

PROJETO INCLUIR-CIÊNCIA

ações de extensão na articulação com a pesquisa e o ensino para inclusão de pessoas com deficiência visual

INCLUDE-SCIENCE PROJECT

extension actions in conjunction with research and teaching for the inclusion of people with visual impairments

Alexandre da Silva Ferry¹

RESUMO

Este artigo relata a experiência do Projeto Incluir-Ciência, uma ação de extensão integrada às atividades de ensino e pesquisa em um programa de pós-graduação em Educação Tecnológica, dedicado à criação de recursos didáticos inclusivos para estudantes com deficiência visual, empregando tecnologias de prototipagem digital em um ambiente *maker*. O problema central abordado pelo projeto é a necessidade de recursos didáticos que sejam acessíveis a todos os estudantes, incluindo aqueles com deficiências visuais, em ambientes educativos inclusivos. O objetivo geral é compartilhar conhecimento sobre práticas educativas inclusivas e desenvolver recursos que transcendam a simples adaptação de materiais existentes, propondo a criação de materiais genuinamente inclusivos que beneficiem todos os alunos. Baseando-se na Teoria da Ação Mediada e na Cultura *Maker*, o projeto utiliza métodos de impressão 3D e corte a *laser* para desenvolver tais recursos, exemplificados pelo Bricks Braille Químico, o Quebra-Cabeça Iônico e uma prancha grafotátil. Os resultados incluem o relato de experiências extensionistas por meio de minicursos, oficinas e a produção de materiais didáticos duráveis, além da validação positiva por parte de usuários finais, como professores e estudantes cegos, que destacaram a funcionalidade e a acessibilidade dos recursos. As conclusões enfatizam a importância de práticas educacionais que promovam a inclusão efetiva e a participação de todos os estudantes, sugerindo que tais abordagens podem ser amplamente replicadas em diferentes contextos educativos. O projeto continua a expandir seu impacto, explorando novas possibilidades de recursos didáticos acessíveis e inclusivos para outras temáticas e outras deficiências. Este trabalho demonstra como uma ação de extensão alinhada com a inovação tecnológica pode promover a superação de barreiras de acessibilidade e a inclusão de pessoas com deficiência em atividades de Ciências e Tecnologias.

Palavras-chave: Extensão universitária; Recursos didáticos inclusivos; Educação em Ciências; Deficiência visual; Grafia Química Braille.

¹ Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG) – Belo Horizonte, MG, Brasil
Doutor em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, MG, Brasil
E-mail: alexandreferry@cefetmg.br

ABSTRACT

This article reports on the Include-Science Project, an extension initiative integrated with teaching and research activities in a graduate program in Technological Education. It focuses on creating inclusive educational resources for students with visual impairments using digital prototyping technologies within a maker environment. The central challenge addressed is the need for educational resources that are accessible to all students, including those with visual impairments, within inclusive educational settings. The overall objective is to share knowledge about inclusive educational practices and to develop resources that transcend the simple adaptation of existing materials, proposing the creation of genuinely inclusive materials that benefit all students. Drawing on Mediated Action Theory and Maker Culture, the project employs 3D printing and laser cutting techniques to develop such resources, exemplified by the Chemical Braille Bricks, the Ionic Puzzle, and a tactile board. The results include reports on extension experiences through mini-courses, workshops, and the production of durable teaching materials, as well as positive validation by end users, such as blind teachers and students, who highlighted the functionality and accessibility of the resources. The findings underscore the importance of educational practices that foster effective inclusion and engagement of all students, suggesting that these methods could be broadly applied in various educational contexts. The ongoing project continues to broaden its impact, exploring new possibilities for accessible and inclusive educational resources across different themes and disabilities. This report illustrates how an extension activity aligned with technological innovation can help overcome accessibility barriers and facilitate the inclusion of individuals with disabilities in Science and Technology activities.

Keywords: University extension; Inclusive teaching resources; Science Education; Visual impairment; Braille Chemical Writing.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a Educação Especial é regulada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (Lei nº 9.394/1996) e visa atender educandos com deficiências, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades, adotando uma perspectiva inclusiva que promove o desenvolvimento integral em um ambiente livre de discriminação. Essa abordagem é reforçada por outros marcos legais, como a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência (Brasil, 2009) e a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), que preconizam um sistema educacional inclusivo em todos os níveis.

O Projeto Incluir-Ciência, uma ação de extensão articulada com atividades de pesquisa e ensino no Programa de Pós-Graduação em Educação Tecnológica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG), emerge como uma iniciativa que responde à necessidade de uma educação científica e tecnológica inclusiva, por meio da criação de recursos didáticos acessíveis usando tecnologias de prototipagem digital, como impressão 3D e corte a laser. Esse projeto não apenas visa desenvolver práticas pedagógicas que permitam a todos os estudantes, especial-

mente aqueles com deficiência visual, acessar plenamente o currículo de Ciência e Tecnologia, mas também procura validar esses recursos com uma gama diversa de participantes, incluindo revisores técnicos brailleiros, professores de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e estudantes cegos, com baixa visão e sem deficiência visual. Este esforço colaborativo é complementado pela formação de um banco de recursos didáticos na instituição de origem e a disseminação de metodologias que promovam práticas educacionais efetivamente inclusivas.

Nesse sentido, este artigo relata a experiência do projeto diante de um dos principais desafios na educação – o da produção criativa de recursos didáticos efetivamente inclusivos, com um enfoque especial no emprego de tecnologias de prototipagem digital disponíveis em um ambiente *maker*, apoiados pela Teoria da Ação Mediada (TAM) (Wertsch, 1991; 1998). Discutimos a mudança de paradigmas de adaptação para criação de recursos, explorando as possibilidades trazidas pela cultura *maker* (Carvalho; Bley, 2018; Mayurama, 2022). A análise também trata da importância de superar abordagens que focam nas limitações individuais, favorecendo uma educação que identifica e remove barreiras estruturais e atitudinais, realinhando práticas educacionais para valorizar a diversidade.

2. A TEORIA DA AÇÃO MEDIADA COMO REFERENCIAL PARA INCLUSÃO

A TAM, desenvolvida por James Wertsch (1991; 1998), é um importante referencial para entender como indivíduos interagem com o mundo por meio de ferramentas culturais que são moldadas e moldam contextos históricos e sociais. No contexto da Educação Especial, essa teoria oferece uma nova perspectiva para compreender como os recursos

didáticos funcionam como ferramentas de mediação. Essas ferramentas não são meros auxiliares; elas são agentes ativos na formação de conhecimento (Pereira; Ostermann, 2012), adaptando-se às necessidades educacionais de todos os alunos, incluindo aqueles com necessidades específicas.

Na prática inclusiva, a diversidade é vista como uma riqueza educacional, em que cada estudante traz capacidades que, quando mediadas por recursos didáticos apropriados, enriquecem o ambiente de aprendizagem (Pena; Nascimento; Mól, 2019). O processo criativo da produção de recursos didáticos, visto a partir da TAM, pode ser compreendido como uma superação à simples adaptação, promovendo a concepção de materiais que podem mediar os processos de compartilhamento de significados e atribuição de sentidos com todos os estudantes no espaço social da sala de aula. Esta abordagem teórica, inspirada nas ideias vygotskianas sobre mediação, permite uma análise detalhada de como ferramentas culturais emergem de contextos históricos e sociais específicos e como elas são fundamentais não apenas para os processos de ensino e aprendizagem, mas também para configurar a interação pedagógica (Oliveira; Mortimer, 2020).

Embora a TAM não seja estritamente uma teoria educacional, ela oferece elementos importantes para a análise da relação indissociável entre professores e recursos didáticos em contextos educacionais. No Projeto Incluir-Ciência, a teoria é utilizada para investigar o desenvolvimento e uso de recursos didáticos, ressaltando uma conexão indispensável entre habilidades humanas e características dos recursos. Das dez propriedades da ação mediada que Wertsch (1998) propõe, destacamos três: a multiplicidade de objetivos dos recursos didáticos, a capacidade desses novos recursos de transformar a dinâmica educa-

cional e as relações de poder, e a importância do domínio e da apropriação desses recursos por professores e estudantes.

Essa abordagem teórica sublinha que a capacidade dos indivíduos e as funcionalidades dos recursos são interdependentes, e não podem ser analisadas isoladamente, oferecendo uma visão mais integrada dos processos de mediação. Isso enfatiza a necessidade de recursos que sejam não apenas acessíveis, mas que possam ser usados como ferramentas de mediação da ação do professor com todos os estudantes em sala de aula, o que oferece melhores condições para uma efetiva inclusão nesse espaço.

3. MUDANÇAS DE PARADIGMAS

No âmbito do projeto de extensão em tela, as ações, na estreita relação com as atividades de pesquisa e de ensino, têm sido orientadas pela mudança de dois paradigmas discutidos a frente: (i) a do paradigma da adaptação para o da criação e (ii) a do paradigma da improvisação individual para o da institucionalização escolar do processo criativo de produção de recursos didáticos.

3.1. Do paradigma da adaptação e da improvisação para o paradigma da criação e institucionalização

Na rotina escolar, a abordagem tradicional frequentemente recorre ao paradigma da adaptação, em que os recursos didáticos existentes são modificados para atender às necessidades específicas de estudantes com deficiências (Scott; Vitale; Masten, 1998). Essa prática, embora bem-intencionada, pode inadvertidamente perpetuar uma forma de segregação educacional e não atender plenamente à diversidade de necessidades dentro de uma sala de aula inclusiva.

No Projeto Incluir-Ciência, a transição do paradigma da adaptação para o paradigma da criação é um aspecto central na redefinição das práticas pedagógicas voltadas para a educação inclusiva. Essa mudança é essencial para garantir que todos os estudantes, especialmente aqueles com deficiência visual, tenham acesso a recursos didáticos que não apenas atendam às suas necessidades específicas, mas também enriqueçam o ambiente de aprendizagem com a participação efetiva de todos os alunos durante as atividades mediadas com tais recursos.

3.1.1. Paradigma da adaptação e da improvisação

Tradicionalmente, a adaptação de recursos didáticos envolve modificar materiais existentes para atender às necessidades específicas de estudantes com deficiências, frequentemente em um contexto de improvisação. Essa abordagem pode resultar em recursos que são efêmeros, exclusivos, não validados e, muitas vezes, constrangedores para os estudantes, perpetuando uma segregação não intencional e limitando a experiência educacional inclusiva.

Essas adaptações podem incluir a gravação de inscrições em braille em materiais não originalmente projetados para isso, ou a utilização de materiais alternativos que não garantem durabilidade ou eficácia pedagógica. Professores, muitas vezes sob a pressão de atender a demandas urgentes, recorrem a soluções imediatas usando materiais facilmente acessíveis, mas, por vezes, inadequados, sem a devida orientação técnica ou pedagógica.

3.1.2. Paradigma da institucionalização escolar do processo de criação

Em contraste, o paradigma da criação envolve o desenvolvimento de novos recursos didáticos concebidos desde o início para serem

inclusivos. Esses recursos são projetados com o Sistema Braille e a experiência tátil como componentes integrados, não adicionais. Em outras palavras, a grafia braille e a experiência tátil se constituem como elementos do processo criativo, de modo que a criação de um recurso didático inclusivo é desencadeada pelas seguintes questões: a) qual experiência tátil pretendemos provocar e valorizar por meio desse recurso?; b) qual *layout* e dimensões o recurso deverá apresentar para incorporar a grafia braille, de modo a promover a acessibilidade integral de todas as informações compartilhadas por meio dele?; e c) como essa experiência tátil, considerando inclusive as inscrições em relevo, pode promover a aprendizagem na ação mediada por esse recurso?

Neste paradigma, os recursos são feitos para serem esteticamente agradáveis e funcionalmente eficazes para todos os alunos, permitindo experiências visuo-táteis que são tanto educativas quanto envolventes. Este paradigma enfatiza a/o:

- durabilidade e permanência: os recursos são projetados para serem duráveis e permanentes, garantindo que possam ser utilizados repetidamente e por diversos alunos ao longo do tempo.
- inclusão ativa: ao invés de adaptar para a deficiência, os recursos são criados para a diversidade, assegurando que todos os estudantes possam aprender juntos de maneira igualitária.
- validação pedagógica: cada recurso passa por uma rigorosa validação pedagógica, garantindo que eles efetivamente contribuem para o processo educativo.
- empoderamento do estudante: os recursos são desenvolvidos para reforçar a autoestima dos alunos com deficiência, proporcionan-

do-lhes ferramentas que afirmam sua capacidade de participar plenamente nas atividades de aprendizagem.

A institucionalização da produção de recursos didáticos inclusivos adota uma abordagem sistemática e fundamentada. Neste paradigma, a responsabilidade pela criação de recursos acessíveis e inclusivos é compartilhada por toda a instituição educacional e deve envolver:

- suporte multidisciplinar: professores devem receber apoio de especialistas em Educação Especial, designers instrucionais e, idealmente, pessoas com deficiência para desenvolver recursos adequados.
- utilização de materiais de alta qualidade: materiais duráveis e adequados garantem a longevidade, segurança e estética dos recursos.
- conhecimento especializado: formação continuada em áreas como o sistema braille e a grafia química braille prepara os professores para atender estudantes cegos e criar novos recursos.
- produção padronizada e consistente: o desenvolvimento de recursos deve seguir padrões institucionais e orientações técnicas na promoção da acessibilidade e inclusão.

Esta abordagem não só eleva a qualidade dos recursos didáticos, mas também cultiva uma cultura de inclusão, tratando a acessibilidade como um padrão fundamental e não como um acréscimo posterior. A adoção desse paradigma reafirma que a educação inclusiva é um direito de todos os estudantes e uma responsabilidade da instituição, assegurando participação equitativa e eficaz no processo educativo.

A institucionalização também implica um compromisso duradouro da instituição com

a formação de professores, colaboração entre departamentos e investimento em tecnologias para a produção de recursos de alta qualidade. Isso transforma os recursos didáticos em componentes sustentáveis e integrados do ambiente educacional.

Ao adotar este paradigma, a escola, pode afastar-se das limitações do modelo tradicional da adaptação e do improviso e mover-se em direção a uma abordagem mais holística e integrada que valoriza o trabalho criativo, bem como a diversidade e a inclusão como uma responsabilidade institucional, e não como um favor ou um ato de caridade.

4. O CARÁTER EXTENSIONISTA DO PROJETO INCLUIR-CIÊNCIA

No ano de 2023, o projeto em questão foi indicado pelo Cefet-MG ao Programa de Extensão Universitária da Pós-Graduação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), conhecido como PROEXT-PG, regulamentado pela Portaria Conjunta CAPES/SESu nº 1, de 8 de novembro de 2023. Esse programa tem como objetivo geral contribuir para o fortalecimento das atividades de extensão no âmbito da pós-graduação, por meio de atividades integradas de ensino, pesquisa e extensão realizadas em diálogo com diversos setores da sociedade, com vistas a subsidiar os gestores públicos na elaboração das políticas públicas que sejam socialmente relevantes, interdisciplinares e que contribuam para o desenvolvimento sustentável, a cidadania, a justiça, o fortalecimento da democracia, a participação social, a qualidade de vida e a redução de assimetrias no Sistema Nacional de Pós-Graduação (SNPG)².

Até o momento, as atividades do projeto têm

se concentrado principalmente em iniciativas de extensão que promovem a inclusão de pessoas com deficiência visual. Este foco foi particularmente viabilizado pelo uso efetivo do Sistema Braille, que permite a criação de recursos didáticos tangíveis, acessíveis e inclusivos. No entanto, a inclusão de pessoas surdas está atualmente delineada como um horizonte estratégico para futuras expansões do projeto. Essa evolução representa um compromisso do projeto em abraçar uma abordagem verdadeiramente abrangente na inclusão educacional, ampliando suas atividades para abordar as necessidades de um espectro mais amplo de diversidades sensoriais. Este planejamento alinha-se com os objetivos de longo prazo do programa de pós-graduação e das políticas de extensão da nossa instituição, garantindo que o impacto do projeto continue a crescer e a moldar um ambiente educacional inclusivo e acessível para todos.

5. RECURSOS DIDÁTICOS ACESSÍVEIS E INCLUSIVOS

No contexto da Educação Especial, é comum encontrarmos termos como “recursos acessíveis” e “recursos inclusivos”, que, embora possam parecer a mesma coisa, representam abordagens diferentes no *design* de materiais de ensino. Recursos didáticos acessíveis referem-se a materiais e ferramentas que são concebidos ou modificados para acomodar as necessidades dos alunos com deficiência (Solone *et al.*, 2020). Esses recursos podem incluir formatos alternativos de texto ou materiais audiovisuais, vídeos legendados, materiais impressos ampliados, plataformas digitais acessíveis e tecnologia assistiva (Chambers, 2020).

Por outro lado, os recursos didáticos inclusivos vão além da acessibilidade e visam satisfa-

² O projeto está disponível na íntegra em: <https://www.ppget.pesquisa.cefetmg.br/projetos-da-linha-iv-praticas-educativas-e-tecnologias-educacionais/projeto-incluir-ciencia/>. Acesso em 8 de julho de 2024.

zer as diversas necessidades de aprendizagem de todos os alunos, independentemente das suas capacidades ou origens. Esses recursos levam em consideração fatores como diversidade cultural, proficiência linguística, contexto socioeconômico e estilos de aprendizagem individuais. Os recursos de ensino inclusivos concentram-se na criação de um ambiente de aprendizagem onde todos os alunos se sintam valorizados, incluídos e apoiados durante o processo educativo. Eles promovem a colaboração, o envolvimento ativo e estratégias diferenciadas para atender às necessidades de cada aluno (Inclusive Schools Networking, 2015). Os recursos de ensino inclusivos podem incluir estratégias de ensino flexíveis, tarefas e avaliações diferenciadas, e sobretudo materiais e perspectivas culturalmente relevantes, atividades de aprendizagem cooperativa e oportunidades para a escolha e autorreflexão dos alunos. Eles também enfatizam a importância de criar um sentimento de pertencimento e comunidade dentro da sala de aula, fomentando relacionamentos positivos e promovendo a aprendizagem socioemocional (Mayya; Sa'ud, 2019).

O Projeto Incluir-Ciência adota uma filosofia que vai além da simples acessibilidade, buscando a inclusão plena por meio da criação de recursos didáticos inclusivos. A ideia central é que a educação de qualidade só pode ser alcançada quando todos os estudantes, independentemente de suas capacidades físicas, sensoriais ou cognitivas, têm a oportunidade de participar ativamente e em igualdade de condições. Esse princípio é colocado em prática na criação de recursos didáticos por meio de tecnologias de prototipagem digital, como a impressão 3D e o corte e gravação a *laser* via controle numérico computadorizado, típicos da cultura *maker*. Além de permitirem a produção de objetos visualmente atraentes e táteis, essas tecnologias possibilitam a incorporação de diferentes recursos de acessi-

bilidade tátil, como as variações de formato, textura, contorno, relevo e, principalmente, a grafia braille em todas as suas especificidades, como as regras da grafia química para inscrições de fórmulas e equações.

Como parte do processo criativo de produção dos recursos didáticos inclusivos, cada objeto é avaliado quanto sua acessibilidade e suas potencialidades pedagógicas na promoção da interação e o engajamento entre todos os alunos. Essa estratégia não apenas atende às normas de inclusão, mas redefine a experiência educacional como um espaço onde a diversidade não é apenas aceita, mas valorizada em sala de aula. A longo prazo, espera-se que esses recursos didáticos inclusivos promovam uma mudança cultural nas práticas de ensino, de modo que esse adjetivo da inclusão se torne um pleonasma quando nos referirmos aos recursos didáticos.

6. RELATO DE EXPERIÊNCIAS EXTENSIONISTAS

6.1. Minicursos e oficinas

No âmbito do projeto em questão, diversas atividades foram implementadas com foco na capacitação de professores e no desenvolvimento de recursos didáticos inclusivos. Entre estas, destacam-se minicursos e oficinas voltadas principalmente para professores de Ciências, como Química, Biologia e Física, mas que também atraíram docentes de outras disciplinas da Educação Básica, como Geografia e Matemática, demonstrando a abrangência do projeto e a ampla aplicabilidade dos recursos desenvolvidos. Essas atividades focaram em temas como a Grafia Química Braille, a produção de recursos didáticos inclusivos, e as tecnologias de prototipagem digital para impressão 3D e corte a *laser*.

Os minicursos e oficinas foram desenhados para proporcionar aos professores um conhe-

cimento das possibilidades oferecidas pelas tecnologias de prototipagem digital, disponíveis no ambiente *maker* da instituição. Esses encontros são fundamentais para encorajar os educadores a integrarem novas ferramentas e métodos em suas práticas diárias, permitindo-lhes desenvolver e aplicar recursos didáticos que não apenas atendam às necessidades dos alunos com deficiência, mas que também enriqueçam o processo de aprendizagem para todos os estudantes.

Ao longo do ano de 2023, por exemplo, foram ofertados dois minicursos sobre a Grafia Química Braille e sua incorporação em recursos didáticos, com a participação de aproximadamente 30 professores de Ciências, de Belo Horizonte. Também foram ofertadas duas oficinas sobre uso de tecnologias de corte e gravação a *laser* via controle numérico computadorizado e impressão tridimensional a um grupo de 16 docentes de diferentes áreas de conhecimento da Educação Básica. Essas experiências extensionistas têm gerado resultados satisfatórios referentes à experimentação e à inovação no desenvolvimento

de materiais didáticos que sejam visualmente atraentes e funcionalmente adaptados às variadas necessidades dos estudantes em uma sala de aula inclusiva.

6.2. Produção de recursos didáticos inclusivos

Uma quantidade significativa de recursos didáticos foi produzida graças às tecnologias de prototipagem disponíveis. Além de estabelecer um banco de recursos didáticos na instituição, muitos desses materiais foram criados a partir de solicitações de professores externos que participaram das oficinas e minicursos.

Um exemplo das iniciativas desenvolvidas é a “Caixa de Triângulos” (Figura 1), um recurso didático acessível e inclusivo solicitado por um professor de Matemática do Instituto São Rafael, uma instituição educacional dedicada ao atendimento de estudantes cegos, localizada na cidade de Belo Horizonte. Esta caixa foi desenvolvida para mediar a aprendizagem de conceitos geométricos por estudantes com deficiência visual dos anos finais do Ensino Fundamental.

Figura 1. Recurso didático intitulado Caixa de Triângulos, produzido via corte e gravação a *laser*



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Esse recurso consiste em uma coleção de modelos de triângulos em várias formas. Cada triângulo na caixa possui marcações em baixo relevo que detalham os ângulos e os lados, permitindo que os estudantes cegos não apenas toquem e sintam as diferenças entre cada tipo, mas também identifiquem, reconheçam e classifiquem cada forma geométrica de maneira autônoma.

Esta caixa de triângulos foi criada usando tecnologias de corte e gravação a *laser* em chapas de MDF, uma escolha material que garante durabilidade e segurança no manuseio pelos estudantes. As marcações em baixo relevo foram especialmente projetadas para serem facilmente discerníveis ao toque, o que é essencial para estudantes que dependem do tato para o reconhecimento das peças geométricas contidas no recurso.

6.2.1. Apresentação de outros Recursos Didáticos produzidos

Esta seção apresenta mais três recursos didáticos desenvolvidos pelo projeto. Dois deles, o Quebra-Cabeça Iônico e a prancha grafotátil sobre fracionamento de petróleo, foram fabricados usando corte e gravação a laser em MDF, um material escolhido pela sua durabilidade. O terceiro, o Bricks Braille Químico (BBQ), foi criado com impressão 3D, visando especificamente a acessibilidade para estudantes cegos.

Conforme nosso referencial teórico, os recursos do Quebra-Cabeça Iônico e da prancha grafotátil são considerados inclusivos, pois foram desenhados para serem usados por todos os alunos, incorporando elementos táteis e visuais que melhoram a experiência de aprendizado de estudantes com e sem deficiências visuais. O BBQ, por outro lado, é um recurso acessível destinado a facilitar o acesso autônomo dos estudantes cegos às representações químicas em braille.

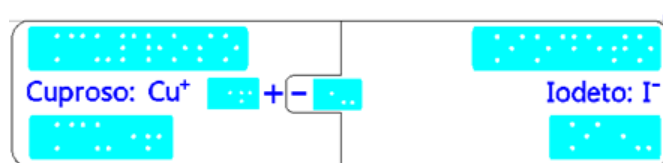
6.2.1.1. Quebra-Cabeça Iônico

O recurso foi desenvolvido para facilitar o ensino de conceitos químicos sobre substâncias iônicas, focando na compreensão das fórmulas iônicas, o princípio da neutralidade elétrica e a inclusão de braille para representar cargas elétricas, tornando-o acessível a estudantes com deficiência visual. Para sua fabricação, foram usadas chapas de MDF e acrílico de 3 mm, escolhidas pela durabilidade e capacidade de suportar gravações em braille precisas. A prototipagem digital, realizada com o *software* Autolaser® (versão 3.1.3), integrou representações de cátions e ânions de diferentes valências, garantindo clareza nas inscrições tanto em braille quanto na grafia comum para leitura tátil e visual.

Esse recurso didático já foi produzido e distribuído tanto para professores participantes das oficinas que temos ministrado no escopo deste projeto de extensão quanto para professores de Química da nossa própria instituição. Recentemente, realizamos um estudo com observação do uso e aplicação desse recurso em sala de aula, cujos resultados serão apresentados e publicados nos anais do Encontro Nacional de Ensino de Química.

As Figuras 2 e 3 ilustram protótipos digitais e peças reais de cátions e ânions usados para formar substâncias iônicas, como o iodeto cuproso (CuI), destacando a funcionalidade educativa do recurso.

Figura 2. Desenho digital de peças de um cátion e um ânion monovalentes do recurso didático



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

Como parte desta ação de extensão, os arquivos digitais dessa e de outras peças do Quebra-Cabeça Iônico foram disponibilizadas na

página eletrônica do projeto, para download e reprodução por instituições que tiverem máquinas de corte e gravação a *laser* via CNC.

Figura 3. Peças do Quebra-Cabeça Iônico em MDF



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

O design do Quebra-cabeça iônico priorizou inscrições em braille para tornar acessíveis os nomes e símbolos de íons, juntamente com suas cargas elétricas. Todas as informações presentes na grafia comum também foram transcritas em braille, reforçando a acessibilidade do recurso.

O desenvolvimento desse recurso foi norteador por perguntas essenciais sobre a experiência tátil desejada e a integração da Grafia Química Braille. A seleção de materiais e o design das peças visaram fornecer uma experiência tátil semelhante ao manuseio de um quebra-cabeça comum, permitindo que os estudantes entendam intuitivamente como as cargas elétricas dos cátions e ânions se neutralizam. A ergonomia dos encaixes, a textura e a profundidade dos relevos em braille foram projetados para serem manipulados com facilidade por todos os usuários.

Respondendo à segunda pergunta, o dimen-

sionamento das inscrições em braille foi planejado para acomodar elementos como o símbolo do elemento químico, o sinal de carga elétrica, e outros indicativos numéricos, garantindo clareza na apresentação das informações. O *layout* foi especialmente configurado para facilitar tanto a leitura tátil quanto visual, proporcionando uma interação efetiva e educativa com o recurso.

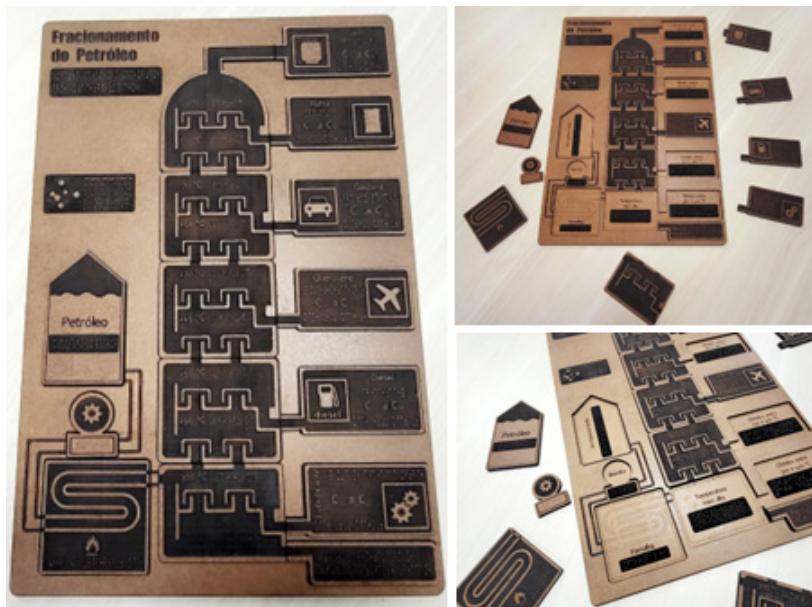
6.2.1.2. Prancha grafotátil da Torre de Fracionamento de Petróleo

As pranchas grafotáteis do projeto são feitas de MDF e possuem peças manipuláveis, com inscrições em grafia comum e braille gravadas a *laser*. A prancha em destaque ilustra uma torre de fracionamento de petróleo usada na destilação fracionada, um processo físico que separa várias frações do petróleo. Esta representação inclui um tanque de armazenamento, uma bomba mecânica, uma fornalha, e uma torre com cinco bandejas

contendo obstáculos para a passagem do petróleo vaporizado. As sete frações separadas são gases, nafta, gasolina, querosene, óleo

diesel, óleo lubrificante e resíduo asfáltico, todas ilustradas de forma esquemática. A Figura 4 mostra fotografias da prancha.

Figura 4. Fotografias da prancha grafotátil sobre o Fracionamento de Petróleo



Fonte: Arquivo pessoal (2022).

A prancha grafotátil sobre fracionamento de petróleo, com dimensões de 60 cm x 40 cm e espessura de 9 mm, é composta por três camadas de MDF cru. A primeira camada (3 mm) inclui inscrições de fundo dos componentes da torre em braille e grafia comum, indicando os pontos de encaixe. A segunda camada (3 mm) contém silhuetas das peças e inscrições adicionais sobre o tema. A terceira camada (6 mm) tem 15 peças manipuláveis, representando elementos da torre e frações separadas, com texturas e contornos que facilitam o reconhecimento tátil e visual, montadas sobre as inscrições da primeira camada. Ferry (2024) descreve detalhadamente a metodologia empregada na confecção de outra prancha grafotátil com peças manipuláveis de sobreposição e encaixe – a mesma metodologia desenvolvida na produção da prancha em tela.

6.2.1.3. Bricks Braille Químico (BBQ)

Esse recurso didático, desenvolvido durante uma pesquisa de mestrado em Educação Tecnológica (Farias, 2023), foi criado para ensinar Química e a Grafia Química Braille para estudantes cegos. Ele utiliza impressão tridimensional, uma técnica de prototipagem digital, para criar mais de 300 peças modulares, semelhantes aos blocos de encaixe LEGO®, facilitando a montagem de fórmulas e equações químicas por estudantes com deficiência visual. Primariamente o recurso foi desenvolvido para estudantes cegos brailleiros. Mas já vimos que esse recurso também possibilita o trabalho com estudantes com baixa visão que tem noções do Sistema Braille.

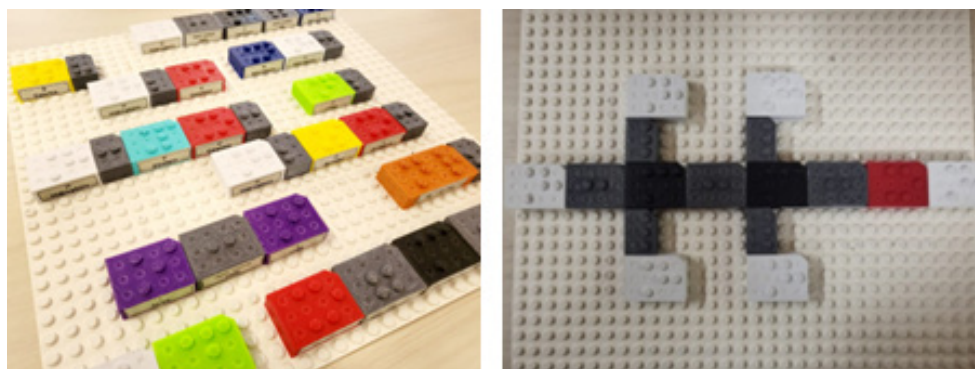
As especificações de *design* das peças, incluindo marcadores das células e pontos em braille,

seguiram a norma NBR 9050 da ABNT (2015), que define arranjos geométricos e dimensões para pontos braille, garantindo a acessibilidade e usabilidade do recurso. As peças, modeladas no *software* FreeCad, foram projetadas para serem táteis e visualmente distintas, possibilitando a montagem de diversos tipos de

fórmulas e equações químicas.

Imagens do recurso (Figura 5) ilustram tanto peças individuais quanto montagens complexas como a fórmula do etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) em braille, demonstrando a funcionalidade e a precisão do recurso.

Figura 5. Peças do BBQ e uma fórmula química em braille montada



Fonte: Arquivo pessoal (2023).

Após a fase inicial de desenvolvimento, o BBQ passou por uma série de testes para verificar sua funcionalidade e eficácia, recebendo *feedback* positivo tanto de estudantes quanto de educadores, incluindo aqueles com deficiência visual. Essa validação envolveu a apresentação desse recurso a cerca de 10 estudantes cegos tanto do Ensino Fundamental quanto do Ensino Médio, em diferentes instituições, além de cinco revisores técnicos brailistas do Instituto Benjamin Constant. Os dados foram coletados por meio de gravação audiovisual para registrar as formas de interação das pessoas envolvidas com o recurso didático apresentado a elas e suas impressões durante as entrevistas realizadas. Os testes confirmaram a qualidade do acabamento das peças e sua estabilidade na base, facilitando a montagem e manipulação de fórmulas e equações de maneira repetida sem perda de funcionalidade.

Durante avaliações táteis, professores, incluindo um com deficiência visual, validaram o recurso; o professor cego identificou corretamente todos os símbolos químicos em braille, destacando a precisão do recurso em transmitir informações complexas de forma acessível. Avaliações adicionais sobre a portabilidade revelaram que o BBQ, embora composto por muitas peças, é compacto e leve, adequado para uso em diferentes ambientes de sala de aula. A inclusão de cores nas peças também foi apreciada, pois facilita a rápida identificação por usuários videntes, normalmente os professores. Ferry e Farias (2024) descrevem detalhadamente essa metodologia e os principais registros feitos que evidenciam a eficácia do recurso em questão.

A análise dos recursos didáticos desenvolvidos no Projeto Incluir-Ciência revela como a Teoria da Ação Mediada (TAM) pode ser adotada

como um referencial pertinente tanto para o processo de criação quanto para o uso de recursos didáticos inclusivos. Essa base teórica nos permite destacar a importância das ferramentas culturais na mediação do conhecimento e na transformação das interações pedagógicas. Nesse contexto, esses recursos, moldados pelo contexto social e institucional específicos, em sua relação indissociável com os agentes da ação pedagógica, atuam como ferramentas que não apenas facilitam a compreensão de conceitos científicos complexos, mas também podem transformar a dinâmica da sala de aula, promovendo uma maior inclusão.

Os recursos didáticos aqui descritos, ao serem utilizados por estudantes cegos, evidenciam a multiplicidade de objetivos apontada por Wertsch (1998). Esses materiais não apenas auxiliam na compreensão de processos específicos, como a destilação fracionada, mas também contribuem para a construção de um ambiente educacional inclusivo, onde todos os alunos podem participar ativamente. A partir das considerações de Pereira e Ostermann (2012) consideramos que recursos didáticos bem elaborados podem capacitar os estudantes, dando-lhes autonomia para explorar e construir seu próprio conhecimento. Isso pode ajudar a nivelar as relações de poder na sala de aula, permitindo que os alunos assumam um papel mais ativo em seu processo de aprendizagem.

Além disso, a interação dos estudantes com os recursos do Projeto Incluir-Ciência ilustra a interdependência entre as capacidades dos indivíduos e as funcionalidades dos recursos, conforme argumentado por Oliveira e Mortimer (2020). A precisão dos símbolos em braille e a maneira como informações complexas podem ser compartilhadas por meio dos recursos destacam a importância do domínio e da apropriação dessas ferramentas tanto por professores quanto por estudantes. As avalia-

ções positivas dos usuários, incluindo *feedbacks* de educadores cegos, confirmam que os recursos são não apenas acessíveis, mas também capazes de mediar eficazmente o ensino de conteúdos científicos, validando a aplicabilidade da TAM na educação inclusiva.

CONCLUSÃO

Este artigo explorou as contribuições do Projeto Incluir-Ciência para a inclusão de pessoas com deficiência visual na educação em Ciências e Tecnologia. Utilizando tecnologias de prototipagem digital em um ambiente *maker*, o projeto tem desenvolvido recursos didáticos que integram funcionalidade e valor pedagógico para inclusão de estudantes com e sem deficiências visuais. O impacto dessa ação extensionista vai além da produção de materiais didáticos, refletindo a integração de extensão, ensino e pesquisa, essencial para apoiar práticas educativas inclusivas e um ambiente de aprendizagem que permita a participação de todos os estudantes.

Recursos como os aqui reportados exemplificam a tônica dos processos criativos de produção de recursos didáticos acessíveis e/ou inclusivos. Eles podem ser vistos como exemplos de ferramentas úteis para a mediação de processos educativos ocorridos nas interações entre professores e estudantes em atividades de Ciências e Tecnologias.

O futuro do projeto inclui a expansão das ações de extensão, com foco na formação continuada de professores e no aprimoramento das práticas educativas inclusivas. Explorar-se-á novas tecnologias e metodologias para enriquecer os recursos didáticos e estender o alcance a outras deficiências e disciplinas. A experiência adquirida serve ainda como base para futuras discussões sobre políticas educacionais inclusivas e adaptação das práticas institucionais.

Recomenda-se que pesquisas futuras documentem o impacto desses recursos no engajamento dos alunos, buscando refinamentos contínuos em práticas de ensino para um público diversificado. A dedicação à excelência

em educação inclusiva é um processo contínuo, refletindo o compromisso do Projeto Incluir-Ciência com a acessibilidade e a qualidade educacional.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (Fapemig), pelo fomento dado ao Projeto.

Ao Laboratório CEFETMaker, pelo apoio e condições de equipamentos e infraestrutura.

Ao Grupo de Estudos em Modelos, Metáforas e Analogias na Tecnologia, na Educação e na Ciência (GEMATEC) do Departamento de Educação do CEFET-MG e aos mestrandos e doutorandos do Programa de Pós-graduação em Educação Tecnológica, que participam do Projeto Incluir-Ciência.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050:2015**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 27833, 23 dez. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Especial. **Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva**. Brasília, DF: MEC/SEESP, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009**. Promulga a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 26 ago. 2009.

BRASIL. **Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 2, 7 jul. 2015.

CARVALHO, Ana Beatriz Gomes; BLEY, Dagmar Pocrifka. Cultura Maker e o uso das tecnologias digitais na educação: construindo pontes entre as teorias e práticas no Brasil e na Alemanha. **Revista Tecnologias na**

Educação, [S. l.], v. 26, 2018.

CHAMBERS, Dianne. Assistive Technology Supporting Inclusive Education: Existing and Emerging Trends. In: CHAMBERS, Dianne. (Org.) **Assistive Technology to Support Inclusive Education**. International Perspectives on Inclusive Education. Leeds: Emerald Publishing Limited, 2020, pp. 1-16. DOI: <https://doi.org/10.1108/S1479-363620200000014001>. Acesso em 3 de março de 2024.

FARIAS, Vivian Caroline. **Bricks Braille Químico**: implicações pedagógicas para o ensino de Química a estudantes com deficiência visual. 2023. 193 p. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

FERRY, Alexandre da Silva. Cultura maker & educação inclusiva: produção e validação de uma prancha grafotátil sobre destilação simples para o ensino de química a estudantes cegos. **Cadernos de Estágio**, v. 5, n. 4, 2024. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/cadernosestagio/article/view/35687>. Acesso em 30 de abril de 2024.

FERRY, Alexandre da Silva; FARIAS, Vivian Caroline. Confecção de um recurso didático para o ensino da grafia química braille a estudantes com deficiência

visual. **Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica**, v. 1, n. 24, p. e14897, 2024. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/14897>. Acesso em 30 de abril de 2024.

INCLUSIVE SCHOOLS NETWORK. **Together We Learn Better: Inclusive Schools Benefit All Children**. 10 jun. 2015. Disponível em: <https://inclusiveschools.org/resource/together-we-learn-better-inclusive-schools-benefit-all-children/#>. Acesso em: 22 abr. 2024.

MAYURAMA, Úrsula (Org.). **O “Aprender Fazendo” da Rede Federal de Educação Profissional Científica e Tecnológica**: manual maker. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2022.

MAYYA, Mayya; SA’UD, Udin S. Key Factors on Implementing Inclusion Policy in Schools. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RESEARCH OF EDUCATIONAL ADMINISTRATION AND MANAGEMENT (ICREAM 2018), 2., 2018. **Anais [...]**, Advances in Social Science, Education and Humanities Research (ASSEHR), v. 258, 2019, p. 114-119. DOI: 10.2991/icream-18.2019.25. Acesso em 9 de julho de 2024.

OLIVEIRA, Leandro; MORTIMER, Eduardo Fleury. Os percursos de transformação da ação mediada por recursos educacionais: o ponto de vista de uma professora de química orgânica de ensino superior. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, e19940, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172020210134>. Acesso em 20 de abril de 2024.

PENA, Andreia Lelis; NASCIMENTO, Rosalina Maria de Lima Leite; MÓL, Gerson de Souza. A perspectiva histórico-cultural de Vygotsky e a inclusão escolar. In: MÓL, Gerson de Souza. (Org.). **O Ensino de Ciências na Escola Inclusiva**. Campos dos Goytacazes, RJ: Brasil Multicultural, 2019, p. 59-72

PEREIRA, Alexsandro Pereira de; OSTERMANN, Fernanda. A aproximação sociocultural à mente, de James V. Wertsch, e implicações para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 18, n. 1, p. 23-39, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132012000100002>. Acesso em 1º de abril de 2024.

SCOTT, Bárbara; VITALE, Michael; MASTEN, William. Implementing Instructional Adaptations for Students with Disabilities in Inclusive Classrooms: A

Literature Review. **Remedial and Special Education**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 106-119, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1177/074193259801900205>. Acesso em 15 de abril de 2024.

SOLONE, Caitlin J. et al.. Creating Collaborative Schools in the United States: A Review of Best Practices. **International Electronic Journal of Elementary Education**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 283-292, jan. 2020.

WERTSCH, James V. A sociocultural approach to socially shared cognition. In: RESNICK, Lauren B.; LEVINE, John M.; TEASLEY, Stephanie D. (Orgs.). **Perspectives on socially shared cognition**. Washington: American Psychological Association, 1991, p. 85-100.

WERTSCH, James V. **Mind as action**. New York: Oxford University Press, 1998.

Recebido em: 25.04.2024

Revisado em: 10.06.2024

Aprovado em: 03.07.2024