a outros jogos para aprendizagem e desenvolvimento, é fundamental. Identificamos aqui aquilo que é discutido pela teoria histórico-cultural acerca do aprendizado que é efetivo quando “afeta” o aprendiz; só nos apropriamos daquilo que tem um sentido para nós (OLIVEIRA, 2015).

O uso da ferramenta Kit Facilita permitiu que os alunos com alterações neurológicas e o artista PA produzissem sons a partir de imagens codificadas pelos marcadores, ao piscarem. A possibilidade de comunicação ancorada em um processo semiótico pelo uso de instrumentos tecnológicos pode levar esses sujeitos a organizarem seus processos de aprendizagem e desenvolvimento de formas diferenciadas das usuais. O que está sendo propiciado para eles são atividades coletivas veiculadas de outras formas, que permitem outras elaborações de suas funções psíquicas superiores, já que as funções elementares estão prejudicadas pelas impossibilidades biológicas. Podemos entender isso como a compensação social que Vigotski (1997) preconizou e defendeu. Quando o aparato biológico do indivíduo está comprometido, o mecanismo de compensação pode e deve ser possibilitado pelo entorno sociocultural.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as dificuldades encontradas para a utilização da interface KIT FACILITA em relação ao desenvolvimento, ao custo financeiro da interface e à dificuldade de importação dos materiais necessários, resolvemos buscar outras soluções. Dessa vez, com tecnologia e design desenvolvido por brasileiros. Para as próximas etapas, a curto prazo, Daniel Paz de Araújo, design e engenheiro de sistemas, vem utilizando o Pupil Dv, com programação Processing. Alguns testes, nesse sentido, mas usando componentes avulsos, foram feitos por ele e por Hermes Renato Hildebrand, ambos da UNICAMP. Nosso objetivo nos projetos ARTIA-V e ARTIA-C é produzir interfaces e obras com o intuito de encontrar poéticas compatíveis e apoiadas menos no espaço subjetivo das experiências do artista e mais em conhecimentos científicos.

O projeto ARTIA-V e ARTIA-C não é uma substituição ou continuação do KIT FACILITA, mas uma proposta similar, que tem como objetivo trabalhar outras maneiras de desenvolvimento de interfaces com outros tipos de linguagem que possibilitem reduzir os custos de desenvolvimento e permitam mais possibilidades e alternativas de interação. O primeiro projeto utilizou ações com rastreamento ocular, visando escrever, desenhar,

pintar e projetar esculturas para serem impressas em 3D, gerando protótipos para as obras, que seriam construídas por pessoas contratadas ou parceiros de criação. O segundo, para a utilização de ondas cerebrais com finalidades similares e também aplicações com sons e imagens fora do computador, visando obras artísticas experimentais e processuais.

Ao usar o dispositivo do Kit Facilita, os sujeitos avaliam que tal ferramenta permite uma expectativa de vida melhor, pois dá a eles possibilidades de se comunicar, de interagir com outros sujeitos, bem como se apropriar do que pode ser oferecido pelo grupo em que está inserido, no caso, com interfaces artísticas (artes visuais e cênicas), que é a área de atuação deles.

Entretanto, há necessidade de que sejam desenvolvidas ou adaptadas especificidades do instrumento cultural, no caso, do *software* ligado ao dispositivo para cada sujeito que faz uso dele, tanto em relação ao corpo biológico de cada um, como em relação às especificidades socioculturais, identificando-se que cada sujeito é único, mesmo na diversidade.

Pudemos apresentar neste artigo ferramentas culturais que possibilitaram que sujeitos com diversidades neurológicas pudessem interagir com seus interlocutores como também partilhar conhecimentos na área de arte. Compreendemos aqui os conceitos da teoria histórico-cultural de compensação, isto é, ferramentas que permitem a comunicação pelas tecnologias assistivas. Além disso, entendemos que tais ferramentas tecnológicas podem ser uma possibilidade ao levarmos em conta o conceito de plasticidade cerebral discutido por Luria (1981), que compreende o cérebro como um sistema dinâmico, que depende do grupo sócio-histórico e das próprias experiências do sujeito.

Identificamos os processos de mediação de que nos fala Vigotski, pela inter-relação com o outro e na apropriação do instrumento, tornando-se ele também um instrumento semiótico (PINO, 2003; FREITAS, 2015), bem como a aprendizagem em situações em que sujeitos são afetados em seu desenvolvimento pelo que lhes é significativo (OLIVEIRA, 2015). O “novo” instrumento semiótico, das Tecnologias Emergentes pode ser, de fato, também diferenciado para sujeitos com alterações neurológicas, como apontaram Freitas e Pino em suas discussões. Finalizando, argumentamos que para os sujeitos de nosso estudo, tais tecnologias podem ser ainda mais significativas, já que são a ponte na inter-relação com os outros e que lhes possibilita que manifestem seus desejos, opiniões, seu “querer-dizer” (BAKHTIN, 1997).

## REFERÊNCIAS

BAKHTIN, M. **Estética da Criação Verbal**, São Paulo: Martins Fontes Editora Ltda., 1997.

CANGUILHEM, G. **O Normal e o Patológico**, Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária, 2009.

FREITAS, M. T. de A. Tecnologias digitais: cognição e aprendizagem. In: 37ª. Reunião da ANPED, Florianópolis, SC, 2015. **Anais da 37ª. Reunião da ANPED**, Florianópolis, SC, 2015, p. 1-19.

HILDEBRAND, H. R.; SILVA, I. R. NOGUEIRA, A. S. KUMADA, K. M. O. **O uso de jogos eletrônicos no processo de ensino-aprendizagem de surdos**. VALLE, L. E. L. R.;

MATTOS, M. J. V. M.; COSTA, J. W. (Org.). Educação digital: a tecnologia a favor da inclusão. Porto Alegre: Penso, 2013.

KASSAR, M. de C. M. O óbvio/silenciado das marcas do humano: comentários sobre os processos educativos escolares, a de uma leitura das contribuições de Angel Pino. **CADERNOS CEDES**, Campinas, v. 35, no. Especial, p. 405-418, out., 2015.

LURIA, A. R. **Fundamentos de neuropsicologia**, São Paulo: Edusp, 1981.

NOVAES-PINTO, R. do C. Linguagem, subjetividade e ensino: reflexões à luz da neurolinguística discursiva. In: HARMUCH, R. A.; SALEH, P. B. de O. **Identidade e subjetividade: configurações contemporâneas**, Campinas, SP: Mercado das Letras, 2012, p. 117-148.

OAKIM, P. **Arte e programação na linguagem Processing**. Dissertação de Mestrado desenvolvido no TIDD – Programa de Pós-graduação de Tecnologia da Inteligência e Design Digital da PUC/SP, São Paulo: PUCS/SP, 2015.

OLIVEIRA, I. M. Nas fronteiras entre o biológico e o cultural, o afeto. **CADERNOS CEDES**, Campinas, v. 35, no. Especial, p. 375-390, out., 2015.

OLIVEIRA, M. K.; REGO, T. C. Contribuições da perspectiva histórico-cultural de Luria para a pesquisa contemporânea. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 36, n. especial, p. 107-121, 2010.

PINO, A. S. O social e o cultural na obra de Lev S. Vigotski. Vigotski – O Manuscrito de 1929. **Educação e Sociedade**, n. Especial, 71, p. 45-78, jul., 2000.

PINO, A. S. Técnica e semiótica na era da informática. **Contrapontos**, Itajaí, v. 3, n. 2, p. 283-296, mai./ago., 2003.

POKER, R. B.; NAVEGA, M. T.; PETITTO, S. A acessibilidade na escola inclusiva: tecnologias, recursos e o atendimento educacional especializado. Cap. 1. In: POKER, R. B.; NAVEGA, M. T.; PETITTO, S. (Orgs.). **A acessibilidade na escola inclusiva: tecnologias, recursos e o atendimento educacional especializado**, Marília, SP: Cultura Acadêmica, 2012, p. 13-30.

SACKS, O. **A Ilha dos Daltônicos**, São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

VIGOTSKI, L. S. Manuscrito de 1929. Vigotski – O Manuscrito de 1929. **Educação e Sociedade**, n. Especial, 71, p. 21-44, jul., 2000.

VIGOTSKI, L. S. **A Construção do Pensamento e da Linguagem**, São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKI, L. S. **Fundamentos de Defectologia**. – Obras Escogidas – v. Madrid: Editora Visor, 1997.

Submetido em: 23 de abril de 2016

Aceito em: 17 de maio de 2016