

LABORATÓRIOS DE QUÍMICA INCLUSIVOS: UM PARADIGMA EMERGENTE DE PLANEJAMENTO E SEGURANÇA PARA A EFETIVA PARTICIPAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO DA EDUCAÇÃO ESPECIAL (PAEE)

INCLUSIVE CHEMISTRY LABORATORIES: AN EMERGING PARADIGM OF PLANNING AND SAFETY FOR THE EFFECTIVE PARTICIPATION OF STUDENTS IN SPECIAL EDUCATION (TAES)

LABORATORIOS DE QUÍMICA INCLUSIVOS: UN PARADIGMA EMERGENTE DE PLANIFICACIÓN Y SEGURIDAD PARA LA PARTICIPACIÓN EFECTIVA DEL PÚBLICO OBJETIVO DE EDUCACIÓN ESPECIAL (PAEE)

 <https://doi.org/10.56238/arev7n9-242>

Data de submissão: 25/08/2025

Data de publicação: 25/09/2025

Rafael Soares Silva

Doutor em Ensino de Ciências

Instituição: Universidade Estadual do Ceará

E-mail: rafa.soares@uece.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9994-6653>

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0828666762650747>

RESUMO

Os laboratórios de química representam ambientes desafiadores para a inclusão do Público-Alvo da Educação Especial (PAEE). Este ensaio teórico investiga estratégias para transformar esses espaços em ambientes verdadeiramente inclusivos, garantindo acessibilidade, segurança e qualidade pedagógica nas atividades experimentais. A partir de uma fundamentação baseada na legislação educacional inclusiva brasileira e nos princípios do Desenho Universal, o artigo desenvolve diretrizes práticas organizadas em três eixos principais: acessibilidade física e arquitetônica, com adaptações em bancadas, sinalização e EPIs; acessibilidade comunicacional e pedagógica, articulando o PEI com tecnologias assistivas e planejamento de experimentos; e protocolos de segurança inclusivos, reformulando procedimentos de emergência e capacitação. Conclui-se que a transformação do laboratório em espaço inclusivo exige mudanças paradigmáticas no planejamento físico, pedagógico e cultural, transcendendo adaptações pontuais para se tornar um ambiente de experimentação seguro e significativo para todos os estudantes.

Palavras-chave: Educação Inclusiva. Ensino de Química. Laboratório Didático. Acessibilidade.

ABSTRACT

Chemistry laboratories present challenging environments for the inclusion of the Target Audience of Special Education (TAES). This theoretical essay examines strategies for transforming these spaces into truly inclusive environments, ensuring accessibility, safety, and pedagogical quality in experimental activities. Based on Brazilian inclusive educational legislation and the principles of Universal Design, the article develops practical guidelines organized into three main axes: physical and architectural accessibility, with adaptations in benches, signage, and PPE; communicational and pedagogical accessibility, articulating the IEP with assistive technologies and experiment planning; and inclusive safety protocols, reformulating emergency procedures and training. It is concluded that transforming the laboratory into an inclusive space necessitates paradigmatic changes in physical,

pedagogical, and cultural planning, thereby transcending punctual adaptations to create an environment that fosters safe and meaningful experimentation for all students.

Keywords: Inclusive Education. Chemistry Teaching. Didactic Laboratory. Accessibility.

RESUMEN

Los laboratorios de química representan entornos desafiantes para la inclusión del Público Objetivo de Educación Especial (PEEE). Este ensayo teórico investiga estrategias para transformar estos espacios en entornos verdaderamente inclusivos, garantizando la accesibilidad, la seguridad y la calidad pedagógica en las actividades experimentales. Con fundamento en la legislación brasileña de educación inclusiva y los principios del Diseño Universal, el artículo desarrolla directrices prácticas organizadas en torno a tres ejes principales: accesibilidad física y arquitectónica, con adaptaciones en bancos, señalización y EPI; accesibilidad comunicacional y pedagógica, articulando el PEI con tecnologías de asistencia y planificación experimental; y protocolos de seguridad inclusivos, reformulando los procedimientos y la capacitación en emergencias. Concluye que transformar el laboratorio en un espacio inclusivo requiere cambios paradigmáticos en la planificación física, pedagógica y cultural, trascendiendo las adaptaciones específicas para convertirse en un entorno experimental seguro y significativo para todo el alumnado.

Palabras clave: Educación Inclusiva. Enseñanza de la Química. Laboratorio Didáctico. Accesibilidad.

1 INTRODUÇÃO

A educação contemporânea é pautada pelo imperativo ético e legal da inclusão, um movimento global consolidado no Brasil pela Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) e por políticas públicas que defendem o acesso, a participação e a aprendizagem de todos os estudantes na escola regular. Neste cenário, o ensino de Ciências, e em particular da Química, confronta-se com um paradoxo significativo: enquanto o laboratório didático é reconhecido como um espaço fundamental para a construção do conhecimento científico por meio da investigação e da experimentação, suas características intrínsecas o tornam um ambiente potencialmente excludente para o PÚBLICO-ALVO da Educação Especial (PAEE).

A complexidade inerente a esse espaço - que combina a necessidade de protocolos rígidos de segurança, a demanda por coordenação motora fina para a manipulação de instrumentos, a dependência de uma aguçada percepção visual e auditiva para a observação de fenômenos e o constante processamento de informações multimodais - ergue barreiras que podem impedir a participação efetiva de discentes com deficiências físicas, sensoriais, intelectuais ou transtornos globais do desenvolvimento, perpetuando uma visão da ciência como uma atividade restrita a um grupo seletivo.

A problematização central deste artigo, portanto, reside na evidente contradição entre a missão inclusiva da escola e a realidade de muitos laboratórios de Química, que permanecem planejados para um aluno padrão, negligenciando a vasta diversidade humana. Essa inadequação manifesta-se em bancadas fixas e intransponíveis para cadeirantes, na carência de sinalização tátil para estudantes cegos, na ausência de recursos visuais para surdos, na inexistência de protocolos de segurança que considerem diferentes capacidades de resposta e em uma abordagem pedagógica que frequentemente ignora a necessidade de flexibilização e de múltiplos meios de representação e expressão. O resultado é a marginalização do PAEE durante as atividades práticas, privando-o de uma experiência educacional integral e reforçando sentimentos de incapacidade e exclusão, ao mesmo tempo em que priva o coletivo escolar da riqueza de perspectivas e da oportunidade de aprender com a diferença.

Diante desse cenário desafiador, a questão de pesquisa que orienta este ensaio teórico é: Como planejar e adaptar laboratórios de Química para garantir acessibilidade, segurança e participação ativa do PAEE em atividades experimentais? Para respondê-la, este trabalho estabelece como objetivo geral investigar estratégias integradas para a transformação desses espaços em ambientes genuinamente inclusivos. Objetiva-se, especificamente, mapear as barreiras arquitetônicas, comunicacionais e pedagógicas mais comuns; discutir adaptações de infraestrutura baseadas nos princípios do Desenho Universal; propor a reformulação de protocolos de segurança e treinamento para que sejam acessíveis

a todos; e sugerir diretrizes para o planejamento de práticas experimentais que promovam a autonomia e a aprendizagem significativa do PAEE.

A justificativa para esta investigação assenta-se em três pilares fundamentais: o legal, o pedagógico e o social. Do ponto de vista legal, é uma resposta à obrigatoriedade do cumprimento da legislação inclusiva, transcendendo a mera matrícula para garantir a plena participação. Pedagogicamente, o artigo busca preencher uma lacuna na literatura da área de Ensino de Química, que tradicionalmente se dedica mais à discussão metodológica das atividades experimentais para um público homogêneo do que à sua acessibilidade. Socialmente, defende-se que a Química, enquanto campo do saber humano, deve ser apropriada por todos, e o laboratório inclusivo torna-se um microcosmo onde se pratica o respeito à diversidade, preparando cidadãos mais conscientes e empáticos.

Metodologicamente, este trabalho caracteriza-se como um ensaio teórico, um procedimento de pesquisa que prioriza a reflexão crítica, a análise e a síntese de conceitos e teorias já estabelecidos, com o intuito de propor novas perspectivas e frameworks para um problema complexo. A construção do argumento será sustentada por uma revisão narrativa da literatura especializada, abarcando marcos legais, obras de referência sobre educação inclusiva e desenho universal, artigos científicos, teses e dissertações recentes que tratam do ensino de ciências para o PAEE. A análise crítica dessa produção intelectual permitirá articular um conjunto coerente de diretrizes e proposições para a criação de laboratórios de química inclusivos.

2 INCLUSÃO, ACESSIBILIDADE E O ENSINO DE QUÍMICA

A construção de laboratórios de química verdadeiramente inclusivos demanda uma fundamentação teórica sólida que articule os princípios da educação inclusiva com as especificidades do ensino experimental. Este capítulo estabelece as bases conceituais que orientam a proposta, explorando a transição do acesso à participação efetiva, o Desenho Universal como framework orientador e o Plano Educacional Individualizado como instrumento central de planejamento. A compreensão desses pilares é essencial para superar a mera adequação física e avançar em direção a uma transformação pedagógica e cultural nos espaços de experimentação química, onde a diversidade seja compreendida como elemento enriquecedor do processo educativo.

2.1 DO ACESSO À PARTICIPAÇÃO: A INCLUSÃO PARA ALÉM DA MATRÍCULA

A inclusão escolar no Brasil, amparada pela Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015), representa muito mais do que a garantia de matrícula no ensino regular. O acesso à escola é apenas o

primeiro passo em um processo complexo que exige a transformação dos sistemas de ensino para eliminar barreiras que impedem a plena participação e aprendizagem de todos os estudantes. A legislação avança ao definir acessibilidade como a possibilidade de utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários e equipamentos, o que implica profundas modificações na estrutura física e pedagógica das instituições de ensino.

A perspectiva inclusiva desloca o foco da "deficiência" do estudante para as "barreiras" impostas pelo ambiente educacional, que podem ser atitudinais, pedagógicas, comunicacionais ou arquitetônicas. Como afirmam Vieira e Denari (2020, p. 15), "a inclusão só se efetiva quando a escola se reorganiza para acolher a diversidade, reconhecendo que cada aluno traz consigo singularidades que devem ser consideradas no processo educativo". Essa reorganização implica romper com o modelo homogeneizador que ainda predomina em muitos contextos escolares, especialmente em espaços especializados como laboratórios de ciências.

No ensino de química, essa transformação adquire contornos específicos, pois as atividades experimentais tradicionalmente pressupõem capacidades sensoriais, motoras e cognitivas padronizadas.

Melo e Silva (2019) alertam que a não superação dessas barreiras resulta na exclusão velada do PAEE durante as práticas laboratoriais, limitando sua experiência educacional à observação passiva ou à simples não participação. Essa situação contraria o princípio fundamental da educação inclusiva, que é garantir o direito de aprender e participar em igualdade de condições.

A participação efetiva do PAEE nas atividades experimentais de química exige, portanto, uma mudança paradigmática na concepção do que significa ensinar e aprender ciências. Santos e Schnetzler (2018) defendem que a educação em química deve comprometer-se com a cidadania, formando indivíduos críticos e participativos, o que necessariamente inclui a valorização da diversidade humana em todas as suas dimensões. Essa perspectiva implica reconhecer que as diferenças não são obstáculos a serem superados, mas potencialidades a serem desenvolvidas.

A implementação dessa visão inclusiva requer, conforme aponta Sassaki (2019), a adoção de uma postura proativa por parte dos educadores, que devem antecipar as necessidades diversas e planejar atividades acessíveis desde sua concepção, não como adaptações posteriores. Essa abordagem preventiva é especialmente crucial em ambientes laboratoriais, onde questões de segurança se somam às pedagógicas, demandando planejamento cuidadoso e detalhado.

A superação da mera matrícula em direção à participação efetiva representa, assim, o grande desafio contemporâneo para o ensino de química inclusivo. Como demonstram Martins e Borges (2019), quando bem planejadas e executadas, as atividades experimentais acessíveis não beneficiam

apenas os estudantes com deficiência, mas enriquecem a experiência de aprendizagem de toda a turma, promovendo o trabalho colaborativo, a criatividade e a resolução de problemas sob múltiplas perspectivas.

2.2 O DESENHO UNIVERSAL COMO FRAMEWORK PARA O PLANEJAMENTO

O Desenho Universal emerge como framework fundamental para orientar o planejamento de laboratórios de química inclusivos, oferecendo princípios que permitem criar ambientes, produtos e estratégias pedagógicas utilizáveis por todas as pessoas, na máxima extensão possível, sem necessidade de adaptação ou projeto especializado. Conforme definem Zerbato e Mantoan (2021, p. 34), "o Desenho Universal na educação propõe o desenho de produtos e ambientes para serem usados por todas as pessoas, sem necessidade de adaptação ou desenho especializado". Essa abordagem preventiva é particularmente relevante para laboratórios de química, onde adaptações posteriores frequentemente se mostram custosas e insatisfatórias.

A aplicação dos sete princípios do Desenho Universal - equiparação nas possibilidades de uso, flexibilidade no uso, uso simples e intuitivo, informação perceptível, tolerância ao erro, baixo esforço físico e dimensão e espaço para aproximação e uso - ao ambiente laboratorial de química permite criar espaços intrinsecamente acessíveis. Castro e Jucá (2021) demonstram como a aplicação desses princípios em ambientes educacionais resulta em benefícios para todos os usuários, não apenas para pessoas com deficiência, pois valoriza a diversidade funcional e as diferentes formas de interação com o espaço e com os materiais.

No contexto específico do laboratório de química, Smith e Harvey (2020) defendem que o Desenho Universal oferece um framework robusto para repensar desde a disposição do mobiliário até o planejamento das atividades experimentais. Bancadas com alturas ajustáveis, por exemplo, atendem tanto a um estudante cadeirante quanto a outro muito alto; sinalização multimodal beneficia tanto estudantes com deficiência visual quanto aqueles que estão aprendendo o idioma ou têm dificuldade de leitura; instrumentos com controles simplificados e intuitivos facilitam o uso por todos os estudantes.

A University of Washington (2019), através de seu programa DO-IT, desenvolveu diretrizes específicas para laboratórios de ciências acessíveis, demonstrando na prática como os princípios do Desenho Universal podem ser aplicados desde a fase de projeto até a execução das atividades. Suas recomendações incluem desde a disposição circular de bancadas para facilitar a visualização por todos os estudantes até a disponibilização de instrumentos com mostradores ampliados e contraste elevado,

que beneficiam tanto estudantes com baixa visão quanto aqueles em condições de iluminação desfavorável.

A adoção do Desenho Universal como filosofia orientadora para o planejamento de laboratórios de química representa, portanto, uma mudança de paradigma: de um modelo reativo de adaptações individuais para um modelo proativo de concepção inclusiva desde a origem. Como sintetizam Zerbato e Mantoan (2021), essa abordagem não elimina a necessidade de recursos de tecnologia assistiva específicos, mas reduz significativamente a dependência deles, criando ambientes educacionais mais flexíveis, acolhedores e preparados para a diversidade humana inerente às salas de aula contemporâneas.

2.3 O PLANO EDUCACIONAL INDIVIDUALIZADO (PEI) COMO BÚSSOLA

O Plano Educacional Individualizado (PEI) configura-se como instrumento central para a operacionalização da educação inclusiva, funcionando como bússola orientadora para o planejamento de estratégias pedagógicas que respondam às necessidades específicas de cada estudante do PAEE. Rodrigues-Santos (2023, p. 45) define o PEI como "um documento dinâmico que detalha as necessidades específicas do estudante, os apoios necessários, as metas de aprendizagem e as adaptações requeridas, articulando os objetivos educacionais com as potencialidades do aluno". No contexto do laboratório de química, o PEI adquire importância ainda maior, dada a complexidade e os potenciais riscos envolvidos nas atividades experimentais.

A elaboração do PEI deve ser colaborativa, envolvendo professores, família, equipe pedagógica e, quando possível, o próprio estudante. Lima (2021) ressalta que essa construção coletiva é essencial para que o plano reflita realmente as potencialidades e necessidades do educando, evitando visões reducionistas centradas apenas nas limitações. Para o professor de química, participar dessa elaboração significa compreender em profundidade como planejar atividades experimentais que garantam a participação segura e significativa do estudante.

No contexto específico das atividades laboratoriais, o PEI deve detalhar as adaptações necessárias em termos de recursos, estratégias e avaliação. Marques (2018), em sua pesquisa com estudantes surdos, demonstra como o PEI pode orientar a disponibilização de recursos como glossários específicos de química em Libras, softwares de simulação com interface visual adequada e a presença do intérprete durante as atividades experimentais, garantindo a compreensão dos conceitos e procedimentos de segurança.

A implementação do PEI no laboratório de química exige flexibilidade e criatividade por parte do educador. Moreira e Masini (2018) argumentam que o professor deve atuar como mediador,

adaptando não apenas os recursos materiais, mas também suas estratégias de comunicação e avaliação. Um estudante com deficiência visual, por exemplo, podem necessitar de representações tátteis de moléculas ou de instrumentos com marcações em Braille, enquanto um estudante com deficiência intelectual pode beneficiar-se da divisão do procedimento experimental em etapas menores e mais sequenciais.

O caráter dinâmico do PEI é particularmente importante no contexto das atividades experimentais, pois permite ajustes contínuos com base no progresso do estudante e na complexidade das atividades propostas. Como alerta Rodrigues-Santos (2023), o PEI não é um documento estático, mas um instrumento vivo que deve ser constantemente revisado e atualizado para responder às novas demandas que surgem ao longo do processo educativo.

A articulação entre o PEI e o planejamento das atividades de laboratório possibilita a verdadeira personalização do ensino de química, garantindo que as adaptações não sejam meramente superficiais, mas profundamente integradas ao processo de ensino e aprendizagem. Silva (2025) defende que essa articulação é fundamental para formar professores de química preparados para atuar na e com a diversidade, transformando o laboratório em um espaço onde todos os estudantes, independentemente de suas particularidades, possam vivenciar a emoção da descoberta científica de forma segura e significativa.

3 DIRETRIZES PARA LABORATÓRIOS DE QUÍMICA INCLUSIVOS: UMA ABORDAGEM MULTICAPACITANTE

A transformação de laboratórios de química em ambientes verdadeiramente inclusivos requer a implementação de diretrizes práticas que operacionalizem os princípios teóricos discutidos. Esta seção apresenta um conjunto de orientações organizadas em duas dimensões complementares: a acessibilidade física e arquitetônica, que aborda as adaptações do espaço e equipamentos; e a acessibilidade comunicacional e pedagógica, que focaliza as estratégias de ensino e comunicação necessárias para garantir a participação efetiva de todos os estudantes.

3.1 ACESSIBILIDADE FÍSICA E ARQUITETÔNICA: (RE)DESENHANDO O ESPAÇO

A reestruturação do espaço físico do laboratório constitui o alicerce fundamental para a inclusão, demandando intervenções que garantam mobilidade, segurança e autonomia para todos os usuários. A Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) estabelece como obrigatória a eliminação de barreiras arquitetônicas em todos os espaços de uso coletivo, incluindo os laboratórios educacionais, o que implica a necessidade de reformas estruturais que vão muito além da simples instalação de uma

rampa de acesso. O conceito de desenho universal, aplicado ao ambiente laboratorial, pressupõe que o espaço seja concebido para ser utilizável por todas as pessoas, sem necessidade de adaptações posteriores ou projetos especializados (Castro; Jucá, 2021).

As bancadas representam um elemento crítico no laboratório de química, necessitando de um replanejamento completo para garantir acessibilidade. Melo e Silva (2019) recomendam a instalação de bancadas com alturas ajustáveis (entre 0,75m e 0,90m) e com vão livre inferior de no mínimo 0,80m de altura por 0,60m de profundidade para permitir a aproximação frontal de cadeira de rodas. A superfície deve ser antiderrapante e com bordas rebaixadas para contenção de respingos, enquanto torneiras e equipamentos fixos devem ser posicionados em zona de alcance fácil (entre 0,40m e 1,20m de altura). Essas adaptações beneficiam não apenas usuários de cadeiras de rodas, mas também estudantes de estaturas variadas.

A circulação e sinalização no laboratório exigem atenção especial, pois envolvem tanto aspectos de mobilidade quanto de segurança. Corredores devem ter largura mínima de 1,50 m para permitir a manobra de cadeiras de rodas e o deslocamento seguro de todos os usuários, com áreas de escape claramente demarcadas. A sinalização deve ser multimodal, combinando elementos visuais (com alto contraste e pictogramas universais), tátteis (piso podotátil, etiquetas em Braille) e auditivas (sinalizações sonoras para alarmes), atendendo às diferentes necessidades sensoriais (Sassaki, 2019).

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) necessitam de adaptações para garantir sua efetividade para todos os usuários. A University of Washington (2019) propõe o desenvolvimento de aventais em tamanhos e materiais diversos, luvas com texturas diferenciadas para identificação tátil, óculos de proteção com ajuste universal (incluindo sobreposição a óculos de grau) e protetores auriculares para casos de sensibilidade sensorial. Essas adaptações devem considerar não apenas a funcionalidade, mas também o conforto e a aceitação por parte dos usuários.

O armazenamento de materiais e reagentes deve seguir os princípios do desenho universal, com armários e gavetas dotados de puxadores do tipo alavanca e mecanismos de abertura suave, posicionados em alturas acessíveis. Zerbato e Mantoan (2021) destacam a importância de organizar os materiais de uso frequente em zonas de fácil alcance, utilizando sistemas de identificação que combinem cores, texturas e símbolos para facilitar o reconhecimento independente por todos os estudantes.

A implementação dessas adaptações físicas deve ser planejada de forma integrada, considerando não apenas a funcionalidade, mas também a estética e a sustentabilidade do ambiente. Como afirmam Vieira e Denari (2020), um laboratório verdadeiramente inclusivo é aquele que elimina

as barreiras sem criar estigmas ou segregar os usuários, promovendo a autonomia e a dignidade de todos os que utilizam o espaço para aprendizagem e investigação científica.

3.2 ACESSIBILIDADE COMUNICACIONAL E PEDAGÓGICA: GARANTINDO A PERCEPÇÃO E A COMPREENSÃO

A dimensão comunicacional e pedagógica da acessibilidade é tão crucial quanto a física, pois garante que os conteúdos e processos educativos sejam perceptíveis, comprehensíveis e utilizáveis por todos os estudantes. Moreira e Masini (2018) enfatizam que a mediação pedagógica eficaz para estudantes com necessidades educacionais especiais requer a oferta de múltiplos meios de representação, expressão e envolvimento, princípio fundamental do Desenho Universal para a Aprendizagem.

As tecnologias assistivas desempenham papel fundamental na garantia da acessibilidade comunicacional no laboratório de química. Marques (2018) demonstra em sua pesquisa com estudantes surdos a importância de softwares de ampliação de tela, leitores de tela como o NVDA para simulações e coleta de dados digitais, além de recursos como lupas manuais e digitais, termômetros e pH-metros com saída de voz. Para estudantes cegos, o autor destaca a eficácia de recursos de vibração para indicar mudanças de estado, como o ponto final de uma titulação, permitindo sua participação ativa em experimentos quantitativos.

O planejamento das atividades experimentais deve ser radicalmente repensado para focar na autonomia e na participação efetiva de todos. Rodrigues-Santos (2023) propõe a divisão de procedimentos complexos em etapas menores e sequenciais, utilizando sequências de pictogramas ou cartões de tarefas individuais. Essa abordagem beneficia especialmente estudantes com déficit de atenção ou dificuldades de organização temporal, permitindo que acompanhem o ritmo da atividade sem se perderem em procedimentos longos e complexos.

A flexibilização das formas de participação nas atividades experimentais é essencial para garantir a inclusão. Martins e Borges (2019) sugerem a criação de diferentes funções dentro de cada experimento, permitindo que cada estudante contribua de acordo com suas potencialidades. Enquanto um aluno opera a bureta, outro pode ser responsável pela agitação, um terço pela leitura dos valores e outro pelo registro dos dados. Essa organização não apenas facilita a inclusão, mas também promove o trabalho colaborativo e o desenvolvimento de habilidades sociais.

O registro e a análise de dados devem oferecer múltiplos meios de representação, atendendo às diferentes formas de expressão dos estudantes. Santos e Schnetzler (2018) recomendam a utilização de gráficos tátteis, relatórios em áudio, planilhas sonoras e modelagem 3D de moléculas, além de

representações visuais com alto contraste. Essas alternativas permitem que estudantes com diferentes necessidades possam demonstrar sua compreensão dos fenômenos químicos estudados.

A comunicação de instruções e alertas de segurança deve ser multimodal e redundante. Silva (2025) defende que todas as instruções devem ser apresentadas simultaneamente de forma visual, auditiva e, quando possível, tátil. Procedimentos de emergência precisam ser treinados utilizando vídeos com legendas, janela de LIBRAS e descrição audiodata, instruções em Braille e formato de leitura fácil, garantindo que todos os estudantes compreendam e possam executar as ações necessárias em situações de risco.

A formação docente é elemento crucial para a implementação bem-sucedida dessas estratégias. Lima (2021) ressalta que professores precisam desenvolver competências para selecionar, adaptar e criar recursos acessíveis, além de aprender a gerir a diversidade em ambientes de aprendizagem complexos como o laboratório de química. Essa formação deve incluir não apenas aspectos técnicos, mas também o desenvolvimento de atitudes positivas em relação à inclusão e à crença na capacidade de aprendizagem de todos os estudantes.

4 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA INCLUSIVOS: PREPARANDO-SE PARA TODOS OS CENÁRIOS

A segurança em laboratórios de química deve ser concebida como um direito fundamental de todos os estudantes, exigindo a reformulação dos protocolos tradicionais para garantir sua efetividade para pessoas com diferentes tipos de deficiência. A Lei Brasileira de Inclusão (Brasil, 2015) estabelece claramente a obrigatoriedade de medidas que eliminem barreiras à segurança das pessoas com deficiência, o que no contexto laboratorial implica a necessidade de desenvolver procedimentos que considerem as diversas formas de percepção, mobilidade e resposta a situações de emergência. Melo e Silva (2019) alertam que protocolos de segurança padronizados frequentemente negligenciam as necessidades específicas do PAEE, criando situações de risco diferenciado e violando o princípio da equidade na proteção à integridade física.

Os treinamentos de segurança necessitam ser reformulados sob a perspectiva do Desenho Universal para a Aprendizagem, oferecendo múltiplos meios de representação e engajamento. A University of Washington (2019) recomenda a produção de materiais instrucionais em formatos acessíveis simultaneamente, incluindo vídeos com legendas, janela de LIBRAS e descrição audiodata para estudantes surdos e cegos, respectivamente, além de manuais em Braille, formato de leitura fácil e com pictogramas de alta visibilidade. Rodrigues-Santos (2023) destaca que a participação do PAEE na elaboração desses materiais é fundamental para garantir sua clareza e efetividade.

Os sistemas de alarme e alerta representam um elemento crítico que exige redundância sensorial para garantir sua percepção por todos. Castro e Jucá (2021) defendem a implementação de sistemas multimodais que combinem sinais sonoros de alta intensidade com luzes estroboscópicas vermelhas para alertas de emergência e vibração em pulseiras ou dispositivos móveis para situações de evacuação. Essa abordagem garante que estudantes surdos possam perceber os alarmes visuais, enquanto estudantes cegos possam responder aos alertas sonoros e vibracionais.

Os procedimentos de evacuação de emergência devem incorporar explicitamente as necessidades de pessoas com mobilidade reduzida. Sasaki (2019) propõe a identificação prévia de "áreas de refúgio" seguras, resistentes ao fogo e com ventilação independente, onde estudantes com dificuldades de locomoção possam aguardar o resgate especializado em caso de incêndio ou vazamento. Além disso, é essencial estabelecer um sistema de "buddy" ou companheiro, em que cada estudante com deficiência tenha designado um colega para auxiliá-lo durante os procedimentos de emergência.

A comunicação de riscos químicos precisa ser adaptada para garantir sua compreensão universal. Santos e Schnetzler (2018) recomendam que todas as Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) estejam disponíveis em formatos acessíveis, incluindo versões simplificadas com pictogramas de alto contraste e descrições em linguagem clara. Os símbolos de risco (inflamável, corrosivo, tóxico) devem ser acompanhados de texturas diferenciadas para identificação tátil por estudantes cegos.

A capacitação de técnicos e docentes em procedimentos de segurança inclusivos é fundamental para a implementação eficaz desses protocolos. Silva (2025) defende que a formação deve incluir simulações práticas que permitam vivenciar as dificuldades enfrentadas por pessoas com diferentes tipos de deficiência, desenvolvendo assim empatia e competências para adaptar respostas em situações de emergência. Essa formação deve ser contínua e incorporar as perspectivas do PAEE em sua elaboração.

A inclusão de estudantes com deficiência nos exercícios simulados de emergência é crucial para garantir que todos estejam preparados para agir adequadamente em situações reais. Vieira e Denari (2020) destacam que a participação ativa em simulados não apenas capacita os estudantes com deficiência, mas também educa toda a comunidade escolar sobre como prestar auxílio adequado, transformando a segurança em uma responsabilidade coletiva e compartilhada.

A avaliação contínua dos protocolos de segurança através da perspectiva da inclusão deve ser institucionalizada, incorporando feedback do PAEE sobre a efetividade das medidas implementadas. Zerbato e Mantoan (2021) argumentam que essa avaliação participativa permite identificar lacunas

não previstas pelos planejadores e criar ciclos de melhoria contínua que garantam que os protocolos de segurança evoluam junto com as necessidades da comunidade escolar diversificada.

5 EXPERIÊNCIAS E BOAS PRÁTICAS: APRENDENDO COM EXEMPLOS

A implementação de laboratórios de química inclusivos tem sido objeto de experiências pioneiras em diversas instituições ao redor do mundo, oferecendo valiosas lições e modelos replicáveis. A University of Washington (2019), através de seu programa DO-IT, estabeleceu-se como referência global com seu laboratório acessível, que incorpora bancadas com alturas ajustáveis, equipamentos com controles táteis e visuais, e um sistema completo de segurança multimodal. Sua abordagem tem demonstrado que o investimento em acessibilidade beneficia não apenas estudantes com deficiência, mas melhora a experiência educacional para todos os usuários do laboratório.

No contexto brasileiro, Marques (2018) documentou experiência significativa no ensino de química para surdos, desenvolvendo planos de aula especializados que integram recursos visuais, glossários em Libras específicos para terminologia química e a presença de intérpretes durante as atividades experimentais. Esta experiência demonstrou que a combinação entre adaptações tecnológicas e suporte humano especializado é fundamental para garantir a participação efetiva de estudantes surdos nas atividades práticas de química.

Outra experiência relevante foi a de Martins e Borges (2019), que compilaram diversas experiências bem-sucedidas em escolas inclusivas, destacando casos em que adaptações de baixo custo trouxeram impactos significativos. Entre estas, destacam-se a modificação de suportes universais para fixação de equipamentos em alturas acessíveis, a criação de kits experimentais portáteis para uso em diferentes configurações de espaço e o desenvolvimento de protocolos experimentais simplificados que mantêm o rigor científico enquanto ampliam a acessibilidade cognitiva e física.

A implementação do Plano Educacional Individualizado (PEI) em contextos laboratoriais foi objeto de estudo detalhado por Rodrigues-Santos (2023), que desenvolveu um protocolo específico para articulação entre as metas educacionais individuais e as atividades experimentais em química. Sua pesquisa demonstrou que a elaboração colaborativa do PEI, envolvendo professores, estudantes e especialistas, resultou em significativa melhoria na participação e aprendizagem do PAEE nas atividades práticas.

Focando nisso, Moreira e Masini (2018) documentaram experiências de mediação pedagógica que ilustram como a criatividade docente pode superar limitações estruturais. Em um caso exemplar, professores desenvolveram representações táteis de reações químicas utilizando materiais de baixo custo, permitindo que estudantes cegos compreendessem conceitos abstratos através do tato. Em outro

caso, adaptaram escalas de pH com texturas diferenciadas para cada valor, criando uma ferramenta inclusiva para experimentos de acididade e basicidade.

Ainda e Lima (2021) trouxeram contribuições importantes a partir da caracterização de salas de recursos multifuncionais, identificando como a articulação entre o ensino regular e o atendimento educacional especializado pode potencializar a inclusão em laboratórios de ciências. Sua pesquisa mostrou que o trabalho colaborativo entre professores de química e especialistas em educação especial resulta no desenvolvimento de recursos e estratégias mais efetivas, beneficiando particularmente estudantes com deficiência intelectual através da pré-aprendizagem de conceitos e procedimentos laboratoriais no AEE antes de sua aplicação no laboratório principal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transformação de laboratórios de química em ambientes verdadeiramente inclusivos representa um imperativo ético, legal e pedagógico para a educação contemporânea. Este ensaio teórico demonstrou que a inclusão efetiva do Público-Alvo da Educação Especial (PAEE) nas atividades experimentais demanda muito mais do que adaptações pontuais ou medidas isoladas, exigindo uma abordagem sistêmica que articule transformações físicas, pedagógicas e culturais. A implementação dos princípios do Desenho Universal, combinada com a elaboração cuidadosa de Planos Educacionais Individualizados e a reformulação dos protocolos de segurança, configura-se como um caminho viável para garantir que todos os estudantes, independentemente de suas particularidades, possam experienciar a riqueza da investigação científica prática de forma segura e significativa.

As diretrizes apresentadas evidenciam que a criação de laboratórios inclusivos beneficia não apenas os estudantes com deficiência, mas enriquece a experiência educacional de toda a comunidade escolar. A multimodalidade nas comunicações, a flexibilidade nos arranjos espaciais e a diversificação das estratégias pedagógicas contribuem para criar ambientes de aprendizagem mais ricos, criativos e acolhedores para todos. A segurança inclusiva, longe de representar um ônus adicional, fortalece a cultura de prevenção e cuidado coletivo, tornando os laboratórios espaços mais organizados e preparados para responder a situações de emergência de forma eficaz.

Os desafios para implementação dessas transformações são significativos, envolvendo desde investimentos em infraestrutura até a formação docente especializada e a mudança de mentalidades. No entanto, as experiências e boas práticas documentadas na literatura demonstram que é possível avançar progressivamente, iniciando com adaptações de baixo custo e alta criatividade que podem gerar impactos imediatos na participação dos estudantes. A articulação entre diferentes atores -

professores, gestores, técnicos, estudantes e suas famílias - mostra-se fundamental para desenvolver soluções contextualizadas e sustentáveis que respondam às necessidades específicas de cada realidade educacional.

Por fim, este artigo reforça que a inclusão nos laboratórios de química é um processo contínuo de aprendizado e aperfeiçoamento, que deve ser alimentado pela pesquisa, pelo diálogo e pela avaliação sistemática das práticas implementadas. Novos estudos são necessários para documentar e analisar experiências em contextos brasileiros diversos, avaliar o impacto das adaptações na aprendizagem conceptual e no desenvolvimento de habilidades científicas do PAEE, e desenvolver tecnologias assistivas específicas para o contexto da experimentação química. A construção de laboratórios verdadeiramente inclusivos é, assim, tanto um desafio urgente quanto um horizonte inspirador para o ensino de química comprometido com a equidade e a excelência educacional para todos.

REFERÊNCIAS

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, Brasília, 6 jul. 2015.

CASTRO, Heber de Oliveira; JUCÁ, Sandro César Silveira. Educação inclusiva e acessibilidade: reflexões sobre o desenho universal aplicado ao ambiente educacional. *Revista Educação Especial*, Santa Maria, v. 34, p. 1-20, 2021.

LIMA, Luciene Barbosa Vitor. Caracterização do Atendimento Educacional Especializado para o Aluno com Deficiência Intelectual nas Salas de Recursos Multifuncionais. 2021. 81 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

MARQUES, Ronaldo Henrique Souza. O ensino de química para surdos: produção de planos de aula especializados para turmas inclusivas. 2018. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

MARTINS, Lúcia de Araújo Ramos; BORGES, Maria Lúcia Ferreira (org.). *Educação Inclusiva e Ensino de Ciências: reflexões e experiências*. Curitiba: CRV, 2019.

MELO, Alynne Marília; SILVA, Rosemeire Reis da. Acessibilidade em laboratórios de química: uma revisão necessária. *Revista Brasileira de Educação Especial*, Bauru, v. 25, n. 1, p. 157-174, jan./mar. 2019.

MOREIRA, Laura Ceretta; MASINI, Elcie Aparecida Fortes Salzano. *Aprendizagem e ensino: as mediações pedagógicas com pessoas que têm necessidades educacionais especiais*. São Paulo: Mercado de Letras, 2018.

RODRIGUES-SANTOS, Jéssica. Plano Educacional Individualizado (PEI) para estudantes com deficiência: um protocolo para utilização nas instituições de ensino. 2023. 222 f. Tese (Doutorado em Educação Especial) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2023.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. *Educação em Química: compromisso com a cidadania*. 5. ed. Ijuí: Unijuí, 2018.

SASSAKI, Romeu Kazumi. *Inclusão: acessibilidade no lazer, trabalho e educação*. São Paulo: Érica, 2019.

SILVA, Wanderson Diogo Andrade da. Por uma formação de professores(as) de Química para/na/com a diversidade na escola. *Vestigare: Revista de Pesquisas em Educação, Ciências e Tecnologias*, Palotina, v. 1, n. 1, p. 29-44, jan./jun. 2025.

SMITH, Derrick W.; HARVEY, Michele M. Universal design for learning in the science laboratory: a framework for access and engagement. *Journal of Science Education for Students with Disabilities*, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 1-12, 2020.

UNIVERSITY OF WASHINGTON. The Accessible Science Laboratory. Seattle: DO-IT (Disabilities, Opportunities, Internetworking, and Technology), 2019. Disponível em: <https://www.washington.edu/doit/accessible-science-laboratory>. Acesso em: 11 set. 2025.

VIEIRA, Marcelo Milano Falcão; DENARI, Fátima Elisabeth (org.). Inclusão escolar: pesquisas e interfaces. Marília: Oficina Universitária; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2020.

ZERBATO, Ana Paula; MANTOAN, Maria Teresa Eglér. Desenho Universal para a Aprendizagem: favorecendo o pleno acesso e participação de todos. Curitiba: CRV, 2021.