

# A mediação cognitiva por meio de recursos digitais de Tecnologia Assistiva para estudantes surdos: realidade, expectativas e possibilidades

**Title: *The cognitive mediation using Assistive Technology digital resources for deaf students: reality, expectations and possibilities***

Lucas Teixeira Picanço  
Universidade Luterana do Brasil –  
ULBRA  
ORCID:[0000-0003-2041-991X](https://orcid.org/0000-0003-2041-991X)  
[lucas.picanco@rede.ulbra.br](mailto:lucas.picanco@rede.ulbra.br)

Agostinho Serrano de Andrade Neto  
Universidade Luterana do Brasil –  
ULBRA  
ORCID:[0000-0002-7868-1526](https://orcid.org/0000-0002-7868-1526)  
[agostinho.serrano@ulbra.br](mailto:agostinho.serrano@ulbra.br)

Marlise Geller  
Universidade Luterana do Brasil –  
ULBRA  
ORCID:[0000-0002-9640-2666](https://orcid.org/0000-0002-9640-2666)  
[marlise.geller@ulbra.br](mailto:marlise.geller@ulbra.br)

## Resumo

*Este artigo aborda o uso de recursos digitais de Tecnologia Assistiva (TA) como um mediador hipercultural no processo de ensino e aprendizagem de Física para estudantes surdos. Para tanto, utiliza-se a Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) como suporte teórico, visando explicar os impactos da introdução de tecnologias da informação e comunicação (TIC's), na cognição humana, e como estas têm influenciado a forma como interagimos, socializamos e produzimos novos conhecimentos. Inicialmente é discutido alguns aspectos centrais da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), para situar o leitor, no que diz respeito a apresentar essa teoria Psicológica aplicada à educação, e principalmente, relatar o desenvolvimento de uma nova forma de processamento de informações por parte dos seres humanos, a mediação Hipercultural. Posteriormente são apresentados alguns recursos de Tecnologia Assistiva (TA) que foram desenvolvidos para surdos e, em seguida, como alguns desses recursos já foram utilizados no processo de ensino e de aprendizagem de estudantes surdos em diversos contextos educacionais. Por fim, ressaltam-se algumas possibilidades de aplicações de recursos digitais de Tecnologia Assistiva (TA) conjecturadas pelos autores para o ensino de Física e como esses recursos fazem parte de uma abordagem pedagógica desenvolvida e aplicada em uma Escola Especial para surdos da cidade de Porto Alegre – RS.*

**Palavras-Chave:** *Mediação Cognitiva; Tecnologia Assistiva; Educação de Surdos; Ensino de Física.*

## Abstract

*This article discusses the use of digital resources of Assistive Technology (AT) as a hypercultural mediator in the process of teaching and learning Physics for deaf students. To this end, the Cognitive Mediation Networks Theory (CMNT) is considered to explain the impacts of introducing new information and communication technologies (ICTs), in human cognition, and how these have influenced the way we interact, socialize produce new knowledge. Initially, some central aspects of the Cognitive Mediation Networks Theory (CMNT) are discussed, to situate the reader, to concerning presenting this psychological theory applied to education, and mainly, to report the development of a new way of processing information by humans, the Hypercultural mediation. Subsequently, some Assistive Technology (AT) resources developed for the deaf are presented. Then, was how some of these resources have already been used in the teaching and learning process of deaf students in various educational settings. Finally, we highlight some possibilities of applications of Assistive Technology (AT) digital resources conjectured by the authors for teaching Physics and how these resources are part of a pedagogical approach developed for teaching deaf students in a Special School in Porto Alegre - RS.*

**Keywords:** *Cognitive Mediation; Assistive Technology; Deaf Education; Physics Teaching.*

## 1 Introdução

Quando tratamos de processos educacionais, quase sempre recorremos a uma teoria de aprendizagem (Henrique, Silva, da Silva, & Tede, 2015), algumas amplamente difundidas no meio educacional e que possuem notoriedade como a teoria da psicologia genética de Piaget (1973), e a teoria sócio cultural de Vygotsky (2004). E também somos levados a refletir em muitos aspectos teóricos, didáticos, epistemológicos, procedimentais e pedagógicos, advindos de outras teorias de aprendizagem, como a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2003), o Professor Reflexivo de Dewey (1997), a Transposição Didática de Chevallard (2000), a Engenharia Didática de Artigue (1996), entre muitos outros tão relevantes quanto estes.

No entanto, chama a atenção um aspecto fundamental nas teorias mencionadas anteriormente, a ausência do componente digital e o seu impacto na forma como interagimos com o mundo (Souza, 2004).

É evidente que isso ocorre devido a contemporaneidade da época de criação destas teorias, porém o que defendemos neste artigo não é a utilização de tecnologias digitais como fim, mas sim como parte de uma abordagem educacional coerente e ainda como um meio, um catalisador e potencializador de aprendizagem, na qual o estudante a utiliza com engajamento intelectual necessário e não por tentativa e erro (de forma não intencional) (Esquembre, 2002).

Nessa perspectiva recorremos à Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) (Souza, 2004) para indicar caminhos para elaboração de propostas de intervenção pedagógica para estudantes surdos<sup>1</sup>, desenvolvidos para uma pesquisa de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECIM da Universidade Luterana do Brasil - ULBRA, que foi aprovado pelo Comitê de Ética sob protocolo número CAAE: 26499019.8.0000.5349.

A pesquisa, que está em andamento, tem por objetivo principal investigar o ensino em tempos de pandemia e o uso de recursos de Tecnologia Assistiva (TA), como aporte à intervenção pedagógica no processo de ensino e aprendizagem de conceitos de Física por estudantes de uma Escola Especial para surdos da cidade de Porto Alegre – RS.

E nesse artigo também trazemos a descrição do nosso referencial teórico e dos recursos que foram desenvolvidos e/ou adaptados para nossa pesquisa, sendo este o objetivo principal deste artigo, concentra-se na descrição de recursos digitais de Tecnologia Assistiva (TA) como mediadores hiperculturais no processo de ensino e aprendizagem de física por estudantes surdos.

A seção a seguir apresenta alguns aspectos centrais da Teoria da Mediação Cognitiva (TMC), no que diz respeito ao desenvolvimento cognitivo de seres humanos, a terceira seção apresenta o que é considerado Tecnologia Assistiva (TA) e também alguns recursos digitais de TA desenvolvidos para surdos, a quarta seção traz a aplicação de alguns recursos de TA em certos contextos educacionais, e na quinta seção apresentamos recursos de TA que podem ser considerados bons mediadores no ensino de física, e damos destaque especial aos recursos digitais de TA, sendo considerados aqui como *mediadores Hiperculturais*.

## 2 Referencial teórico

A Teoria da Mediação Cognitiva (TMC) foi proposta por Bruno Campelo de Souza em sua tese de doutorado, e oferece um modelo descritivo para a cognição humana (Souza, 2004).

---

<sup>1</sup> O termo “surdo” usado neste artigo, não deve ser visto pelo viés da deficiência e sim pelo seguinte significado: um sujeito possuidor de uma língua, cultura e identidades múltiplas, que é social e politicamente constituído diferente, em relação a “norma” ouvinte (Thoma, 2009).

Essa teoria é especialmente relevante para o nosso contexto de TA para Surdos, pois além de assimilar muitos aspectos essenciais das principais Teorias Cognitivas já consagradas, como a Epistemologia Genética de Jean Piaget, a Teoria de Campos Conceituais de Gérard Vergnaud, a Teoria Social da Aprendizagem de Lev S. Vygotsky e a Teoria Triárquica da Inteligência de Robert J. Sternberg, ainda oferece uma abordagem nova e atual, ao buscar explicar os impactos da Era Digital e da introdução das novas Tecnologias da Informação e da Comunicação – TIC, na sociedade e nas estruturas cognitivas individuais dos seres humanos (Souza, 2004; Souza, da Silva, da Silva, Roazzi, & da Silva Carrilho, 2012).

A TMC, preocupa-se em descrever que a cognição Humana não se restringe ao funcionamento cerebral, mas o extrapola, pois complementamos esse funcionamento com processamento auxiliar externo ao cérebro, que inclui objetos, artefatos, grupos sociais e culturas. E nesse processamento de informações a “tecnologia fornece todos os amplificadores visuais, auditivos, tácteis e olfativos. Esses sensores servem como receptores para mais dados” (Souza, 2004, p. 21), ou seja, nosso modo de interagir com o mundo, experimentou uma revolução tecnológica, ocorrida nas últimas décadas com a evolução das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) e o advento da internet e das redes sociais.

Souza (2004) estabelece em sua Teoria que no processo de construção da cognição humana, emergem, essencialmente, quatro tipos de mediação cognitiva: Psicofísica, Social, Cultural e Hiper-cultural. A figura 1 apresenta cada uma dessas mediações e também traz alguns exemplos que consideramos bons representantes dessas mediações.

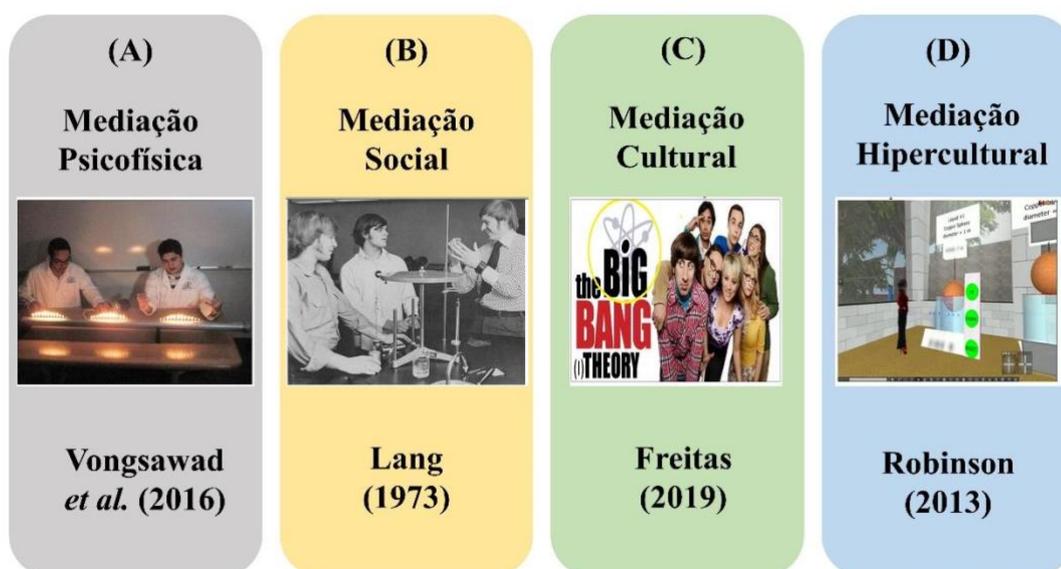


Figura 1: Mediações cognitivas na TMC.

Na figura 1(A) temos a realização de um experimento de uma onda estacionária, um fenômeno de acústica, apresentado para estudantes surdos (Vongsawad, Berardi, Nielsen, Whiting, & Lawler, 2016). Sendo este aparato experimental um item físico com a qual o indivíduo está tentando construir conhecimento, temos, portanto, a primeira forma de mediação cognitiva descrita por Souza (2004), a mediação Psicofísica, porém, essa forma de mediação não se restringe somente a objetos físicos, estes podem ser substituídos por outro objeto de conhecimento, como por exemplo um conceito abstrato, problema, situação e/ou relação (Souza *et al.*, 2012).

É importante observar que as mediações não são necessariamente excludentes entre si, e na verdade podem ocorrer de forma contínua e muitas vezes indissociáveis, como é o caso na figura 1 (B), ilustrado como mediação social, e que destaca a interação que ocorre entre um

professor (Sr. Lang à direita) e dois estudantes surdos (à esquerda) (Lang, 1973). Observe que todos estão interagindo (Mediação social) em um laboratório de física e realizando experimentos (Mediação Psicofísica).

De acordo com Souza *et al.* (2012), pode ser considerado Mediação Cultural as atividades humanas advindas de sistemas simbólicos, práticas e artefatos culturalmente aceitos, seja no conhecimento tradicional, seja no formal. Nesse sentido, a figura 1 (C), traz como exemplo dessa mediação, a imagem da série de TV norte-americana *The Big Bang Theory*, que de acordo com Freitas (2019) emergiu como um aspecto cultural (Mediação Cultural) na fala de um estudante participante de sua pesquisa de mestrado, ao se referir a imagem do átomo que aparece na abertura desse seriado.

Freitas (2019) descreve de forma clara e didática estas quatro mediações, ao investigar quais são as mais importantes e de que maneira elas se combinam para o ensino do modelo do átomo de Bohr a estudantes do Ensino Fundamental (EF) de uma escola pública do município de Canoas, RS.

Souza e colaboradores (2012) chamam atenção também para o processo histórico da evolução dos estágios da cognição humana, e destacam que é possível inferir que os mecanismos de mediação cognitiva evoluíram naturalmente da mediação psicofísica para social, e desta para a cultural, seguindo uma ordem de menor para maior complexidade, compatível com a ordem em que tais coisas surgiram na história humana.

Ainda de acordo com esses autores é possível observar que nesse processo histórico surgiu um conjunto de fatores que é substancialmente diferente do que é tradicionalmente visto como "cultura", algo que está intimamente ligado ao uso de computadores e da Internet, e que culminou em uma Revolução Digital, e em última instância no surgimento de uma "Hiper cultura" (Souza *et al.*, 2012).

Essa mudança tecnológica introduziu uma série de transformações nas diversas esferas que compõe a sociedade (Giglio, Souza, & Spanhol, 2015), e também a nível individual pois proporciona uma extensão de nossa capacidade cerebral, algo que é descrito por Souza (2004) como sendo uma nova mediação cognitiva, a mediação Hiper cultural, exemplificada na figura 1 (D) através de um experimento para estudantes surdos no ambiente virtual do *Second Life* (Robinson, 2013).

É interessante observar que esta mediação conta com muitos outros exemplos, que por motivos evidentes são de total interesse dessa pesquisa. Sendo assim, podemos recorrer aos apontamentos de Esquembre (2002), e podemos classificar os recursos digitais, todos entendidos aqui, de acordo com nosso referencial, como *mediadores Hiper culturais* para o Ensino de Física, seguindo cinco categorias, quais sejam: (a) Ferramentas para aquisição e manipulação de dados; (b) Ferramentas de Multi e Hiper mídia; (c) Ferramentas de Simulação e Micromundos; (d) Ferramentas de modelagem; e (e) Ferramentas de comunicação Telemática e ferramentas de Internet.

Dentro da perspectiva de educação inclusiva, estas ferramentas, incluem qualquer processamento digital de informações advindas do mundo real, inclusive tecnologias que facilitem a percepção da natureza de surdos, como por exemplo, de ferramentas que permitam o registro e a digitalização do som.

A figura 2 apresenta um organograma que demonstra a interação entre o mundo real (natureza) e os agentes no processo educacional (estudantes e professores), mediados por essas ferramentas digitais, de acordo com a classificação de Esquembre (2002).

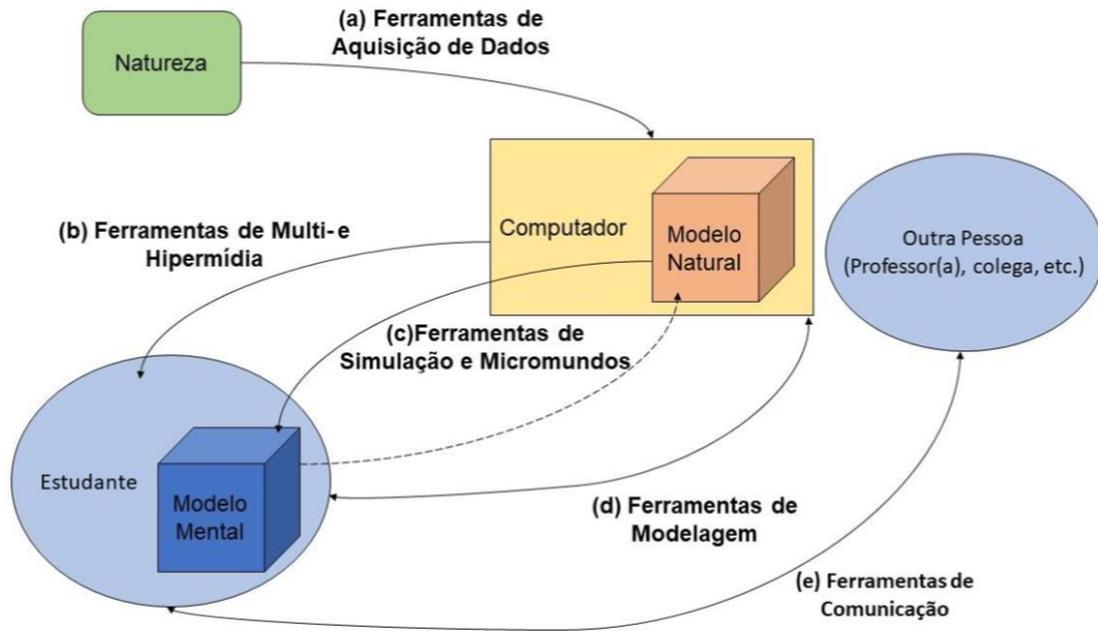


Figura 2: Processo de mediação Hiper-cultural de acordo com a classificação de Esquembre (2002).

Na literatura podemos encontrar exemplos que se enquadram dentro da classificação de Esquembre (2002) e também como mediação Hiper-cultural, tal como apresentamos na figura 3.

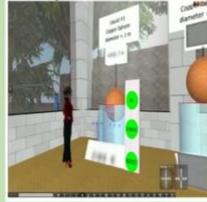
(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
<b>Ferramenta de Dados</b>	<b>Software Multimídia</b>	<b>Micromundos e simulações</b>	<b>Ferramentas de modelagem</b>	<b>Ferramentas de internet</b>
				
<b>Picanço et al. (2018)</b>	<b>Zamfirov, Saeva &amp; Popov (2007)</b>	<b>Robinson (2013)</b>	<b>Freitas (2019)</b>	<b>Bartelmebs &amp; Tegon (2021)</b>

Figura 3: Exemplos de mediação Hiper-cultural de acordo com a classificação de Esquembre (2002).

Na classificação de Esquembre (2002), as Ferramentas para aquisição e manipulação de dados, incluem desde o uso de planilhas simples até os laboratórios baseados em microcomputadores mais avançados e análise de vídeo. Sendo que, segundo esse autor, a análise em vídeo oferece a oportunidade do estudante de aprender a física de eventos do mundo real e de interesse deste. Assim, na figura 3 (A), trazemos como exemplo a análise do arremesso de uma

bola de basquete no *Software Tracker*, registrada no Projeto “Laboratório esportivo da física”, realizado em uma escola inclusiva de Manaus (Picanço, Nina, Ferreira, Guédes, & da Silva, 2018).

Já a categoria *software* multimídia, baseia-se no conceito de hipermídia, para programas que apresentam informações de forma estruturada e geralmente gráfica. De acordo com Esquembre (2002), enquadram-se nessa categoria, programas que apresentem controles de navegação interativos que permitem que os estudantes sigam seu caminho desejado, não necessariamente sequencial, através de uma grande quantidade de informações fornecidas como texto, imagens, animações, simulações, vídeos, etc. Por esse motivo destacamos na figura 3 (B) o CD Multimídia “*Humans and nature, physics and astronomy*” (Zamfirov, Saeva, & Popov, 2007), mas também podemos citar outros programas, como o *EvoBooks*, utilizado por Picanço (2015) no ensino de óptica, também para estudantes surdos.

Segundo Esquembre (2002) a categoria Micromundos e simulações, é composta por programas de computador completos, construídos por especialistas, e que implementam uma simulação de uma ampla gama de processos e leis físicas. Segundo o autor, para fazer parte dessa categoria, o programa deve incentivar o estudante a explorar e interagir com o sistema, incluindo elementos no mundo, mudando parâmetros e observando o resultado dessa manipulação. E como exemplo desta categoria a figura 3 (C) traz o *Second Life*, utilizado no ensino de física para estudantes surdos (Robinson, 2013). Também ressaltamos os apontamentos de Dos Santos (2008), sobre as possibilidades de usar o *Second Life* no ensino da história e epistemologia da Física.

A categoria Ferramentas de modelagem, engloba programas que permitem que os estudantes construam suas próprias simulações de computador, e Esquembre (2002) apresenta como o principal representante dessa categoria o *Software Modeller*. Mas destacamos outros simuladores interativos mais contemporâneos, como as simulações em *HTML5*, do *PhET*, da Universidade do Colorado, ou ainda o *Scratch*, do Instituto de Tecnologia de Massachusetts. A figura 3 (D) traz um exemplo de uma simulação de criação de modelos atômicos usada por Freitas (2019) em sua pesquisa de mestrado.

Cabe ressaltar que, segundo Esquembre (2002), as ferramentas de modelagem podem ajudar os estudantes a entender equações como relações físicas entre quantidades, dando sentido à tradução entre representações e fornecendo experiências de aprendizagem envolventes. Essas simulações também podem ajudar a visualizar o pensamento do estudante, ao oferecer um conjunto de ferramentas (desde programação pura até blocos de construção de alto nível), que os ajudam a descrever relações entre conceitos, executar os seus próprios modelos e comparar seus resultados com modelo teórico ou com experimentos de laboratório, analisando erros ou equívocos conceituais em seus modelos, permitindo assim, que os estudantes explicitem suas concepções.

E a última categoria estipulada por Esquembre (2002) é a de ferramentas telemáticas e de Internet, e enquadram-se nessa categoria, os programas que exploram a capacidade de intercomunicação do computador, fazendo uso de todos os tipos de programas anteriores. E de acordo com o autor esses programas estão em conformidade com uma estratégia de ensino *just-in-time* mais sintonizada com as necessidades dos estudantes, permitindo que os professores possam adaptar o produto para corresponder aos seus interesses particulares e pontos de vista educacionais, e combinar o uso de uma abordagem pedagógica correta.

Segundo o autor, essa é a categoria que tem a tecnologia mais emergente, e nesse sentido cabe ressaltar a evolução desta, considerando que o ano de publicação do artigo de Esquembre é 2002, e ainda todo período até 2021, é possível observar que muitos recursos surgiram, em especial destacamos os recursos tecnológicos para ensino remoto, que estão sendo (ou foram) cruciais na pandemia de Covid-19, tais como os Ambientes Virtuais de Aprendizagem, como o

*Google Classroom*, destacado na figura 3 (E) no desenvolvimento de um Curso de Extensão para Formação em Ensino de Astronomia (Bartelmebs & Tegon, 2021).

Mas para além desse AVA, podemos salientar outras ferramentas de acesso à internet que também se configuram como ferramentas pedagógicas, e importantes soluções para o ensino a distância (UNESCO, 2021) e em especial, para o ensino de estudantes surdos durante a Pandemia de Covid-19, como as plataformas de videoconferência *Google Meet*, *ZOOM*, *WhatsApp*, redes sociais, etc. (Picanço, Andrade Neto, & Geller, 2021a). Destaca-se também, que, dentro desta perspectiva, qualquer mediação digital da comunicação entre surdos e não-surdos, seja por meio de tradução da Língua Portuguesa para Língua Brasileira de Sinais – Libras e vice-versa, seja por meio da geração de legendas automáticas, se enquadram dentro desta categoria.

Assim, tendo como balizador a TMC e a classificação de Esquembre (2002), oferecemos neste artigo a sugestão de que propostas pedagógicas para a comunidade dos surdos poderiam se basear nessas quatro mediações, e principalmente na mediação Hipercultural, tendo em vista o contexto de ensino remoto e/ou híbrido, vivenciado recentemente com a pandemia de Covid-19 no ensino de Surdos (Picanço, Andrade Neto, & Geller, 2021a), e a necessidade de Formação continuada de professores para uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (Cardoso, Almeida, & Silveira, 2021).

Para tanto, como a mediação Psicofísica pode ocorrer por meio da interação do ser humano com um objeto de conhecimento, temos que em nossa metodologia, essa mediação ocorre na execução de experimentos físicos reais (laboratoriais ou caseiros), e a mediação social ocorre na interação dinâmica entre os participantes da pesquisa, seja de forma presencial ou remota. Enquanto que a mediação cultural é estabelecida por meio da análise de atividades humanas, como a prática de esportes.

Ao passo que, em nossa pesquisa é dado maior destaque a mediação Hipercultural, que em nossa proposta de ensino, está presente na realização de atividades em que os recursos tecnológicos são mais evidentes e principalmente na implementação de recursos digitais de Tecnologia Assistiva - TA.

Ressaltamos que, sendo a cultura surda essencialmente visual (Quadros, 2006), explorar a Tecnologia como amplificadora sensorial, tal como aponta Souza (2004), configura-se como um caminho viável para o processo de ensino e aprendizagem, pois, “o uso dos recursos tecnológicos pode ampliar os atributos dos estímulos melhorando sua recepção” (Carvalho & Manzini, 2017).

Com o intuito de privilegiar métodos pedagógicos e materiais didáticos que dependem de apoio visual, a chamada Pedagogia Visual (Campello, 2008), trazemos nesse artigo materiais didáticos que exploraram as características visuais de experimentos, simuladores, Vídeos ou programas de computador, como recursos para o ensino de Física para surdos, e que estão alinhados com as principais metodologias encontradas na literatura sobre o ensino de Física para estes estudantes (Picanço, Andrade Neto, & Geller, 2021c), e que também estão alinhados com nosso referencial da TMC (Souza, 2004) e que foram estruturados em uma plataforma de ensino online que abriga o que denominamos de Unidade de Ensino Inclusiva – UEI (Picanço, Andrade Neto, & Geller, 2021b).

A seção a seguir apresenta o que é considerado Tecnologia Assistiva e também alguns exemplos encontrados na literatura descrevendo recursos de TA desenvolvidos para surdos.

### **3 Recursos de Tecnologia Assistiva (TA) para surdos**

A Tecnologia Assistiva (TA), é uma área do conhecimento que visa promover ou ampliar habilidades em pessoas com privações funcionais, em decorrência da deficiência (Bersch &

Schirmer, 2005). Ela é composta por uma gama de recursos e serviços, destinados a promover maior independência funcional da pessoa com deficiência na atividade de seu interesse (Bersch, 2017).

De acordo com Bersch (2017), constituem-se como recursos de Tecnologia Assistiva, para deficientes auditivos<sup>2</sup> e surdos, os aparelhos para surdez (figura 4 - A), os sistemas com alerta táctil-visual (vibração e emissão de luz), um celular com mensagens escritas e chamadas por vibração, um *software* que favorece a comunicação ao telefone celular transformando em voz o texto digitado no celular e em texto a mensagem falada, dentre outros (figura 4 - B). Também podem ser considerados recursos de TA os livros, textos e dicionários digitais em língua de sinais, o sistema de legendas (*closed-caption/subtitles*) e os aplicativos com avatares tradutores de Libras, como o *Hand Talk* (figura 4 - C).

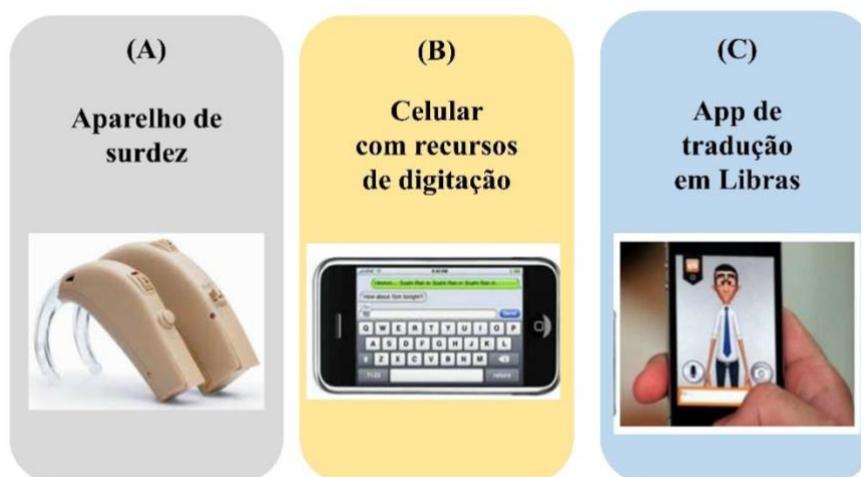


Figura 4: Exemplos de Tecnologia Assistiva para surdos de acordo com Bersch (2017).

Dentre esses recursos, observa-se que o celular evoluiu ao ponto que hoje configura-se como um dispositivo essencial, para todas as pessoas, e muito mais para os surdos. Ao passo que se constata que muitas das questões levantadas por Chiu, Liu, Hsieh e Li (2010), sobre as necessidades sociais, de comunicação, consumo, entretenimento, transporte e segurança, dos surdos usuários de celulares, atualmente foram sanadas.

O celular também já é considerado o centro de propostas pedagógicas universais como a proposta *BYOD* (*Bring your Own Device*, ou “traga seu próprio dispositivo”), onde o dispositivo tecnológico utilizado em sala de aula é o celular do próprio estudante e *apps* disponíveis universalmente, seja para realização de experimentos ou como recurso para aulas expositivas (Song, 2014).

Levando-se em consideração também a pesquisa de Vincent, Bergeron, Hotton e Deaudeline (2010), ao analisarem a eficiência de transmissão de mensagens através cinco tecnologias de telecomunicações para usuários surdos, dos quais podemos destacar, a presença de programas conhecidos e relativamente populares, tal como o *Microsoft Windows Live Messenger*, podemos observar que em menos de uma década os avanços tecnológicos na videoconferência e na comunicação à distância para usuários surdos foram tantos, que se presenciou uma grande evolução, principalmente em virtude da popularização de aplicativos de mensagens multimídia,

<sup>2</sup>Entenda-se por “Deficiente Auditivo” o indivíduo que possui algum grau de perda na capacidade auditiva, que em geral fala e escreve a Língua dos ouvintes (oralizado) e que não utiliza a Língua Brasileira de Sinais nem tão pouco se identifica como surdo tal como definimos anteriormente, mas sim como alguém que “sofre de uma patologia crônica, traduzida por lesão no canal auditivo e/ou área cortical” (Souza, 1998, p.4 como citado por Quadros, 2006, p. 41).

como o *WhatsApp*, bem como a implementação do recurso de vídeo chamada em 2016, neste aplicativo.

Ou seja, o celular tomou um dimensionamento ainda maior para as pessoas surdas, que podem agora utilizar a língua de sinais para conversar com outra pessoa em qualquer hora e lugar, sem a necessidade de estar presencialmente com o interlocutor, face a face. O *WhatsApp*, por exemplo, foi relatado por um professor de Porto Alegre – RS como a plataforma de comunicação que o mesmo conseguiu melhor utilizar de forma adaptada com seus estudantes surdos (Picanço, Andrade Neto, & Geller, 2021a).

E, os avanços tecnológicos não param de acontecer, em pouco tempo teremos não apenas programas especiais para celulares, para ajudar na comunicação entre surdos e ouvintes, mas também *Hardware*, como a luva *Hand Talk*, desenvolvida por Sarji (2008).

Apesar do nome homônimo ao aplicativo de tradução em Libras mostrado anteriormente, esse dispositivo trata-se na verdade de uma luva normal de tecido equipada com sensores flexíveis ao longo do comprimento de cada dedo, que produzem um fluxo de dados brutos para ser analisado em um computador, esses dados variam com o grau de curvatura de cada dedo quando o usuário sinaliza, indicando a palavra correspondente ao sinal efetuado, a figura 5 mostra esse *Hardware*.



Figura 5: Recurso de Tecnologia Assistiva, Luva HandTalk (Sarji, 2008).

Temos também muitos projetos brasileiros, entre eles o projeto “Giulia, Mãos que falam”, que é uma tecnologia, baseada em inteligência artificial, que possibilita a comunicação entre surdos e pessoas que não sabem a Língua Brasileira de Sinais (Libras). Esse projeto de Tecnologia Assistiva foi criado no Laboratório de Robótica e Automação da Universidade do Estado do Amazonas - UEA, idealizado pelo professor Manuel Cardoso, e consiste no uso de uma braçadeira com sensor magnetômetro que capta os sinais biológicos dos músculos do antebraço e da mão. Essa braçadeira transmite os sinais, via *Bluetooth*, para um aparelho celular que traduz em som o significado de movimentos de quem está utilizando o aparelho (Secretaria de Estado dos Direitos da Pessoa Com Deficiência, 2016), a figura 6 mostra o uso deste recurso de Tecnologia Assistiva.

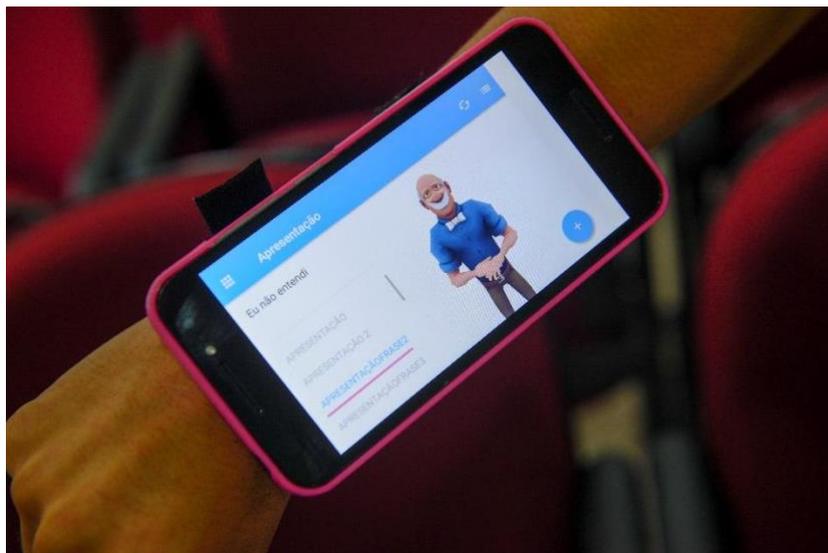


Figura 6: Demonstração de uso do recurso de TA “Giulia, Mãos que falam”.

Conforme o que foi mostrado nessa seção, já existem muitos recursos de Tecnologia Assistiva para surdos. No entanto, nossa pesquisa concentra-se na investigação do possível impacto na cognição do estudante surdo decorrente do uso de programas de computador especiais de acessibilidade, como componentes lógicos das TIC's quando construídos como TA, dentro da perspectiva da TMC.

Ou seja, nossa proposta de intervenção faz uso de programas especiais de computador que possibilitam ou facilitam a interação do estudante com deficiência com a máquina (Galvão Filho & Damasceno, 2008), por esse motivo destacamos na seção a seguir como alguns recursos de Tecnologia Assistiva, já foram utilizados no processo de ensino e aprendizagem de estudantes surdos em certos contextos educacionais.

#### **4 O processo de ensino e de aprendizagem de estudantes surdos auxiliado pela Tecnologia Assistiva (TA)**

Efetuada nossa pesquisa bibliográfica, encontramos alguns pesquisadores que desenvolveram, utilizaram e/ou avaliaram alguns recursos de Tecnologia Assistiva para surdos e/ou deficientes auditivos, como *software* para tradução em Libras especificamente voltada para fins educacionais, como é o caso de Rocha, Pinto e de Amorim Silva (2015) e Brochado, Lacerda e Rocha (2016), ou a avaliação de ferramentas de acessibilidade para websites (Áfio, de Carvalho, de Carvalho, da Silva, & Pagliuca, 2016), ou ainda a aplicação de Realidade Aumentada (Carvalho & Manzini, 2017, Parton, 2017).

Rocha, Pinto e de Amorim Silva (2015), apresentam uma ferramenta de Autoria para a Construção de Sinais da LIBRAS, denominada AssistLIBRAS. Segundo esses autores, essa ferramenta permite que especialistas criem sinais em computação gráfica sem grandes dificuldades, ao passo que tais sinais podem ser utilizados em alguma outra tecnologia assistiva, como por exemplo um tradutor, ou dicionário.

De forma semelhante, Brochado, Lacerda e Rocha (2016), apresentam um Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento de um *Software* Glossário de Informática com aplicação de Libras e de Tecnologia de Captura de Movimento 3D. Esse Glossário, é segundo os autores, um produto pedagógico adequado ao letramento digital do público alvo do projeto, e servirá para compor uma

base de dados de movimentação facial e corporal, associada a comunicação oral e em Libras, que serão utilizadas e incorporadas na realização de animação de avatares 2D e 3D.

No entanto, Brochado, Lacerda e Rocha (2016) destacam que os resultados são parciais, pois o projeto está em desenvolvimento, mas que os avanços obtidos até então demonstram a relevância da produção deste artefato tecnológico, pois ele pode contribuir com a acessibilidade e inclusão das pessoas surdas, principalmente no que tange à aprendizagem, treinamento e aperfeiçoamento da compreensão da língua de sinais, por parte de surdos e ouvintes.

Já o artigo de Áfio e colaboradores (2016) traz a avaliação da acessibilidade automática de Tecnologia Assistiva de um curso on-line denominado de “Educação em Saúde Sexual e Reprodutiva: uso dos preservativos”, desenvolvido para surdos. A avaliação desse curso, levou em consideração normas de acessibilidade de sítios eletrônicos nacionais e internacionais. Como principais apontamentos, os autores ressaltam que a utilização de recursos tecnológicos, em diversas ocasiões, torna-se essencial para efetivação de estratégias educativas escolhidas. E, destacam ainda que, um desses recursos é o Vídeo educativo, e que este constitui-se como um recurso de Tecnologia Assistiva bastante utilizado para a educação.

No contexto das tecnologias educativas, a internet destaca-se como um importante apoio para ensino e aprendizagem, pois diminui distâncias, conecta pessoas e permite a disseminação de informações das diversas áreas do conhecimento. Contudo Áfio e colaboradores (2016) advertem que “a construção de sites acessíveis denota seguir orientações de acessibilidade e, sobretudo, realizar avaliação automática, por softwares, manuais e usuários”.

Carvalho e Manzini (2017), descrevem um estudo que utilizou um *Software* de Realidade Aumentada, desenvolvido por Carvalho (2011) em sua pesquisa de doutorado, para ensinar palavras em Libras, para um grupo de oito estudantes surdos, com idades entre sete e 16 anos. De tal forma que esses autores concluem que a utilização desse recurso proporcionou a aprendizagem de novas palavras e ampliou o repertório comunicativo dos participantes da pesquisa, mostrando-se como um recurso eficaz e capaz de “ampliar a dimensão do processo de ensino-aprendizagem” (Carvalho & Manzini, 2017).

Parton (2017), também propôs uso da Realidade Aumentada na sala de aula, ao executar o projeto *Glass Vision 3D*. Nesse projeto, crianças surdas no ensino fundamental, utilizaram um aplicativo e o *Google Glass* para escanear *QR codes* de objetos, e o *software* desenvolvido exibia assim vídeos na Língua de Sinais Americana (*American Sign Language – ASL*).

Assim, o projeto de Parton (2017) utilizou 25 objetos físicos, juntamente com seus cartões de *QR code* correspondentes, que foram colocados no chão em uma pequena sala de aula. Os estudantes surdos do quinto ano testaram a usabilidade do aplicativo e do *Google Glass* e, os resultados foram, de acordo com a pesquisadora, bem-sucedidos, pois os participantes da pesquisa demonstraram um envolvimento entusiasmado que resultou no registro de uma curva de aprendizado, mas ela ressaltou que houve muitos problemas e limitações na execução desse teste, como falha de conexão com a *internet* para execução de vídeos do *YouTube* desenvolvidos para pesquisa, um número reduzido de participantes e todos do sexo masculino, mas que ainda assim, os resultados foram promissores.

Esses cinco trabalhos destacados nessa seção trazem importantes apontamentos, mas o que se destaca é que em nosso levantamento bibliográfico não foi encontrado especificamente nada sobre o ensino de Ciências para estudantes surdos que explicitamente fizesse uso de recursos de TA, e portanto, nossa pesquisa traz mais esse fator de ponderação, no que diz respeito ao ensino de física para estudantes surdos, ao desenvolvimento de metodologias inclusivas e na utilização de recursos digitais de Tecnologia Assistiva.

## 5 A implementação de recursos digitais de Tecnologia Assistiva para Surdos no Ensino de Física

A proposta básica da nossa pesquisa é a utilização de quatro recursos digitais, utilizados como *mediadores hiperculturais* e também como recurso de TA. Tais recursos foram adaptados e/ou desenvolvidos a partir das tecnologias disponíveis, tendo como principal motivação a adaptação do ensino presencial para o ensino remoto e/ou híbrido em virtude do distanciamento físico imposto pela pandemia de Covid-19. O primeiro deles é um *website*, o segundo é a aplicação de questionários digitais, o terceiro é um aplicativo de Realidade Aumentada e o quarto a utilização de vídeos com legendas e tradutor, todos esses recursos são utilizados ao longo da implementação de uma Unidade de Ensino Inclusiva-UEI (Picanço, Andrade Neto, & Geller, 2021b).

### 5.1 Website adaptado com widget VLibras

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foi construído um *website* que se constitui como um ambiente virtual de Aprendizagem, sendo este considerado por nós como um *mediador Hipercultural*, que de acordo com classificação de Esquembre (2002), é um *software* de ferramentas telemáticas e de Internet.

Esse *site* abriga nossa sequência didática intitulada “Unidade de Ensino Inclusiva: Energia mecânica”, que contém sete aulas com o conteúdo de energia mecânica e sua conservação, energia cinética, energia potencial gravitacional e elástica. O *site* foi estruturado em um formato que permite ao professor analisar o desempenho dos estudantes através de atividades e implementar recursos de acordo com a sua possibilidade e necessidade pedagógica, incorporando elementos que podem ajudar a melhorar a sua prática de ensino, tais como vídeos, simuladores, formulários digitais, *hiperlinks* entre outros.

O *site* é em si um recurso de Tecnologia Assistiva pois ele conta com uma janela de acesso (*Widget*) ao *app* VLibras, facilitando assim, a comunicação do estudante surdo com o *Website*, ao possibilitar a tradução automática de Português Brasileiro para a Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS) de conteúdos digitais como texto, áudio e vídeo.

O VLibras é um conjunto de ferramentas computacionais de código aberto, desenvolvido pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) em parceria com o Ministério da Economia (ME), por meio da Secretaria de Governo Digital (SGD). Esse recurso torna computadores, celulares e plataformas *Web* acessíveis para pessoas surdas (Brasil, 2020).

O *site* foi escrito em *HTML*, e em cada página do *site* foi acrescentado o código do VLibras, tal como mostramos a seguir.

```
<body> <!-- Início do corpo da página -->

  <vlibraswidget class="vw-text">

    <!-- Conteúdo da página -->
    </vlibraswidget>
  <div vw class="enabled">
    <div vw-access-button class="active"></div>
    <div vw-plugin-wrapper>
      <div class="vw-plugin-top-wrapper"></div>
    </div>
  </div>
  <script src="https://vlibras.gov.br/app/vlibras-plugin.js"></script>
  <script>
    new window.VLibras.Widget('https://vlibras.gov.br/app');
  </script>
</body> <!-- Fim do corpo da página -->
```

Código 1: Código *HTML* usado nas páginas do *site*.

A figura 7 mostra a *homepage* do *Website* criado para a pesquisa.

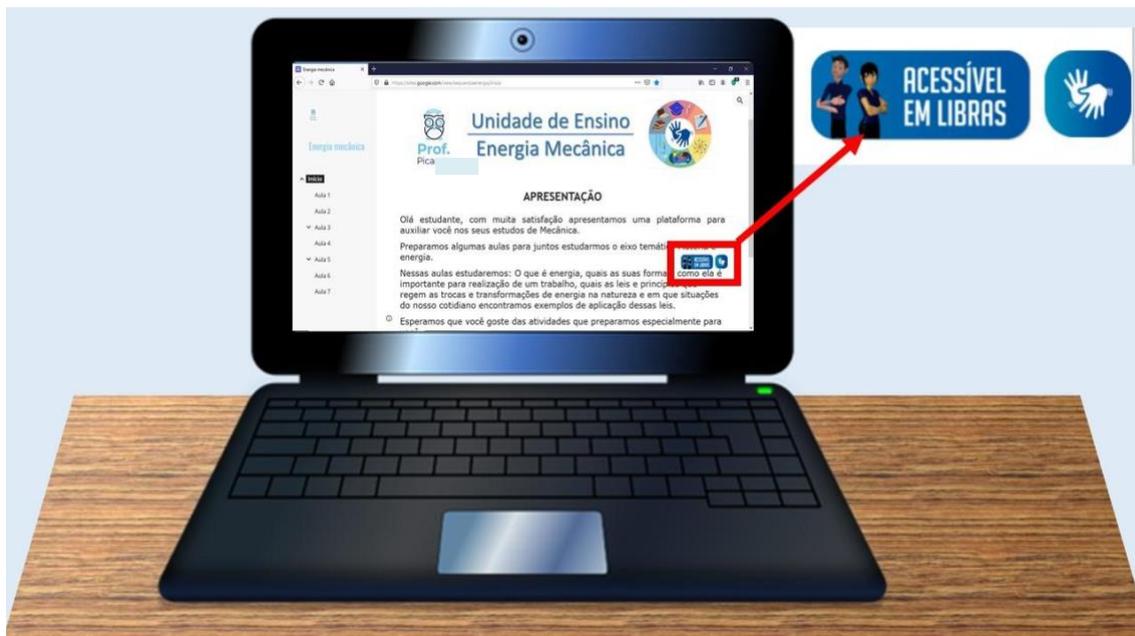


Figura 7: *Homepage* do *site* Unidade de ensino Energia Mecânica Assistiva.

Ao clicar no ícone flutuante presente no lado direito do *website*, conforme destacado na Figura 7, o *widget* abrirá o aplicativo do VLibras. E, com o *widget* aberto, ao passar o ponteiro do *mouse* por um elemento de texto, este é realçado indicando que pode ser traduzido. E, ao clicar com o botão esquerdo do *mouse*, a ferramenta iniciará a tradução, conforme mostra a figura 8:

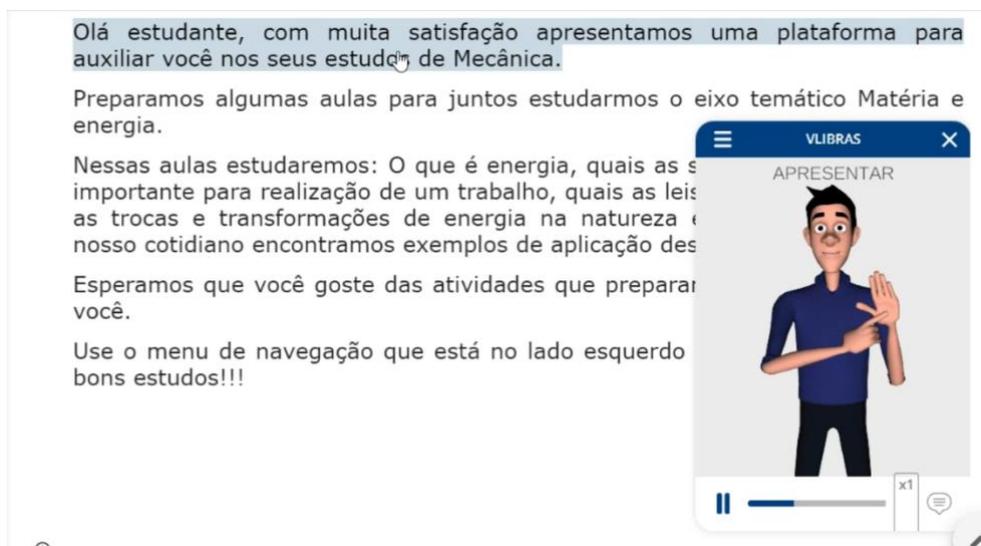


Figura 8: Tradução do *website* usando o VLibras.

Cabe destacar que o VLibras não substitui de forma alguma a necessidade do intérprete humano, dada a tradução literal e não interpretativa do *software*, mas é um recurso que permite que o estudante tenha acesso a informações em Libras, ainda que de forma limitada, principalmente num cenário de Ensino remoto ou híbrido, seja de forma assíncrona, ou dentro de uma metodologia de ensino, como a sala de aula invertida ou a *just-in-time*, destacada por Esquembre (2002).

## 5.2 Uso de questionário digital como recurso de tecnologia assistiva

Um dos grandes entraves ao processo de ensino e de aprendizagem de estudantes (surdos ou não) é a avaliação, como avaliar, que instrumentos utilizar, são alguns dos questionamentos mais recorrentes para os professores.

Tradicionalmente, uma das formas mais utilizadas para avaliar os estudantes é prova escrita, porém, alguns autores indicam que as habilidades de escrita de estudantes surdos podem deixá-los desconfortáveis com perguntas escritas, ou a postagem delas em meio eletrônico, como em *chats* em videoconferências, por exemplo (Alsadoon & Turkestani, 2020).

E, conforme indica Thoma (2009), a prática avaliativa “tradicional”, está presente nos ambientes educacionais ditos inclusivos, e a autora chama a atenção para um aspecto importante sobre a avaliação dos surdos, a normalização ouvinte ou ouvintização do surdo, ou seja, essa ouvintização é o processo de analisar, rotular e/ou comparar com base no que distancia ou aproxima o estudante surdo da “normalidade” ouvinte.

Tal situação foi verificada por Picanço (2015), em sua pesquisa de mestrado, quando este obteve de uma aluna surda a seguinte resposta para uma pergunta de um questionário escrito:

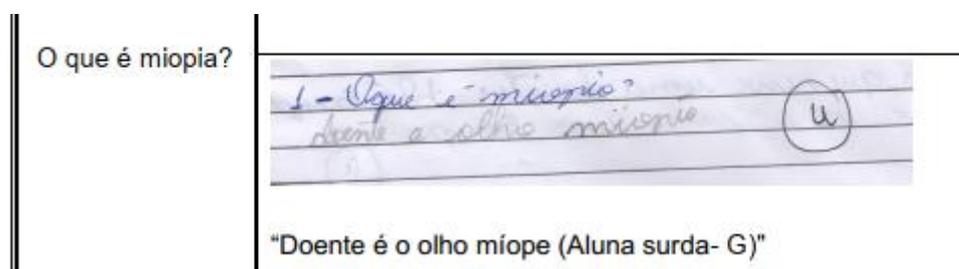


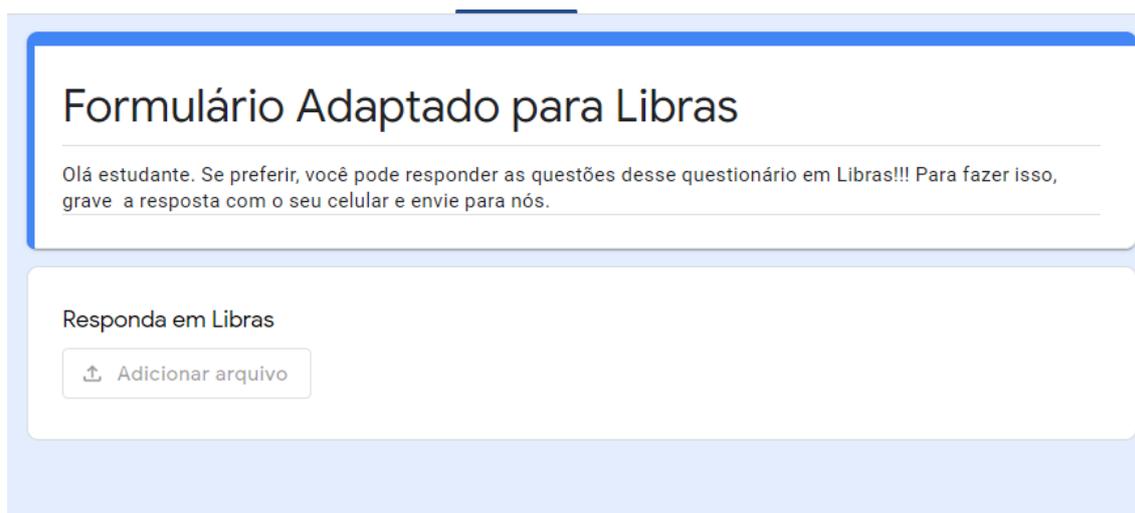
Figura 9: Exemplo de uma resposta escrita de um estudante surdo.

Para muitos leitores, talvez a resposta dessa aluna surda seja inadequada, ou ainda tautológica, mas em relação a que, a Norma Ouvinte?

Em nossa pesquisa, levamos em consideração ao avaliar o estudante a sua Cultura (mediação cultural), neste caso, especificamente a sua primeira língua (L1), a Libras. Mesmo que o estudante tenha a língua portuguesa em sua forma escrita como segunda língua (L2), destacamos que para muitos surdos a língua portuguesa, é considerada uma língua estrangeira, pois “pertence ao ouvinte” (Souza, 2009).

Portanto, para contornar tal situação e não sujeitar o estudante surdo a responder questionamentos em atividades, somente na forma escrita, essa pesquisa utilizou o questionário eletrônico como um recurso de Tecnologia Assistiva, de tal forma que foi dado ao estudante surdo a possibilidade de responder às perguntas dos questionários em Libras.

Para fazer isso, cada questão que solicita a resposta na forma escrita, também dá como alternativa a possibilidade de o estudante enviar um vídeo como resposta. Conforme mostra a figura 10:



**Formulário Adaptado para Libras**

Olá estudante. Se preferir, você pode responder as questões desse questionário em Libras!!! Para fazer isso, grave a resposta com o seu celular e envie para nós.

Responda em Libras

Adicionar arquivo

Figura 10: Formulário adaptado para receber resposta em Libras.

Neste caso, o estudante ao clicar na caixa “Adicionar arquivo”, pode utilizar a câmera do *smartphone* para enviar a sua resposta em Libras, conforme mostra a figura 11:

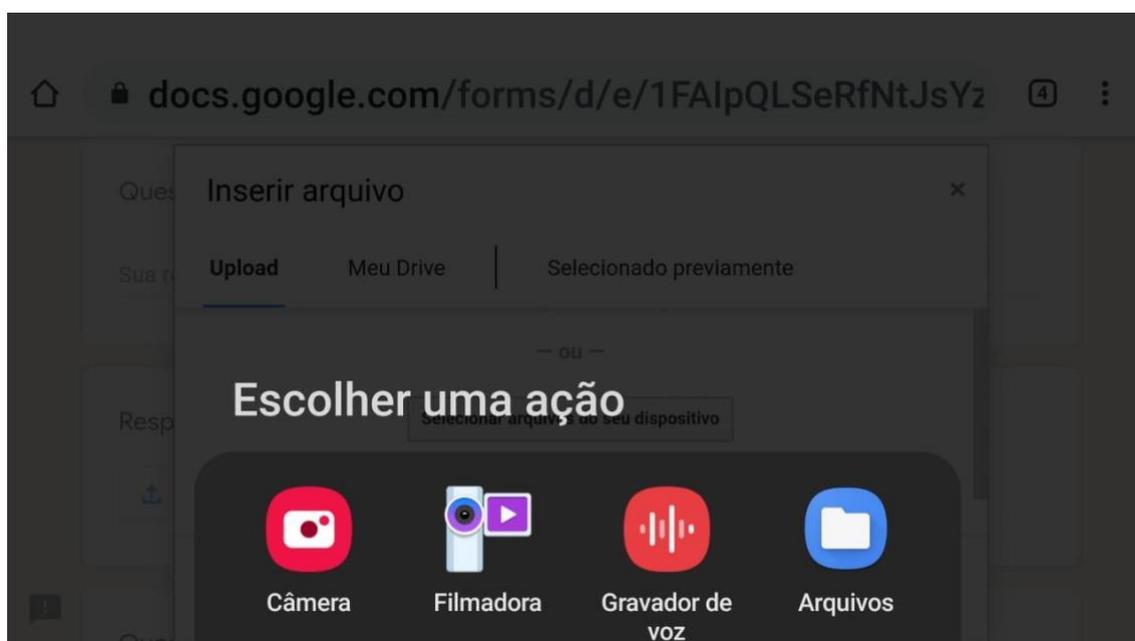


Figura 11: Opções de envio de resposta em Libras.

Em nossa pesquisa, utilizamos os questionários digitais na avaliação diagnóstica (pré-teste) de verificação do conhecimento prévio do estudante a respeito do tema Energia Mecânica, bem como nas demais atividades planejadas na sequência didática e na avaliação diagnóstica final (pós-teste).

Porém, é importante observar que essa ferramenta de coleta de dados pode ser utilizada em qualquer contexto, possibilitando a adaptação a diferentes conteúdos e componentes curriculares. Além disso existe a possibilidade de inclusão de vídeos explicativos nesses questionários digitais, sendo possível gravar a pergunta desejada totalmente em Libras ao invés de escrevê-la em língua Portuguesa, sendo essa também outra forma de tornar o questionário digital ainda mais acessível aos estudantes surdos.

### 5.3 O uso de Aplicativo de Realidade Aumentada para auxiliar em experimentos laboratoriais reais e/ou virtuais.

Uma possibilidade destacada por Esquebre (2002) sobre o uso de Tecnologias Digitais na educação é a oportunidade de criar ambientes de aprendizagem que ampliam as possibilidades de tecnologias tradicionais (livros, quadro-negro, entre outras), nesse sentido recorreremos à Realidade Aumentada (RA), para promover um *upgrade* em atividades tradicionais, como por exemplo, a realização de um experimento real e ainda promover a acessibilidade em Libras.

A Realidade Aumentada, não é algo novo, porém recentemente tornou-se popular, principalmente entre os jovens, devido ao sucesso de jogos de celular como o *Pokémon GO*. Mas aplicação da realidade aumentada, não se restringe a indústria do entretenimento, pelo contrário, essa empreitada tem sido aplicada também em contextos educacionais, como a “expansão” de conteúdos de livros, revistas e enciclopédias, por meio da inclusão de animações, vídeos, áudio e etc.

Parton, Hancock, Crain-Dorough e Oeschere (2009), destacam que a Realidade Aumentada, permite conectar objetos físicos a dados digitais e é uma maneira de melhorar o processo de aprendizagem e aumentar a retenção de conceitos e vocabulário.

Assim, como mais um recurso de TA, foi criado para essa pesquisa, um aplicativo de Realidade Aumentada. Esse aplicativo utilizou o Ambiente Integral de Desenvolvimento (*Integrated Development Environment – IDE*) do *Unity*, que é um motor de jogos multiplataforma criado pela *Unity Technologies*.

Essa plataforma é muito popular entre os desenvolvedores devido a capacidade de criar jogos em 2D e 3D, para diversas Interfaces de Programação de Aplicativos (*Application Programming Interface – API*) para *software* para sistema *Windows, MacOS, Linux, Android e iOS*, ou plataforma baseada na *Web*. O próprio *App* do *VLibras*, utilizou essa plataforma em seu desenvolvimento.

No nosso caso, o aplicativo de realidade aumentada, utilizou além do *Unity*, o *Kit* de desenvolvimento de *software* (*Software Development Kit – SDK*) de Realidade Aumentada da *Vuforia*. Infelizmente, o *SDK* da *Vuforia* não é um programa de código aberto (*open source*), mas a utilização com fins educacionais é gratuita.

A opção pelo *SDK* da *Vuforia*, se justifica pela praticidade de criar experiências imersivas de Realidade Aumentada de forma simples. Tais experiências são entendidas aqui como uma intersecção em tempo real, entre o mundo físico e o digital, ou seja, a adição de elementos virtuais em uma cena real. De tal modo, o *SDK* da *Vuforia* permite usar as imagens da câmera do *Smartphone* combinadas com os dados do acelerômetro e do giroscópio para examinar o mundo físico, permitindo assim a interação entre objetos reais e virtuais.

A figura 12 pode auxiliar no entendimento do funcionamento deste aplicativo.



Figura 12: Ilustração com o funcionamento do aplicativo.

Conforme mostra a Figura 12, vemos que o estudante com um *Smartphone*, aciona o Aplicativo de Realidade Aumentada, intitulado de “Física para surdos.apk”. Esse aplicativo, executa a câmera traseira do celular que ao ser apontada para uma imagem (neste caso, a tela de um *notebook* com um experimento virtual), faz aparecer na tela um vídeo com a tradução em Libras dos principais conceitos e funcionamento de experimentos reais e virtuais utilizados na pesquisa, ou seja, utilizamos a RA como um recurso de TA.

#### 5.4 Vídeos com legendas e com janela de tradução em libras

Conforme apontamos em nosso referencial teórico, nossa proposta de intervenção pedagógica, busca contemplar as mediações cognitivas descritas por Souza (2004), e uma destas mediações é a mediação cultural. Assim, a utilização de vídeos vem nesse intuito, trazer à tona esse componente para a formação do estudante.

Optamos, portanto, por utilizar a prática de esportes como um fator cultural, e analisar fenômenos da física clássica, como a conservação da energia mecânica na pista de *Skate*. Para tanto, trouxemos um recorte da reportagem do esporte espetacular de 10 de novembro de 2019, que traz um cadeirante desafiando a Mega Rampa (Esporte Espetacular, 2019).

A utilização de vídeos no ensino de física como recurso pedagógico para ensino de estudantes surdos, foi utilizada por Cozendey, Pessanha e Costa (2013). Esses autores desenvolveram seis vídeos bilíngues, que buscaram valorizar a Libras e os aspectos visuais, com o objetivo de testá-los como recurso inclusivo para o ensino das leis de Newton. Essa estratégia didática foi implementada em uma sala de aula de uma escola estadual de nível médio localizada no interior de São Paulo, composta por dezoito estudantes, dos quais uma era surda e possuía conhecimentos básicos de Libras.

E em nossa proposta também fazemos uso desse recurso e a figura a seguir mostra como esse vídeo foi apresentado no *site* da unidade de ensino:



Figura 13: Vídeo legendado e com tradutor de Libras.

Conforme mostra a Figura 13, o vídeo da reportagem foi editado, pelos pesquisadores, para incluir nele a legenda e a janela de tradução em Libras. Primeiramente, foi feita a transcrição do áudio para produzir as legendas, e estas foram inseridas quadro a quadro no editor de vídeos. E posteriormente a janela de tradução em Libras, foi inserida como um segundo vídeo sobreposto ao vídeo da reportagem.

O vídeo da tradução em Libras foi feito com a captura da tela do aplicativo VLibras, ao traduzir o texto da transcrição do áudio das legendas. E buscou-se atender, dentro das possibilidades, a norma NBR 15.290 de Acessibilidade em comunicação na televisão, que define entre outras coisas, que a janela de tradução de Libras deve ser no mínimo, metade da altura da tela do televisor e sua largura, ocupar no mínimo a quarta parte da largura da tela, e não sobrepor qualquer outra imagem no vídeo (ABNT, 2005).

Nesse caso, optou-se por utilizar o vídeo desse atleta cadeirante em uma rampa de *Skate* para ilustrar as transformações da energia potencial gravitacional em energia cinética, demonstrando o princípio da conservação da energia mecânica. E dentro do nosso referencial teórico, configura-se além da mediação hipercultural a cultural (a prática de um esporte), onde destacou-se na unidade de ensino também a inclusão desse esporte como modalidade olímpica.

## 6 Conclusões

As ferramentas descritas neste artigo foram conjecturadas especificamente para o contexto da nossa pesquisa e/ou adaptadas de outros contextos para serem implementadas ao longo de uma sequência didática.

A pesquisa segue em andamento, e até o momento um grupo de 6 estudantes surdos do primeiro ano do ensino médio de uma escola especial de Porto Alegre testaram algumas dessas ferramentas de forma presencial e os dados iniciais indicam uma boa receptividade por parte da comunidade pesquisada.

É importante frisar que o desenvolvimento e/ou adaptação dessas ferramentas foi motivada pelo cenário de profundas transformações experienciadas neste tempo de pandemia. No qual tivemos que adaptar a pesquisa para ser executada de forma remota e/ou híbrida, assim sendo os

elementos descritos na seção 5 representam as iniciativas desenvolvidas para atender as demandas do ensino remoto no que se refere ao ensino da física para estudantes surdos do primeiro ano do ensino médio.

Vale ressaltar que muitas das ferramentas desenvolvidas e/ou adaptadas não precisam ser restringidas ao contexto educacional formal da sala de aula, como é o caso do *website*, *app* de realidade aumentada e *Google* formulário. Elas também podem ser utilizadas de diferentes formas, atendendo outros conteúdos curriculares e mesmo de outros componentes curriculares, sendo somente necessário a adequação destas ao conteúdo desejado.

Sendo assim, baseado nos pressupostos teóricos da Teoria da Mediação Cognitiva (Souza, 2012) e, de forma complementar, na categorização do uso de tecnologias na educação proposta por Esquembre (2002), os diversos usos de tecnologias assistivas na educação para surdos foram classificadas, compondo uma releitura do seu papel para a aprendizagem de ciências e matemática. Podemos, após a análise dos recursos digitais apresentados, do referencial teórico e dos princípios de classificação de tecnologias proposta por Esquembre (2002), categorizar, em um primeiro momento, as tecnologias assistivas para o ensino de ciências e matemática para surdos como sendo:

1. Ferramentas de Digitalização da Realidade – Estas ferramentas capturam elementos da realidade para que os surdos possam interagir e analisar, incluindo aí informações auditivas.
2. Ferramentas de Modelagem – Estas ferramentas progressivamente apresentam modelos científicos e/ou matemáticos por meio descritivos/visuais como multimídia, por meio de simulações pré-construídas ou até mesmo permitindo o surdo modelar suas próprias simulações de fenômenos científicos.
3. Ferramentas de Comunicação – Estas ferramentas dão suporte à comunicação para surdos, seja pela atemporalidade (comunicação assíncrona), diminuir distâncias (*chats* online e videoconferência) ou por traduzir elementos da comunicação (tradução de Libras ou legenda)

Acreditamos, resumidamente, que ao se enquadrar as ferramentas digitais nestas categorias, é possível fazer uso simultâneo das mesmas para o ensino de ciências e matemática mais efetivo para a comunidade escolar surda. E, como principal contribuição, contemplamos nesse artigo a articulação teórica entre a Teoria da Mediação Cognitiva em Rede (TMC) com outra área do conhecimento, a Tecnologia Assistiva (TA), e nesse processo, desenvolvemos uma abordagem pedagógica, que utiliza recursos de informática em um contexto educacional relevante, a Educação Especial de Surdos.

## Referências

- Áfio, A. C. E., de Carvalho, A. T., de Carvalho, L. V., da Silva, A. S. R., & Pagliuca, L. M. F. (2016). Avaliação da acessibilidade de tecnologia assistiva para surdos. *Revista Brasileira de Enfermagem*, 69(5), 833-839. doi: [10.1590/0034-7167.2016690503](https://doi.org/10.1590/0034-7167.2016690503) [GS Search]
- Alsadoon, E., & Turkestani, M. (2020). Virtual Classrooms for Hearing-impaired Students during the COVID-19 Pandemic. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 12(1Sup2), 01-08. doi: [10.18662/rrem/12.1sup2/240](https://doi.org/10.18662/rrem/12.1sup2/240) [GS Search]
- Artigue, M. (1996). Ingénierie didactique. In: J. Brum (org) (1996). *Didactique des mathématiques*. (pp. 243-274). Paris, França: FeniXX. [GS Search]

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. (2005). *NBR 15290: Acessibilidade em comunicação na televisão*. Rio de Janeiro: ABNT Editora.
- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa, Portugal: Plátano, 1. [GS Search]
- Bartelmebs, R. C., & Figueira Tegen, M. (2021). Astronomia no Google Classroom: Uma experiência da Formação Continuada em tempos de Pandemia. *Revista extensão em Foco*, 23, 287-307. doi: [10.5380/ef.v0i23.80419](https://doi.org/10.5380/ef.v0i23.80419) [GS Search]
- Bersch, R. & Schirmer, C. (2005). Tecnologia assistiva no processo educacional. In: R. Blanco et al. *Ensaio Pedagógicos: Construindo escolas inclusivas*, Brasília, DF: SEESP/MEC, 89-94. [GS Search]
- Bersch, R. (2017). *Introdução à tecnologia assistiva*. Porto Alegre: CEDI, 21. [GS Search]
- Brasil. (2020). Apresentação - documentação Manual de Instalação da Ferramenta VLibras Widget 5.0.0. Disponível em: <https://vlibras.gov.br/doc/widget/introduction/presentation.html>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- Brochado, S. M. D., Lacerda, C. B. D. F., & Rocha, L. R. M. D. (2016). Projeto de Pesquisa: Software Glossário de Informática com Aplicação de Libras e de Tecnologia de Captura de Movimento 3D. *Journal of Research in Special Educational Needs*, 16, 905-908. doi: [10.1111/1471-3802.12348](https://doi.org/10.1111/1471-3802.12348) [GS Search]
- Campello, A. R. S. (2008). *Aspectos da Visualidade na Educação de Surdos* (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/91182/258871.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 mai. 2020. [GS Search]
- Cardoso, M. J. C., Almeida, G. D. S., & Silveira, T. C. (2021). Formação continuada de professores para uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no Brasil. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29, 97-116. doi: [10.5753/RBIE.2021.29.0.97](https://doi.org/10.5753/RBIE.2021.29.0.97) [GS Search]
- Carvalho, D. (2011). *Software em língua portuguesa/libras com tecnologia de realidade aumentada: ensinando palavras para alunos com surdez*. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências, Marília, São Paulo, Brasil. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102184/carvalho\\_d\\_dr\\_mar.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102184/carvalho_d_dr_mar.pdf?sequence=1). Acesso em: 07 abr. 2020. [GS Search]
- Carvalho, D. D., & Manzini, E. J. (2017). Aplicação de um programa de ensino de palavras em Libras utilizando tecnologia de realidade aumentada. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 23(2), 215-232. doi: [10.1590/S1413-65382317000200005](https://doi.org/10.1590/S1413-65382317000200005) [GS Search]
- Chevallard, Y. (2000). *La transposición didáctica. Del saber sabio al saber enseñado*, Buenos Aires: Aique. [GS Search]
- Chiu, H. P., Liu, C. H., Hsieh, C. L., & Li, R. K. (2010). Essential needs and requirements of mobile phones for the deaf. *Assistive Technology®*, 22(3), 172-185. doi: [10.1080/10400435.2010.483652](https://doi.org/10.1080/10400435.2010.483652) [GS Search]
- Cozendey, S. G., Pessanha, M. C. R., & Costa, M. D. P. R. D. (2013). Vídeos didáticos bilíngues no ensino de leis de Newton. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35, 35041-35047. doi: [10.1590/S1806-11172013000300023](https://doi.org/10.1590/S1806-11172013000300023) [GS Search]
- Dewey, J. (1997). *How We Think, A Restatement Of The Relation Of Reflective Thinking To The Educative Process*, New York: Courier Corporation.

- dos Santos, R. P. (2008). Virtual, Real ou Surreal? A Física do Second Life. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, 6(1). doi: [10.22456/1679-1916.14392](https://doi.org/10.22456/1679-1916.14392) [GS Search]
- Esporte Espetacular. (9 de novembro de 2019). Bob Burnquist vence a MegaRampa e cadeirante completa salto pela primeira vez [Arquivo de Vídeo]. GloboPlay. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/8075887>
- Esquembre, F. (2002). Computers in physics education. *Computer physics communications*, 147(1-2), 13-18. doi: [10.1016/S0010-4655\(02\)00197-2](https://doi.org/10.1016/S0010-4655(02)00197-2) [GS Search]
- Freitas, S. A. (2019). *Um estudo da utilização didática de ferramentas de cognição extracerebrais por estudantes do ensino fundamental: Evidências de Aprendizagem Significativa do modelo do átomo de Bohr*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Luterana do Brasil, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil. Disponível em: <http://www.ppgecim.ulbra.br/teses/index.php/ppgecim/article/download/345/340>. Acesso em: 07 abr. 2020. [GS Search]
- Galvão Filho, T. A., & Damasceno, L. L. (2008). Tecnologia assistiva em ambiente computacional: recursos para a autonomia e inclusão sócio-digital da pessoa com deficiência. In: *Boletín del Real Patronato Sobre Discapacidad*, Ministerio de Educación, Política Social y Deporte, Madri, Espanha. n. 63, pp.14-23. [GS Search]
- Giglio, K., Souza, M. V. D., & Spanhol, F. J. (2015). Redes Sociais e Ambientes Virtuais: Reflexões para uma Educação em Rede. In: M. Souza and K. Giglio, ed.1, *Mídias Digitais, Redes Sociais e Educação em Rede: Experiências na Pesquisa e Extensão Universitária*. São Paulo: Blucher, pp.105-120. doi: [10.5151/9788580391282-09](https://doi.org/10.5151/9788580391282-09) [GS Search]
- Henrique, M. S., Silva, C. T. L. L., da Silva, D. R. D., & Tede, P. C. D. A. R. (2015). Uma revisão sistemática da literatura sobre o uso de teorias de aprendizagem em softwares educacionais. *RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação*, 13(2). doi: [10.22456/1679-1916.61434](https://doi.org/10.22456/1679-1916.61434) [GS Search]
- Lang, H. G. (1973). Teaching physics to the deaf. *The Physics Teacher*, 11(9), 527-531. doi: [10.1119/1.2350169](https://doi.org/10.1119/1.2350169) [GS Search]
- Parton, B. S. (2017). Glass vision 3D: digital discovery for the deaf. *TechTrends*, 61(2), 141-146. doi: [10.1007/s11528-016-0090-z](https://doi.org/10.1007/s11528-016-0090-z) [GS Search]
- Parton, B. S., Hancock, R., Crain-Dorough, M., & Oescher, J. (2009). Interactive Media to Support Language Acquisition for Deaf Students. *Journal on School Educational Technology*, 5(1), 17-24. [GS Search]
- Piaget, J. (1973). *Estudios de psicología genética*. Buenos Aires: Emece. [GS Search]
- Picanço, L. T. (2015). *O ensino de óptica geométrica por meio dos problemas de visão e as lentes corretoras: uma unidade de ensino no contexto da educação inclusiva para surdos*. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Amazonas, Mestrado Profissional em Ensino de Física, Manaus, Amazonas, Brasil. Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/bitstream/4321/439/> [GS Search]
- Picanço, L. T., Andrade Neto, A. S. & Geller, M. (2021a). *Desafios, adversidades e lições para o ensino de Física para alunos surdos em tempos de pandemia de Covid-19*. Manuscrito submetido para publicação.
- Picanço, L. T., Andrade Neto, A. S. & Geller, M. (2021b). *Unidade de Ensino Inclusiva: Uma proposta de Ensino de Física para alunos surdos do Ensino Médio*. Manuscrito submetido para publicação.

- Picanço, L. T., Andrade Neto, A. S., & Geller, M. (2021c). O Ensino de Física para Surdos: o Estado da Arte da Pesquisa em Educação. *Revista Brasileira de Educação Especial*, 27, 391-410. doi: [10.1590/1980-54702021v27e0123](https://doi.org/10.1590/1980-54702021v27e0123) [GS Search]
- Picanço, L. T., Nina, T. V., Ferreira, E. L., Guédes, K. S. & da Silva, L. R. V. (2018). *Laboratório Esportivo da Física* (Projeto de Pesquisa). Escola Estadual Frei Sílvio Vagheggi, Manaus. Disponível em: <http://www.fapeam.am.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/EDITAL-PCE-2018-FINAL.pdf>.
- Quadros, R. M. (Org.) (2006). *Estudos surdos I*. Petrópolis: Arara Azul. [GS Search]
- Robinson, V. (2013). Teaching Physics to Deaf College Students in a 3-D Virtual Lab. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, 17(1), 41-52. doi: [10.14448/jesd.06.0003](https://doi.org/10.14448/jesd.06.0003)
- Rocha, D. F. S., Pinto, I. I. B. S., & de Amorim Silva, R. (2015). AssistLIBRAS: Uma Ferramenta de Autoria para a Construção de Sinais da LIBRAS. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 23(02), 190-205. doi: [10.5753/RBIE.2015.23.02.190](https://doi.org/10.5753/RBIE.2015.23.02.190) [GS Search]
- Sarji, D. K. (2008). Handtalk: Assistive technology for the deaf. *Computer*, 41(7), 84-86. doi: [10.1109/MC.2008.226](https://doi.org/10.1109/MC.2008.226) [GS Search]
- Secretaria de Estado dos Direitos da Pessoa Com Deficiência – SEPED. (2016). Projeto “Giulia, Mãos que Falam” será destaque em programa de televisão em rede nacional. Governo Do Estado Do Amazonas. Disponível em <http://www.amazonas.am.gov.br/2016/03/projeto-giulia-maos-que-falam-sera-destaque-em-programa-de-televisao-em-rede-nacional/> Acesso em: 12 maio 2020.
- Song, Y. (2014). “Bring Your Own Device (BYOD)” for seamless science inquiry in a primary school. *Computers & Education*, 74, 50-60. doi: [10.1016/j.compedu.2014.01.005](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.005) [GS Search]
- Sousa, A. N. de. (2009). The book is not on the table: o desenvolvimento da escrita de surdos em língua inglesa (LE). In R. M. Quadros & M. R. Stumpf (Org.), *Estudos surdos IV. Série pesquisas* (pp. 207-240). Petrópolis, RJ: Arara Azul. [GS Search]
- Souza, B. C. (2004). *Teoria da Mediação Cognitiva: os impactos cognitivos da Hiper cultura e da Mediação Digital*. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Psicologia, Recife, Pernambuco, Brasil. Disponível em: <http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040617095205.pdf> . Acesso em 10 de maio de 2020. [GS Search]
- Souza, B. C., Da Silva, A. S., Da Silva, A. M., Roazzi, A., & da Silva Carrilho, S. L. (2012). Putting the Cognitive Mediation Networks Theory to the test: Evaluation of a framework for understanding the digital age. *Computers in Human Behavior*, 28(6), 2320-2330. doi: [10.1016/j.chb.2012.07.002](https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.07.002) [GS Search]
- Thoma, A. D. S. (2009). Identidades e diferença surda constituídas pela avaliação. In A. D. S. Thoma, & M. Klein (2009), *Currículo e Avaliação: a diferença surda na escola* (pp. 49-68). EDUNISC. [GS Search]
- UNESCO. (2020, March 5). Distance learning solutions. Disponível em: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse/solutions>. Acesso em: 04 maio 2021.
- Vincent, C., Bergeron, F., Hotton, M., & Deaudelin, I. (2010). Message transmission efficiency through five telecommunication technologies for signing deaf users. *Assistive Technology®*, 22(3), 141-151. doi: [10.1080/10400430903519928](https://doi.org/10.1080/10400430903519928) [GS Search]

- Vongsawad, C. T., Berardi, M. L., Neilsen, T. B., Gee, K. L., Whiting, J. K., & Lawler, M. J. (2016). Acoustics for the deaf: Can you see me now?. *The Physics Teacher*, 54(6), 369-371. doi: [10.1119/1.4961182](https://doi.org/10.1119/1.4961182) [[GS Search](#)]
- Vygotsky, L. S. (2004). *Teoria e método em psicologia*. Martins Fontes. [[GS Search](#)]
- Zamfirov, M., Saeva, S., & Popov, T. (2007). Innovation in teaching deaf students physics and astronomy in Bulgaria. *Physics education*, 42(1), 98-104. doi: [10.1088/0031-9120/42/1/014](https://doi.org/10.1088/0031-9120/42/1/014) [[GS Search](#)]