

Tecnologias de interface cérebro-computador para a tradução de Braille e Libras: possibilidades e alternativas

Vladimir Figueiredo Fraga

Bacharel em Ciência da Computação, PUCRS.
Mestrando no Mestrado Acadêmico em Diversidade Cultural e Inclusão Social,
Universidade FEEVALE.

Resumo: As tecnologias de Interface Cérebro-Computador em conjunto com as Tecnologias da Informação e Comunicação estão se tornando uma nova maneira de interagir com o computador. Investigar as possibilidades de utilizá-las para traduzir estímulos táteis resultantes da utilização do Sistema Braille e estímulos motores resultantes da Língua dos Sinais (LIBRAS) para idiomas textuais comuns é o objetivo principal desse estudo. Com base em uma fundamentação teórica realizada a partir de uma contextualização sobre as tecnologias e as formas de comunicação, e a partir da idealização de dois projetos tecnológicos tradutores, foram realizadas buscas em repositórios de trabalhos acadêmicos e máquinas de procura genéricas, tendo como critério de busca palavras-chaves derivadas da referida contextualização e das diretrizes para os projetos tecnológicos tradutores. Os resultados foram analisados em busca de trabalhos de mesmo tema que o elaborado nesse estudo, ou que ao menos possibilitem alguma verificação quanto a viabilidade. Após apresentação dos resultados são elaboradas considerações interdisciplinares, objetivando uma dialética com pesquisadores das áreas de estudo envolvidas, também descrevendo alternativa, em âmbito de considerações finais, sobre um projeto tecnológico viável utilizando Eletromiografia para aperfeiçoamento de Tecnologia Assistiva utilizada por pessoas cegas na produção textual.

Palavras-chave: Braille, LIBRAS, Interface Cérebro-Computador.

Brain-computer interface technology for Braille and Brazilian Sign Language translation: possibilities and alternatives

Abstract: Brain-Computer Interface technologies, in conjunction with Information and Communication Technologies, are becoming a new way of interacting with computers. The main objective of this study is to investigate the possibilities of using such technologies to translate both tactile stimuli resulting from the use of Braille System and motor stimuli resulting from the use of Sign Language to common textual languages. Based on a theoretical foundation derived from the contextualization of technologies and forms of communication, and also from the idealization of two technological translating systems, a research was carried out using repositories of academic studies, as well as generic search engines, using keywords derived from the aforementioned contextualization as well as the guidelines for the translating systems as criteria. The results were analyzed in pursuit of studies that deal with same subject as the present paper, or which at least allow to verify the viability of this study. After the presentation of results, interdisciplinary considerations are elaborated, aiming a dialectic with researchers of the fields of study involved, also describing in the final considerations alternatives for a feasible technological project using Electromyography to improve Assistive Technology used by blind people in their written production.

Keywords: Braille, Brazilian Sign Language, Brain-Computer Interface.

1. INTRODUÇÃO

Esse estudo investiga a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) para pessoas cegas e surdas utilizando Interface Cérebro-Computador (ICC). É apresentada uma conceituação da tecnologia de ICC – ou Interface Cérebro-Máquina (ICM) – e das estratégias de comunicação utilizadas por pessoas cegas – Braille, e por pessoas surdas – LIBRAS¹, objetivando tecnologias de ICC facilitadoras à comunicação para estas pessoas, e a serem utilizadas nas TIC.

Para amenizar estas dificuldades no uso das TICs, e mais concretamente do computador por estes grupos de pessoas com deficiência, estão sendo realizados trabalhos para desenvolver diferentes tipos de interfaces adaptadas ou dispositivos alternativos de interação, em lugar dos dispositivos convencionais (mouse, teclado, tela tátil, etc.) que, com frequência, não podem ser usados por estas pessoas. Dentro destas novas interfaces encontramos dispositivos como, por exemplo, linhas Braille eletrônicas, mouses com apontador laser, mouses oculares, ou interfaces cérebro-computador. (CYTED, 2014, p. 1)

Pretende-se, portanto, verificar a viabilidade de tecnologias ICC para uso nas TIC tendo como base contextualização e diretrizes para sistemas tradutores para pessoas cegas e surdas. Tendo como fonte os resultados da investigação, serão verificadas alternativas caso os sistemas de ICC demonstrem-se inviáveis. A implementação dos sistemas e alternativas apresentadas nesse estudo relacionam-se também com a Tecnologia Assistiva, sendo esta conceituada como o “[...] conjunto de artefatos disponibilizados às pessoas com necessidades especiais, que contribui para prover-lhes uma vida mais independente, com mais qualidade e possibilidades de inclusão social. [...]” (SONZA *et al.*, 2013, p. 199).

¹ “A LIBRAS é a língua da comunidade surda brasileira. [...]” (UFRGS, 2004). “*Sign Language*”, em Inglês, ou “Língua dos Sinais” em português, será utilizada nesse estudo para fazer referência ao conjunto das línguas que utilizam sinais e gestos, independentemente de especificidades como localidade.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CONTEXTUALIZAÇÃO

A área de pesquisa denominada ICC “[...] apresenta caráter interdisciplinar integrando neurociência, fisiologia, psicologia, engenharias, ciência da computação e outras disciplinas técnicas e da saúde. [...]” (NICOLAS-ALONSO, GOMEZ-GIL, 2012 *apud* MUSSATTO, SILVA, 2014, p. 51, traduzido).

A ICC é uma técnica que tenta interpretar os sinais elétricos da superfície cortical ou subcortical do cérebro para interagir com o ambiente externo por meio de máquinas, buscando assim interpretar pensamentos referentes a movimento sem a necessidade do movimento real. Por exemplo, se um indivíduo utilizador de ICC quiser mover o mouse de um computador, a tecnologia entenderia isso e realizá-la-ia sem o movimento das mãos do humano. Essa tecnologia é um meio de comunicação alternativo útil para muitos objetivos, entre eles a possibilidade de ajudar um paciente impossibilitado de atividades motoras, como um tetraplégico, a movimentar objetos. (COSTA, OLIVEIRA, 2012, p. 1)

A conceituação de ICC abrange desde uma tecnologia, ou uma técnica, até uma área de pesquisa, sendo utilizada também com fins de prover auxílio para pessoas com deficiências motoras, atuando, por exemplo, como intermediária no envio de comandos para atuadores eletromecânicos a servirem como auxiliares para movimentação/deslocamento.

[...] O objetivo principal de uma ICM é o desenvolvimento de um sistema computacional capaz de interpretar a informação codificada na atividade elétrica de grupos neuronais associados a um processo motor. Estes sinais devem ser analisados em tempo real e posteriormente traduzidos em comandos para controlar um dispositivo artificial. (BARBOSA *et al.*, 2009 *apud* MUSSATO, SILVA, 2014, p. 51)

As aplicações de ICC seguem as seguintes etapas: captação/gravação do sinal, processamento, classificação e controle do computador. Os objetivos de utilização da tecnologia de ICC têm sido os mais diversos, porém, todos possuem em comum a condição de leitura de sinais cerebrais para executar uma tarefa com intermediação de *hardware* e *software*. Os sistemas são, portanto, capazes de efetuar uma estimativa das intenções do usuário através de análise da atividade cerebral.

Aprioristicamente à apresentação de diretrizes para desenvolvimento de sistemas ICC para uso nas TIC por pessoas cegas e surdas, é pertinente uma contextualização em relação às formas de comunicação através do Sistema Braille e da Língua dos Sinais. A referida contextualização será feita através de definições. O sistema Braille, portanto, é definido da seguinte maneira:

O Sistema Braille é um código universal de leitura tátil e de escrita, usado por pessoas cegas. Foi desenvolvido na França por Louis Braille, um jovem cego, a partir do sistema de leitura no escuro, para uso militar, de Charles Barbier. Utilizando seis pontos em relevo dispostos em duas colunas, possibilita a formação de 63 símbolos diferentes, usados em literatura nos diversos idiomas, na simbologia matemática e científica, na música e mesmo informática. A partir da invenção do sistema em 1825, seu autor desenvolveu estudos que resultaram em 1837 na proposta que definiu a estrutura básica do sistema, ainda hoje utilizada mundialmente. Por sua eficiência e vasta aplicabilidade, o sistema se impôs como o melhor meio de leitura e de escrita para as pessoas cegas. (USP, 2004)

Já para Língua dos Sinais², a UFRGS (2004) adota a seguinte definição:

A LIBRAS é a língua da comunidade surda brasileira. Tem suas regras gramaticais próprias, possibilitando assim, o desenvolvimento linguístico da pessoa surda, favorecendo o seu acesso aos conhecimentos existentes na sociedade. Os sinais são formados a partir de parâmetros, como a combinação do movimento das mãos com um determinado formato num determinado lugar, podendo este lugar, ser uma parte do corpo ou um espaço em frente ao corpo. (UFRGS, 2004)

Existe uma série de considerações classificadas como parâmetros, que delimitam os gestos, inclusive faciais e corporais, sobre os quais os sinais da Língua dos Sinais são construídos, fazendo referências a palavras e estruturas gramaticais conforme uma série de regras que em conjunto permitem a expressão de frases e textos; “Os parâmetros da LIBRAS são: Configuração das mãos; Locação; Movimentos; Orientação das mãos; Expressão facial e/ou corporal.” (UFRGS, 2004). Nesta combinação se obtém o sinal. “[...] portanto, produzir sinais é combinar esses parâmetros para a formação das frases e textos [...]” (UFRGS, 2004).

A pesquisa bibliográfica por estudos que indiquem existência dos sistemas ou viabilidade tem como objetivo verificar trabalhos sobre identificação de informações táteis e motoras, reais e/ou imaginárias, a partir de tecnologias como

² LIBRAS, em específico.

“Eletroencefalografia (EEG), Magnetoencefalografia (MEG), Tomografia Computadorizada³ (TC) e Ressonância Magnética funcional (RMf/IRMf)” (NEUROETHICS, 2007, traduzido). Eletrocorticografia (ECoG) também faz parte deste tipo de tecnologia; “[...] se o traçado é obtido diretamente do córtex cerebral, temos a eletrocorticografia. [...]” (BEARZOTI, 2016), portanto, ECoG trata-se de uma EEG invasiva, requerendo cirurgia para colocação de eletrodos sobre o córtex cerebral.

Com a detecção de sinais cerebrais referentes ao toque em células Braille, e de sinais motores, referentes aos gestos da Língua dos Sinais, apresenta-se uma série de passos-guia para servirem como diretrizes para projetos de ICC nas TIC. É importante salientar que para fazer referência a resultados de EEG, MEG, ECoG, TC (PET, SPECT) ou RMf foi utilizado o acrônimo DFC: Detecção de Função Cerebral. A utilização da denominação DFC ou ICC é dependente da forma de tratamento que é dada para a informação após obtenção do registro da função cerebral. DFC precede a ICC, pois é o comando efetuado sobre o computador após a captação do sinal que vai determinar a tecnologia como sendo uma ICC, e não apenas sua aquisição, gravação e classificação, que caracteriza uma DFC.

Diretrizes orientadoras para um tradutor Braille através de ICC:

- 1) usuário utilizando tecnologia de ICC toca em cada célula Braille, sendo armazenado o padrão de DFC respectivo a sensação tátil do toque;
- 2) usuário utilizando tecnologia de ICC imagina a sensação tátil referente ao toque em cada célula Braille, registro de DFC é armazenado por sistema;
- 3) sistema compara o registro de DFC da sensação tátil imaginária (2) com sensação do registro DFC real (1) previamente armazenada;
- 4) sistema traduz as sensações táteis do registro de DFC imaginário de toque em cada célula Braille para alfabeto de idioma textual comum.

Apresenta-se a possibilidade de usuário utilizando a tecnologia de ICC escrever um texto através da imaginação da sensação de tato do toque em células Braille respectivas às letras de alfabeto da palavra que deseja comunicar.

Diretrizes orientadoras para um tradutor da Língua dos Sinais através de ICC:

³ PET e SPECT, respectivamente e em português: Tomografia por Emissão de Póstron e Tomografia por Emissão de Fóton Único (NEUROETHICS, 2007).

- 1) usuário utilizando tecnologia de ICC executa gesto da Língua dos Sinais referente a palavra de idioma textual, sendo armazenado o padrão de DFC respectivo ao gesto da Língua dos Sinais;
- 2) usuário utilizando tecnologia de ICC imagina a execução do gesto da Língua dos Sinais, registro de DFC é armazenado por sistema;
- 3) sistema compara o registro de DFC da sensação motora imaginária (2) com sensação do registro de DFC real (1) previamente armazenada;
- 4) sistema traduz os gestos motores do registro de DFC imaginário referente a cada gesto real da Língua dos Sinais para palavras de idioma textual comum.

Apresenta-se a possibilidade de usuário utilizando a tecnologia de ICC escrever um texto através da imaginação da execução motora de gestos da Língua dos Sinais respectivos às palavras/expressões de determinado idioma.

Se considerados viáveis e construídos, tais sistemas têm potencial para atuar como facilitadores na comunicação e tradução entre Braille, Língua dos Sinais e idiomas textuais – inclusive na área da educação – tornando-se uma categoria das TIC para pessoas cegas e surdas baseada na ICC, atuando também como Tecnologias Assistivas.

3. OBJETIVOS E METODOLOGIA

Objetiva-se verificar o estado de desenvolvimento tecnológico para a implementação de sistemas que traduzam sinais cerebrais referentes ao Sistema Braille e Língua dos Sinais para idioma textual comum utilizando tecnologias de ICC. A utilização de tecnologias de ICC tem potencial para criação de novas interfaces de comunicação, mesmo para pessoas com paralisias nos membros superiores, desde que estas tenham sido adquiridas posteriormente ao aprendizado da Língua dos Sinais e do Sistema Braille, ou seja, mesmo em um contexto de múltipla deficiência.

Através de uma verificação de viabilidade realizada através de revisão bibliográfica, são apresentados resultados, assim como alternativas, através da utilização da tecnologia de Eletromiografia (EMG)⁴, porém, requerendo motricidade

⁴ Eletromiografia (EMG) é um método de registro dos potenciais elétricos gerados nas fibras musculares em ação. “Enquanto técnica, consiste na aquisição e tratamento do sinal elétrico produzido na musculatura a partir da estimulação de unidades motoras (UMs). Permite a investigação

nos membros superiores para detecção da ativação de musculatura a ser traduzida para idioma textual, sendo a referida alternativa apresentada ao final desse estudo.

Considerando a metodologia utilizada, tem-se o critério de natureza aplicada para produção de conhecimentos de aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos. Para descrever a problemática relacionada à viabilidade, é utilizado o método científico hipotético-dedutivo através de um estudo com objetivo exploratório para a familiarização com o problema, explicitando-o e construindo hipóteses sobre ele. A análise de materiais já publicados faz da pesquisa bibliográfica o procedimento técnico (PRODANOV, FREITAS, 2013, p. 126 – p. 128).

O percurso de pesquisa foi o seguinte:

- a. fundamentação teórica e contextualização;
- b. diretrizes para projetos tecnológicos para utilização de ICC nas TIC;
- c. buscas por estudos que indiquem existência dos projetos ou viabilidade;
- d. discussão e conclusões, alternativas e considerações finais.

Serão consideradas palavras-chave extraídas da fundamentação teórica e contextualização. A busca por estudos foi realizada em repositórios de trabalhos acadêmicos e em máquinas de procura genéricas nos idiomas Português e Inglês, utilizando permutações das palavras-chave *brain-computer interface*, *brain-machine interface*, interface cérebro-máquina, interface cérebro-computador, Braille, LIBRAS, *sign language*, tradução, *translation*, comunicação, *communication*, TIC, TICs, ICC, BCI⁵, ICM, BMI⁶, linguagens textuais e *text languages*.

4. RESULTADOS

As buscas no Pubmed.gov⁷ e no Google⁸ retornaram resultados. Procuraram-se trabalhos com o mesmo tema (i) do trabalhado nesse estudo, ou que ao menos possibilitassem alguma verificação sobre viabilidade técnica (ii). Foi selecionado um conjunto de trabalhos que satisfizeram em parte o primeiro (i) e o segundo (ii)

de quais músculos são utilizados em determinado movimento, o nível de ativação muscular durante a execução do movimento, a intensidade e duração da solicitação muscular [...]” (JUNIOR, SEM DATA).

⁵ Brain-Computer Interface, em português: Interface Cérebro-Computador.

⁶ Brain-Machine Interface, em português: Interface Cérebro-Máquina.

⁷ US National Library of Medicine National Institutes of Health. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>>.

⁸ <https://www.google.com.br> e <https://www.google.com>.

critérios. Os estudos citados tratam de DFC para Braille (critério (ii) para Tradutor Braille), e DFC para Língua dos Sinais com tradução para texto (critérios (i) e (ii) para Tradutor da Língua dos Sinais). Os resultados⁹ em consonância com as palavras-chave definidas são:

- I. **Telepatia Mediada por Tecnologia: Uma Interface Cérebro-Computador para Linguagem Natural.** Os mecanismos de pensamento e linguagem no cérebro são pouco conhecidos, já a atividade motora é relativamente bem entendida. Por isto é apresentado um modelo de comunicação ICC utilizando Língua dos Sinais, no qual sinais cerebrais motores de alguns gestos da Língua dos Sinais são traduzidos em tempo real para linguagem verbal. A tecnologia de DFC utilizada é o EEG. (KULKARNI *et al.*, 2004)
- II. **Reconhecendo Língua dos Sinais através de Imagens Cerebrais.** Trata da acuracidade e velocidade na identificação de sinais cerebrais referentes à execução real e imaginária de gestos da Língua dos Sinais. Compara as tecnologias de DFC EEG e IRMf e cogita utilização em conjunto, objetivando dispor da velocidade de interpretação dos sinais por EEG com a acuracidade dos sinais captados por IRMf. (MEHTA *et al.*, 2010)
- III. **Dê-me um sinal: decodificando quatro gestos complexos de mão com ECoG de alta-densidade.** É investigada a viabilidade de decodificar gestos motores executados com as mãos. A tecnologia de DFC utilizada é a ECoG. Foi verificada correspondência entre IRMf e ECoG, indicando que participantes podem ser treinados para ICC usando IRMf antes da implantação de eletrodos da ECoG. (BLEICHNER *et al.*, 2014)
- IV. **Um Sistema Neurorrobótico Circuito-Fechado para Investigar a Cinemática dos Dedos na Leitura Braille.** O sistema simula o funcionamento de parte do sistema tátil humano para distribuições de probabilidades na determinação sobre quais caracteres Braille estão sendo lidos corretamente. É estabelecida uma percentagem de acerto considerando

⁹ Todos os resultados foram traduzidos do inglês.

velocidade de leitura constante, além da velocidade de leitura ideal. Não foi utilizada tecnologia de DFC por tratar-se de estudo robótico-algorítmico para obtenção de informações a serem utilizadas em estudos de ICC para leitura Braille (PINOTEAU *et al.*, 2012).

- V. **Design e avaliação de um estimulador Braille compatível com MRI¹⁰ inovador com alta resolução espacial e temporal.** Os exatos processos mentais envolvidos na leitura Braille ainda são desconhecidos devido a uma precisão de imagem insuficiente e dos sistemas de estímulo. O artigo trata de um estimulador Braille compatível com IRMf e apresenta o resultado de sua utilização em um conjunto de indivíduos para utilização em estudos relacionados. A tecnologia de DFC utilizada é IRMf (DEBOWSKA *et al.*, 2012).
- VI. **Desenvolvimento de um Módulo de Eletrodos Laplacianos Sem Fio Compacto para Eletromiogramas e suas Aplicações de Interface Humana.** Um módulo de eletrodos sem fio, com desempenho investigado através da detecção de ativação dos músculos relacionados à atividade da entrada de caracteres e detecção da movimentação dos dedos durante digitação Braille. A tecnologia utilizada é o EMG¹¹ (FUKUOKA *et al.*, 2013).
- VII. **Contribuições Linguísticas e Motoras-Perceptuais das propriedades cinemáticas do dedo leitor de Braille.** Uma investigação sobre as mudanças de velocidade, reversão de direção da leitura e releitura Braille (HUGHES, VAN GEMMERT, STELMACH, 2010).
- VIII. **Reorganização cortical massiva em leitores Braille que enxergam.** Embora tenha sido levantada hipótese de uma reorganização cerebral em larga escala por motivo de cegueira ou ferimentos graves, evidência definitiva esteve em falta. Nesse estudo é demonstrada extensa reorganização no

¹⁰ MRI (Magnetic Resonance Image) é utilizado no estudo referido para fazer referência a Imagem de Ressonância Magnética (IRM).

¹¹ Eletromiografia não é uma tecnologia de DFC, pois não envolve captação de sinais cerebrais, mas de ativação muscular.

cérebro normal e adulto de pessoas que enxergam e que aprenderam Braille. A tecnologia de DFC utilizada é o IRMf (SIUDA-KRZYWICKA *et al.*, 2016).

Portanto, foram encontrados trabalhos referentes à utilização da tecnologia de DFC para identificação de áreas cerebrais relacionadas à leitura Braille, e da motricidade dos membros superiores relacionados a gestos da Língua dos Sinais. Foram encontrados artigos sobre ICC para tradução de gestos motores e imaginação de gestos motores, da Língua dos Sinais para texto e áudio, ou seja, já existem pesquisas indicando viabilidade para o tradutor da Língua dos Sinais para texto comum, de maneira bastante limitada e em condições laboratoriais, sem perspectivas em curto prazo para utilização nas TIC.

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Resultados indicam uma tendência em direção ao aperfeiçoamento das técnicas de captação e classificação de sinais cerebrais, sendo plausível que um sistema de ICC para tradução da Língua dos Sinais para texto e áudio seja implementado para uso nas TIC em questão de década. Birbaumer *et al.* (2000) e Mehta *et al.* (2010), respectivamente, apresentam algumas tecnologias e considerações dependentes e a serem aperfeiçoadas para a implementação de um sistema ICC tradutor da Língua dos Sinais:

[...] Alcançar maiores velocidades e precisão dependem de melhorias em algoritmos de tradução e treinamento do usuário. Estas melhorias dependem de uma cooperação interdisciplinar entre neurocientistas, engenheiros, programadores de computadores, psicólogos, e especialistas em reabilitação, e na adoção e divulgação de métodos de avaliação para alternativas. O uso prático da tecnologia de ICC depende do desenvolvimento de aplicações apropriadas, identificação de grupos de usuários apropriados e atenção cuidadosa sobre as necessidades e desejos de cada usuário. Pesquisas e desenvolvimentos em ICC também podem ser beneficiadas a partir de publicações revisadas por colegas. (BIRBAUMER *et al.*, 2000, p. 164, traduzido)

[...] Portabilidade é crucial para atingir o objetivo de desenvolver ICC para quem possui limitação de movimentos. Se a classificação de frases a partir de IRMf se provar plausível, o próximo passo é determinar quando os sinais referentes a frases podem ser classificados utilizando gravações via tecnologia portátil, como o Eletroencefalograma (EEG). (MEHTA, 2010, p. 7, traduzido)

Considerando especificamente o sistema tradutor Braille, as tecnologias de DFC não estão desenvolvidas o suficiente para classificação de sinais cerebrais referentes aos estímulos táteis, além disso, as características congênitas e históricas dos indivíduos podem tornar inviável a calibração do sistema tradutor Braille. A classificação dos referidos sinais de DFC táteis Braille e sua utilização nas ICC para TIC são dependentes dos seguintes fatores:

- a. resolução de imagem dos sistemas de DFC e processamento computacional (V^{12});
- b. sistemas de entrega de estímulos táteis para pesquisas de DFC (V);
- c. histórico, características congênitas e plasticidade cerebral (VIII);
- d. velocidade e reversões de direção na leitura Braille, dedos envolvidos (IV, VII);
- e. técnicas de leitura Braille, especificidades do treinamento Braille (VII);
- f. custo benefício, portabilidade, praticidade, facilidade de uso.

A utilização de sistemas ICC tradutores como os referidos é útil em termos de TIC para serem utilizados no processo de ensino/aprendizagem. A teoria para construção de um sistema de tradução ICC entre Braille e texto nas próximas décadas – do ponto de vista da Ciência da Computação – revela-se viável, mas improvável quando considerado o contexto mais abrangente que compreende as demais áreas de conhecimento envolvidas. Entretanto, a natureza multidisciplinar e interdisciplinar da área ao qual esse estudo faz parte impede conclusões finais, por parte desse autor, quanto à viabilidade geral de todos os sistemas propostos.

6. ALTERNATIVAS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho VI¹³ apresentado nos resultados demonstra viabilidade para construção de um tradutor a ser utilizado nas TIC, porém, sem utilização de ICC, mas através da detecção da ativação de músculos envolvidos na digitação de caracteres Braille. A Figura 1 exibe uma máquina de datilografia Braille que, com a

¹² Indicação aos trabalhos apresentados na seção resultados que tratam dos fatores dependentes.

¹³ Desenvolvimento de um Módulo de Eletrodos Laplacianos Sem Fio Compacto para Eletromiogramas e suas Aplicações de Interface Humana (FUKUOKA *et al.*, 2013).

utilização de Eletromiografia e computadores, pode se tornar obsoleta. Se construído, tal sistema pode substituir a máquina de datilografia Braille referida, sendo utilizado também em âmbito de sala de aula por pessoas cegas, servindo como uma interface para comunicação e utilizando *hardware* portátil e de relativo baixo custo, sendo possível sua utilização por baixo dos itens de vestuário, e através de discretas ativações musculares dos dedos das mãos. Este sistema pode ser considerado uma alternativa viável até que os sistemas de ICC para tradução Braille sejam desenvolvidos ou considerados inviáveis em definitivo.

Com base na identificação das ativações musculares dos dedos da mão é possível determinar caractere Braille selecionado para digitação Braille com posterior tradução para idioma textual, porém com utilização de Eletromiografia ao invés de tecnologias de DFC. A fundamentação teórica para desenvolvimento do *hardware* demonstrou-se viável através de testes práticos como demonstrado no estudo “Desenvolvimento de um Módulo de Eletrodos Laplacianos Sem Fio Compacto para Eletromiogramas e suas Aplicações de Interface Humana” (FUKUOKA *et al.*, 2013), estando a tecnologia madura o suficiente para construção do *software* e sua aplicação nas TIC como Tecnologia Assistiva.

Do ponto de vista da Ciência da Computação, a tecnologia para criação de tal sistema já existe e, caso construído, tem potencial para atuar como facilitadora da comunicação das pessoas deficientes, inclusive em ambiente educacional; entretanto, como a tecnologia de captação de sinais não é uma ICC, é necessária alguma motricidade muscular, o que impossibilita o uso por pessoas com paralisias severas dos membros superiores. A elaboração de projeto com utilização de EMG envolvendo *hardware* e *software* na identificação da ativação muscular dos dedos envolvidos na digitação Braille, para construção de projeto tecnológico (*hardware* e *software*) para interface de comunicação Braille, é viável e de relativo baixo custo quando comparados aos sistemas de tradução Braille através de ICC.



Figura 1: Perkins Brailier.
Fonte: STANFORD, 2011.

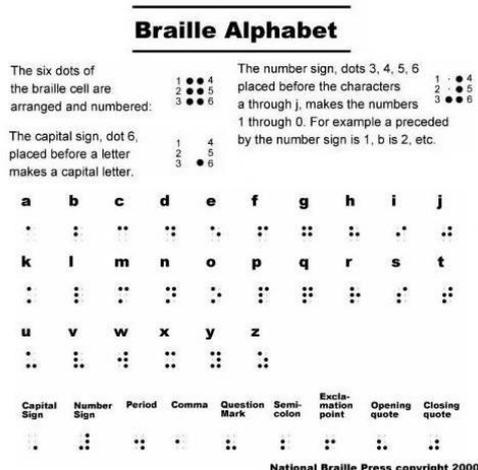


Figura 2: Alfabeto Braille.
Fonte: MIT, 2000.



Figura 3: Hardware: disposição dos módulos de eletrodos.
Fonte: FUKUOKA *et al.*, 2013.

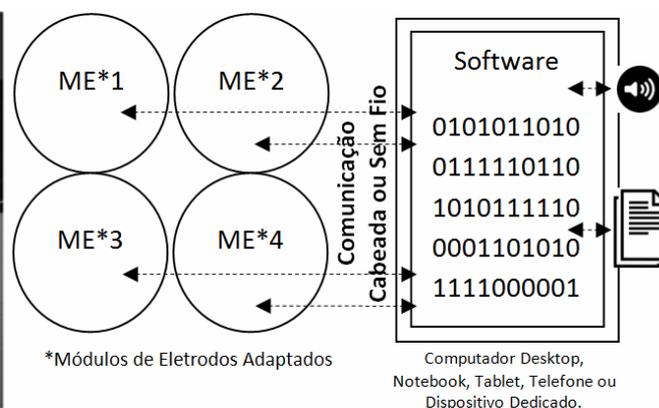


Figura 4: Diagrama de Fluxo de Dados.
Fonte: Desenvolvido pelo Autor.

A utilização de uma máquina de escrever Braille, composta por nove teclas (Figura 1) capaz de gerar caracteres do alfabeto Braille (Figura 2) pode ser substituída pelos módulos de eletrodos (Figura 3) capazes de identificarem músculos envolvidos na digitação Braille, sendo plausível que a máquina de digitação Braille possa ser substituída pelos referidos módulos de eletrodos, adaptados e sem fio, para serem utilizados nas TIC em conjunto com um sistema de *hardware* (ex.: *smartphone* ou *tablet*) e *software* (ex.: aplicativo) (Figura 4).

Os referidos sistemas são capazes de gerar ganhos não somente para o deficiente, mas para criação de inovações científicas e tecnológicas capazes de provocar elevações em termos intelectuais, cognitivos e materiais de todos, através da contribuição para o diálogo interdisciplinar entre pesquisadores e profissionais das áreas da saúde, inclusão, educação, engenharia e informática, colaborando,

dessa maneira, para o desenvolvimento científico e tecnológico, justificando esforços que resultem na tomada de conhecimento sobre suas possibilidades e alternativas.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. F. *et al.* Implementação de classificador de tarefas mentais baseado em EEG. *In: IX Congresso Brasileiro de Redes Neurais/Inteligência Computacional, Anais*, Ouro Preto, MG, Brasil, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267841932_IMPLEMENTACAO_DE_CLASSIFICADOR_DE_TAREFAS_MENTAIS_BASEADO_EM_EEG>. Acesso em: 08/07/2016.
- BEARZOTI, Paulo. *Eletroencefalograma*. Clincamp: Clínica de Neurologia e Psiquiatria, Campinas, SP, Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www.clincamp.com.br/eletroencefalograma/>>. Acesso em: 08/08/2016.
- BIRBAUMER, Niels *et al.* Brain-Computer Interface Technology: A Review of the First International Meeting, IEEE. *Transaction on Rehabilitation Engineering*, Vol. 8, No. 2, 2000. Disponível em: <<http://www.schalklab.org/sites/default/files/misc/Brain-Computer%20Interface%20Technology%20-%20A%20Review%20of%20the%20First%20International%20Meeting.pdf>>. Acesso em: 05/08/2016.
- BLEICHNER, M. G. *et al.* *Give me a sign: decoding four complex hand gestures based on high-density ECoG*. US National Library of Medicine, National Institutes of Health, National Center for Biotechnology Information, Rockville Pike, Bethesda MD, USA, 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4720726/>>. Acesso em: 15/04/2016.
- COSTA, Renato Carrasco; OLIVEIRA, Vanessa Mendes de. *Um Estudo sobre Interface Cérebro-Computador*. Brasília, DF: Universidade de Brasília, *Monografia*, 2012, 157 p. Disponível em: <http://bdm.unb.br/bitstream/10483/5033/1/2012_RenatoCarrascoCosta_VanessaMendesdeOliveira.pdf>. Acesso em: 08/08/2016.
- CYTED. *A Interação de Pessoas com Deficiência com o Computador: Experiências e Possibilidades em Ibero-América*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, 2014. Disponível em: <<http://www.iwatufes.com/LivrolberadaPortugues.pdf>>. Acesso em: 13/04/2016.
- DEBOWSKA, Weronika *et al.*. Design and evaluation of an innovative MRI-compatible Braille stimulator with high spatial and temporal resolution. *Journal of Neuroscience Methods* (213), 2012, p. 32–38. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Tomasz_Wolak/publication/233940534_D

esign_and_evaluation_of_an_innovative_MRI-compatible_Braille_stimulator_with_high_spatial_and_temporal_resolution/links/0deec532c94ccdf4d4000000.pdf>. Acesso em 15/04/2016.

FUKUOKA, Yutaka *et al.* *Development of a Compact Wireless Laplacian Electrode Module for Electromyograms and Its Human Interface Applications*. *Sensors*, 2013, 2368–2383 p. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/13/2/2368>>. Acesso em: 16/04/2016.

HUGHES, Barry; VAN GEMMERT, Arend W. A.; STELMACH, George E. *Linguistic and perceptual-motor contributions to the kinematic properties of the braille reading finger*. *Human Movement Science, Special Issue: Progress in Graphonomics: A Perceptual Motor Skill Perspective*, Vol. 30, Issue 4, 2010, 711–730 p. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20691490>>. Acesso em: 16/04/2016.

JUNIOR, Guanís de Barros Vilela. *Fundamentos da Eletromiografia*. SEM DATA. Disponível em: <<http://www.cpaqv.org/mtpmh/eletromiografia.pdf>>. Acesso em: 03/08/2016.

MEHTA, Nishant A. *et al.* *Reconizing Sign Language from Brain Imaging*. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition*, IEEE Computer Society, Washington, DC, 2010, 3842–3845 p. Disponível em: <<https://smartechnology.gatech.edu/bitstream/handle/1853/31512/09-06.pdf>>. Acesso em: 09/11/2015.

MIT. *About Braille*. Massachusetts Institute of Technology. 2000. Disponível em: <<http://web.mit.edu/3.082/www/team3s/braille.html>>. Acesso em: 17/04/2016.

MUSSATTO, Greice Garibaldi; SILVA, Scheila de Avila e. *Perspectivas e Potencialidades da Interface Cérebro-Máquina*: Revista de Sistemas de Informação da FSMA, 2014, 51–56 p. Universidade de Caxias do Sul, Vacaria, RS. Disponível em: <http://fsma.edu.br/si/edicao13/FSMA_SI_2014_1_Estudantil_3.pdf>. Acesso em: 08/08/2016.

NEUROETHICS. *Neuroimaging: Visualizing Brain Structure and Function* In: *NEUROETHICS. Implications of Advances in Neuroscience*. Columbia University in The Center of New York, 2007. Disponível em: <<http://ccnmtl.columbia.edu/projects/neuroethics/module1/foundationtext/>>. Acesso em: 11/04/2016.

NICOLAS-ALONSO, L. F.; GOMEZ-GIL J. *Brain computer interfaces, a Review*. *Sensors*. Department of Signal Theory, Communications and Telematics Engineering, University of Valladolid, Valladolid, Spain, 2012, 1211–1279 p., 12 p. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3304110/pdf/sensors-12-01211.pdf>>. Acesso em: 08/08/2016.

- PINOTEAU, Jérémie *et al.* A Closed-Loop Neurobotic System for Investigating Braille-Reading Finger Kinematics. In: *Proceeding Euro Haptics'12 Proceedings of the 2012 International Conference on Haptics: Perception, Devices, Mobility, and Communication* Volume Part I, 2012, 407–418 p. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg Copyright 2012. Disponível em: <http://www.aging-vision-action.fr/ava_biblio/pdf/Pinoteau2012a.pdf>. Acesso em: 09/08/2016.
- PRODANOV, Cleber Cristiano. FREITAS, Ernani Cesar de. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. 277 p.
- SENADO. *Estrangeirismos grafados sem itálico ou aspas. Manual de Comunicação Secom*, Senado Federal, 2012. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/manualdecomunicacao/redacao-e-estilo/estilo/estrangeirismos-grafados-sem-italico>>. Acesso em: 07/08/2016.
- SIUDA-KRZYWICKA, K *et al.* *Massive cortical reorganization in sighted Braille readers*, 2016. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26976813>>. Acesso em: 17/04/2016.
- SONZA, Andréa Poletto *et al.* *Tecnologia Assistiva e Software Educativo*. In: SONZA, A.P.; KADE, A.; FAÇANHA, A. (org.). *Acessibilidade e Tecnologia Assistiva: Pensando a Inclusão Sociodigital de Pessoas com Necessidades Especiais*. Bento Gonçalves, RS: IFRS, 2013. 352 p.
- STANFORD. *Perkins Braille*. Stanford University, 2011. Disponível em: <<https://web.stanford.edu/class/engr110/2011/Torcolini-03b.pdf>>. Acesso em: 17/04/2016.
- UFRGS. *UNIDADE 1: LIBRAS, Cultura Surda e Comunidade Surda*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <<http://www.pead.faced.ufrgs.br/sites/publico/eixo7/libras/unidade1/unidade1.htm>>. Acesso em: 09/11/2015.
- USP. *Braille Virtual 1.0. Sobre o Sistema Braille*. Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil, 2004. Disponível em: <<http://www.braillevirtual.fe.usp.br/pt/index.html>>. Acesso em: 09/11/2015.
- KULKARNI, Anand *et al.* *Technology-Mediated Telepathy: A Natural Language Brain-Computer Interface*. VERTEX-BASES Innovators' Challenge Competition, University of California, Berkeley, 2004. Disponível em: <<https://www.ocf.berkeley.edu/~anandk/neuro/bci-vertex-abstract.pdf>>. Acesso em: 13/04/2016.
- WOLPAW, J. R. Brain-computer interfaces as new brain output pathways, *The Journal of Physiology*, Vol. 579, 2007, p: 613–619. Laboratory of Nervous System Disorders, New York State Department of Health and State University of New York, Wadsworth Center, Albany, NY, USA, Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2151370/pdf/tjp0579-0613.pdf>>. Acesso em: 08/08/2016.