



# SALA DE AULA INVERTIDA E ENSINO SOB MEDIDA APLICADOS REMOTAMENTE PARA O ENSINO DE QUÍMICA: GANHO DE HAKE

## FLIPPED CLASSROOM AND JUST IN TIME TEACHING APPLIED REMOTELY FOR CHEMISTRY TEACHING: HAKE GAIN

Francisca Kelly Araujo Leite Sampaio  

Universidade Federal do Ceará (UFC)

✉ [fkalquimica@yahoo.com.br](mailto:fkalquimica@yahoo.com.br)

Fábio Sampaio Mariano  

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB)

✉ [fabio20022004@yahoo.com.br](mailto:fabio20022004@yahoo.com.br)

Viviane Gomes Pereira Ribeiro  

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB)

✉ [vivianegpribeiro@unilab.edu.br](mailto:vivianegpribeiro@unilab.edu.br)

Selma Elaine Mazzetto  

Universidade Federal do Ceará (UFC)

✉ [selma@ufc.br](mailto:selma@ufc.br)

**RESUMO:** A Sala de Aula Invertida (SAI), do inglês *Flipped Classroom*, e o Ensino sob Medida (EsM), *Just-in-Time Teaching*, despontam como metodologias ativas de ensino que enfatizam o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) na aquisição do conhecimento, capazes de proporcionar uma aprendizagem ativa, personalizada e direcionada às necessidades individuais dos estudantes. O presente estudo analisou os impactos no processo de ensino e aprendizagem após aplicação da SAI associada ao EsM na disciplina de Química, trabalhando a temática Eletroquímica, adaptadas ao formato remoto, em duas escolas de ensino médio, durante a pandemia de COVID-19. Para tal, foram utilizadas videoaulas autorais disponibilizadas no *YouTube*, formulários de atividades *on-line*, aulas remotas síncronas e debates/discussões acerca dos conteúdos. O ganho de aprendizagem conceitual foi analisado pelo parâmetro Ganho de Hake, o qual considera as variações de acertos nos testes conceituais antes (Spré%) e após (Spós%) a metodologia adotada. Os resultados mostraram que após a aplicação da SAI/EsM houve um Ganho de Hake positivo:  $\langle g \rangle = 0,41$  (Escola-A) e  $\langle g \rangle = 0,29$  (Escola-B), mostrando ganho de aprendizado em relação ao conhecimento inicial dos estudantes. De um modo geral, a SAI/EsM promoveu um maior estímulo para a aprendizagem durante o ensino remoto, contribuindo para o desenvolvimento da autonomia e do protagonismo dos estudantes, além de oferecer um ensino mais flexível e personalizado.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sala de Aula Invertida. Ganho de Hake. Ensino de Química. COVID-19.

**ABSTRACT:** The Flipped Classroom and the Just-in-Time Teaching emerge as active teaching methodologies that emphasize the use of Digital Information and Communication Technologies in the acquisition of knowledge, capable of providing active, personalized learning directed to the individual needs of students. The present study analyzed the impacts on the teaching and learning process after the application of Flipped Classroom associated with Just-in-Time Teaching in the discipline of Chemistry, adapted to the remote format, in two high schools, to address the content of Electrochemistry, during the COVID-19 pandemic. To this end, copyright video classes available on YouTube, online activity forms, synchronous remote classes and debates/discussions about the contents were used. The conceptual learning gain was analyzed by the Hake Gain parameter, which considers the variations in the conceptual tests before (Spré%) and after (Spós%) the adopted methodology. The results showed that after the application of the Flipped Classroom/JITT there was a positive Hake Gain:  $\langle g \rangle = 0.41$  for School-A and  $\langle g \rangle = 0.29$  for School-B, showing

learning gain in relation to knowledge of students, for both classes. In general, the Flipped Classroom/JiTT promoted a greater stimulus for learning during remote teaching, contributing to the development of students' autonomy and protagonism, in addition to offering a more flexible and personalized teaching.

**KEY WORDS:** Flipped Classroom. Hake gain. Chemistry Teaching. COVID-19.

## Introdução

A demanda por inovação no Ensino de Química se faz urgente, uma vez que permanece estruturado em torno de práticas que conduzem a memorização de fórmulas e definições. Observa-se uma dificuldade em tornar os conceitos científicos fundamentais significativos para o estudante, mesmo em um nível básico de operacionalização, o que impede a sua relação com a prática cotidiana. A dificuldade de compreensão e aplicação de princípios matemáticos, a abstração de alguns conceitos e a diminuta relação entre o conteúdo ministrado e o cotidiano vêm sendo citados como alguns dos fatores que dificultam a aprendizagem em Química (Lima-Júnior *et al.*, 2017; Schollmeier *et al.*, 2021). Nesse sentido, é imprescindível formar estudantes com critérios científicos próprios e capazes de transformar suas realidades através da aplicação de seus conhecimentos teóricos, ressignificando, dessa forma, o processo de ensino e aprendizagem (Oliveira *et al.*, 2015).

Nesse contexto de renovações no ensino, as TDICs se destacam por proporcionarem possibilidades diversas de aprendizagem, além de experimentação com diferentes abordagens e metodologias educativas. Revolucionam a educação ocidental desde o fim do século XX e vem sendo progressivamente utilizadas nas instituições de ensino alterando a dinâmica da escola e da sala de aula, reorganizando os tempos e os espaços, as relações entre o aprendiz e o conhecimento, as interações entre os estudantes e os professores, resultando em um mundo virtual com grandes possibilidades (Valente, 2014; Vidal & Mercado, 2020). Nesse cenário, o padrão de ensino baseado na transmissão está atendendo cada vez menos às necessidades de uma nova geração de estudantes hiperconectados, que nasceram inseridos em uma era digital e com acesso a inúmeras informações em tempo real (Pavanelo & Lima, 2017).

Essas tecnologias se tornaram ainda mais evidentes em decorrência da pandemia mundial de COVID-19, impactando o cotidiano de professores e estudantes em diferentes dimensões e complexidades. Com a pandemia, 91% das atividades presenciais foram interrompidas em todo o mundo. Em 191 países ocorreu um fechamento generalizado das instituições de ensino, atingindo cerca de 1,57 bilhão de estudantes (UNESCO, 2020). No Brasil, estudantes por todo o país tiveram suas aulas suspensas ou reestruturadas devido às medidas de isolamento social. Com o objetivo de manter a continuidade do processo de ensino e aprendizagem, os órgãos reguladores nacionais instituíram a manutenção das aulas através de atividades remotas com o apoio das TDICs, garantindo a oferta do ensino neste período por meios digitais e em ambientes virtuais de aprendizagem. Frente a esse novo cenário, surgiram várias preocupações, principalmente quanto ao prejuízo em relação à aprendizagem dos conteúdos curriculares (Silva *et al.*, 2020; Menezes & Francisco, 2020).

Com a chegada da pandemia de COVID-19 ao Brasil, as discussões sobre Educação a Distância (EaD) e Ensino Remoto Emergencial (ERE) receberam destaque. Entretanto, ao se comparar planejamento, capacitação docente, assessoria técnica e pedagógica, apoio tutorial e implantação, as diferenças entre os dois modelos educacionais tornam-se evidentes, sendo ERE o mais adequado a modalidade de ensino na qual se precisou improvisar soluções rápidas sob circunstâncias não ideais, como em uma pandemia, através do uso de ferramentas tecnológicas (Magalhães, 2021; Rondini *et al.*, 2020). O ensino remoto emergencial ficou em evidência nesse momento de crise, colocando todas as instituições educacionais frente aos desafios da construção de novas formas de ensino e da remodelagem de suas práticas pedagógicas, afetando não só o processo de aprendizagem, mas também os aspectos físicos, emocionais e sociais, diante

da crise mundial instalada (Valente *et al.*, 2020; Palmeira *et al.*, 2020; Schollmeier *et al.*, 2021). Nesse cenário, que reuniu a luta contra a COVID-19 com as mudanças na educação, surgiu a oportunidade de aceleração do processo de integração entre a tecnologia e a aprendizagem.

Frente a essa nova realidade, a SAI e o EsM despontam como estratégias de ensino que enfatizam o uso das TDICs na aquisição do conhecimento, inovando em suas abordagens quando propõem que os estudantes tenham acesso aos conteúdos antes de frequentar a aula, que passa a ser um lugar de aprendizagem ativa e rica em vivências. São metodologias centradas na participação ativa dos estudantes, tornando-os capazes de atuar como corresponsáveis por sua própria formação. Em oposição à aprendizagem passiva, o estudante assume uma postura mais participativa, resolvendo problemas, desenvolvendo projetos e se tornando protagonista do seu processo de ensino e aprendizagem, se identificando como um ser em construção e em constante aprendizado, apto a identificar suas próprias competências, potencialidades e limitações para então ser capaz de aprender a aprender (Bacich & Moran, 2018; Lacerda & Santos, 2018).

O Ensino sob Medida consiste em ajustar a aula às necessidades dos estudantes por meio de um planejamento de aulas baseado nos conhecimentos e dificuldades manifestadas através das respostas de atividades prévias aos encontros presenciais. Esse método tem se mostrado uma excelente opção para se considerar o conhecimento prévio dos estudantes e para formar o hábito de estudo antes da aula. A estratégia propõe conectar atividades preparatórias realizadas fora de aula com a dinâmica estabelecida nela, e possui como objetivos principais maximizar a eficácia da sessão de sala de aula e estruturar o tempo fora da sala de aula para o máximo benefício de aprendizagem (Araujo & Mazur, 2013; Novak *et al.*, 1999; Schmitz, 2016).

De acordo com Araujo & Mazur (2013), o EsM envolve basicamente três etapas centradas na participação ativa do estudante. A primeira etapa consiste na realização de tarefas prévias sobre os conteúdos a serem discutidos em aula. Com o auxílio de recursos tecnológicos, as respostas dessas tarefas são enviadas para o professor, que planeja uma aula personalizada e sob medida para alcançar os resultados de aprendizagem esperados. Esse *feedback* permite a elaboração de atividades de ensino e aprendizagem que auxiliem no melhor entendimento dos conteúdos e na superação das principais dificuldades apresentadas. A segunda etapa contempla discussões em sala de aula sobre as tarefas propostas, que são reapresentadas pelo professor e utilizadas como ponto de partida para o debate em classe. A terceira e última etapa consiste em atividades em sala de aula envolvendo os conceitos trabalhados nas tarefas prévias e nas discussões em aula.

Segundo Bergmann & Sams (2019), na Sala de Aula Invertida ocorre uma inversão do modelo tradicional de ensino, visto que as tarefas que costumavam ser destinadas à lição de casa passam a ser realizadas em aula, aplicando-se o que foi estudado anteriormente por meio do material disponibilizado pelo professor, de forma on-line. Dessa forma, a relação verticalizada onde professor transmite as informações e os estudantes absorvem, dar lugar a uma mudança de conduta na qual o docente assume o papel de mediador do ensino, tirando dúvidas, aprofundando o tema e estimulando o debate, de forma a proporcionar um aprendizado mais amplo e completo, por meio de atividades e discussões em grupos pautados no conhecimento adquirido previamente, de modo que o tempo em sala de aula possa ser melhor utilizado:

o grande ganho é o do aumento do tempo de aula, que todos os professores devem avaliar e explorar da melhor maneira possível. Como o processo de instrução direta em si foi transferido para fora da sala de aula, nossos alunos podem se dedicar em sala de aula a atividades mais úteis e envolventes durante o tempo liberado. Conforme observamos entre professores que adotaram o modelo de sala de aula invertida, o tempo de aula adicional é usado de várias maneiras, dependendo do assunto, da localidade e do estilo didático (Bergman & Sams, 2019, p.43).

A SAI é um modelo com raízes no ensino híbrido, conhecido como *blended learning*, uma combinação de recursos e métodos usados de forma presencial e *online*, na qual se busca aprimorar o processo de aprendizagem com os benefícios dos dois sistemas. Ela se tornou uma das maiores tendências da educação do século XXI, fomentando a autonomia e o protagonismo, além de associar as tecnologias ao processo de ensino e aprendizagem (Schmitz & Reis, 2018). Em países como a Finlândia, Singapura, Holanda e Canadá vem se tornando uma prática educativa frequente, demonstrando, comprovadamente, elevado desempenho em educação.

No entanto, a aplicação majoritariamente predominante do modelo SAI é no Ensino Superior, na modalidade graduação (Milhorato & Guimarães, 2016; Pavanelo & Lima, 2017; Quibão *et al.*, 2019), com destaque para as Universidades de *Harvard*, *Stanford* e *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) (Valente, 2014; Schmitz & Reis, 2018; Talbert, 2019). Estudos relacionados a aplicação do modelo de SAI nas disciplinas dos cursos de Química também vêm sendo publicados, e neste caso, em sua grande maioria, envolvem instituições norte-americanas de ensino superior (Ealy, 2013; Malik *et al.* 2014; Rein & Brookes, 2015). No Brasil, as experiências ainda são incipientes, principalmente com relação ao Ensino de Química no Ensino Médio, apesar de alguns relatos com resultados positivos (Freitas, 2018; Lima-Júnior *et al.*, 2017; Martins, 2018; Pereira & Silva, 2018), tornando ainda mais relevante a análise acerca da aplicação de metodologias ativas e de sua repercussão no processo de ensino e aprendizagem, sobretudo nos conteúdos de Química para o Ensino Médio.

Além disso, a preocupação com o aprendizado dos estudantes nas disciplinas de Ciências adquiriu um caráter cada vez mais científico nas últimas décadas, no sentido de se estabelecer métricas objetivas e quantitativas que favoreçam o desenvolvimento de modelos que permitam a comparação entre diferentes resultados de aprendizagem (Moreira & Rosa, 2008). Nesse sentido, para avaliar o desempenho de aprendizagem de forma quantitativa, um parâmetro internacionalmente reconhecido denominado Ganho de Hake, também encontrado na literatura como Ganho Normalizado ou Ganho Normatizado, tem sido utilizado, principalmente nas disciplinas de Física e Biologia, quando práticas educativas interativas são utilizadas em sala de aula (Hake, 1998; Quibão *et al.*, 2019).

Para a disciplina de Física, por exemplo, já existe teste padronizado como o *Force Concept Inventory* (FCI), desenvolvido por Hestenes *et al.* (1992), que nas últimas décadas tem sido extensivamente empregado em inúmeras instituições ao redor do mundo para medir o ganho conceitual de estudantes em física básica. Seu objetivo principal é testar o entendimento conceitual contra os conceitos do senso comum assimilados pelos estudantes. Desde a sua introdução, o FCI segue uma metodologia de aplicação em dois momentos nas disciplinas, no início: Pré-Teste – para determinar a linha de base, e no final: Pós-Teste – para calcular o ganho conceitual dos estudantes (Müller *et al.*, 2017; Quibão *et al.*, 2019).

O teste FCI é composto por questões de múltipla escolha, estruturado de maneira que os estudantes devam escolher uma resposta entre as alternativas que, além do conceito correto, contém também ideias do senso comum, elaboradas e dispostas de maneira a incentivar os estudantes a criticarem suas respostas. As questões são conceituais, apresentadas através de uma linguagem não técnica e sem a exigência de cálculos, podendo ser aplicado em diversos níveis educacionais (Barros *et al.*, 2004; Müller *et al.*, 2017; Quibão *et al.*, 2019). Testes padronizados como o FCI podem ser utilizados como modelo para a criação de adaptações para a Química ou qualquer outra área de atuação, utilizando o mesmo padrão de aplicação e de desenvolvimento, para auxiliar na verificação do ganho conceitual nesta disciplina.

Dessa maneira, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o ganho conceitual em Química, relacionado ao conteúdo de Eletroquímica, para estudantes do Ensino Médio, utilizando uma metodologia que associou a Sala de Aula Invertida ao Ensino sob Medida, doravante denominada SAI/EsM, adaptada para a forma de ensino remoto, durante o período de distanciamento social

decorrente da pandemia de COVID-19. A evolução na aprendizagem dos estudantes foi avaliada de forma quantitativa pelo parâmetro Ganho de Hake, através do teste conceitual fundamentado no FCI, aplicado antes e após a metodologia adotada.

## Metodologia

### Caracterização da pesquisa

O presente estudo fez parte de uma pesquisa desenvolvida através de uma dissertação de mestrado, realizada junto ao Programa de Pós-Graduação em Química - Universidade Federal do Ceará (UFC). A aplicação da metodologia ocorreu em duas escolas de ensino profissionalizante da rede pública estadual de ensino, doravante denominadas Escola-A e Escola-B, localizadas na cidade de Fortaleza-Ceará. A aplicação se deu durante os meses de outubro-dezembro/2020 e março-maio/2021, período referente a primeira e segunda ondas de COVID-19, respectivamente.

O público-alvo da pesquisa foram os estudantes do 3º ano do Ensino Médio, com idade entre 16 até 18 anos, com renda familiar mensal média entre 1 até 3 salários mínimos, perfazendo um total de 74 participantes, dos quais 29 eram pertencentes a Escola-A e 45 da Escola-B. Por uma questão de comparação para o estudo de aplicação da SAI/EsM, em ambas as escolas foi ministrada a temática “Eletroquímica”, que representa um dos conteúdos previstos no planejamento anual dessas escolas para a disciplina de Química. Em ambas as escolas, o conteúdo de eletroquímica foi explanado pela primeira vez para os estudantes, através das aulas ministradas durante a aplicação da SAI/EsM. As aulas aconteceram semanalmente por meio da plataforma *Google Meet*.

O desenvolvimento deste trabalho associou as metodologias ativas Sala de Aula Invertida (Bergmann & Sams, 2019) e Ensino sob Medida (Novak *et al.*, 1999). Para tanto, foram utilizadas videoaulas autorais disponibilizadas no *YouTube* com objetivo de otimizar o tempo de aula, e formulários de atividades *on-line* para detectar as dúvidas e déficits de aprendizagem após os estudantes assistirem aos vídeos, além de monitorar a participação dos estudantes nas atividades prévias propostas. Durante as aulas, ministradas de forma remota e síncrona, ocorriam os debates e as discussões acerca dos conteúdos.

A pesquisa foi delineada a partir da execução das seguintes etapas: I- Planejamento e produção do material didático utilizado; II – Elaboração do instrumento de avaliação da aprendizagem; III- Aplicação da Sala de Aula Invertida associada ao Ensino sob Medida e adaptadas ao ensino remoto. Vale destacar que todos os *links* de acesso utilizados na aplicação da metodologia (videoaulas, formulários de atividades e instrumentos de coleta de dados) foram disponibilizados através da plataforma *Google Classroom* e compartilhados para os estudantes através do aplicativo *WhatsApp*. Além disso, mensagens frequentes eram compartilhadas nos grupos com o objetivo de fomentar a participação.

### Planejamento e produção do material didático utilizado

Inicialmente, foi realizada a produção das videoaulas autorais relacionadas aos conteúdos de Eletroquímica. Para cada videoaula foi elaborada uma apresentação em *slides*, contendo os principais tópicos a serem abordados, imagens ilustrativas e fórmulas matemáticas, utilizando o programa de criação, edição e exibição de apresentações gráficas *Microsoft PowerPoint*. Em seguida, foi elaborado um roteiro para orientação das falas durante o processo de gravação das videoaulas, contendo os principais pontos a serem explanados acerca dos conteúdos.

Cada videoaula produzida dispunha de três momentos distintos: (1) Introdução acerca do que seria abordado e instruções sobre como assistir a um vídeo de forma instrucional; (2) Exposição dos conteúdos utilizando os *slides* e (3) Conclusão contendo orientações sobre as atividades a

serem realizadas pelos estudantes após assistirem ao vídeo. As introduções e as conclusões das videoaulas foram gravadas por câmera de celular e microfone de lapela acoplado ao *smartphone*, simulando um diálogo entre a pesquisadora e os estudantes. A exposição dos conteúdos foi gravada em formato de vídeo *mp4*, pelo *software* de captura de tela do próprio *Windows 10*, associado a um microfone de lapela conectado ao notebook. O *software* foi ativado pelos botões “*Windows + G*” do teclado do dispositivo, permitindo a gravação simultânea da tela do computador e da voz. Durante a edição das videoaulas, foram acrescentados os recursos de animação, música e ajustes de filmagens e som. Posteriormente, o material era postado na plataforma *YouTube*, a fim de ser disponibilizado para os estudantes. Vale ressaltar que os vídeos foram produzidos com o intuito de serem curtos ( $\cong$  7-9 minutos) e contendo informações diretas e relevantes, procedimento padrão utilizado em videoaulas direcionadas a metodologia SAI (Bergmann & Sams, 2019), conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1:** Videoaulas disponíveis no *YouTube*, tempo de duração e *links* de acesso.

Tema	Tempo	Link de acesso
Reações de Óxidorredução	8'50"	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=P8iaRtlynFw&amp;t=11s">https://www.youtube.com/watch?v=P8iaRtlynFw&amp;t=11s</a>
Pilha de Daniel, pilhas e baterias do cotidiano	8'55"	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=cmGUHtrmC8I&amp;t=66s">https://www.youtube.com/watch?v=cmGUHtrmC8I&amp;t=66s</a>
Força Eletromotriz	9'04"	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=3J0qQRhgSlc&amp;t=22s">https://www.youtube.com/watch?v=3J0qQRhgSlc&amp;t=22s</a>
Eletrólise Ígnea	7'39"	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=loQGtft0oQ&amp;t=13s">https://www.youtube.com/watch?v=loQGtft0oQ&amp;t=13s</a>

**Fonte:** Autoria própria (2021).

Os formulários de atividades eram equivalentes às tarefas prévias realizadas pelos estudantes antes da exposição dos conteúdos em sala de aula, como determinado pela metodologia Ensino sob Medida, sendo enviados concomitante aos vídeos. Eram respondidos após a visualização de cada videoaula e antes dos encontros remotos síncronos. O objetivo foi realizar o monitoramento da participação dos estudantes e, principalmente, identificar as dificuldades de aprendizagem através da análise das respostas e do índice de erros e acertos, proporcionando a personalização das aulas através de um planejamento de atividades voltadas para o esclarecimento das dúvidas detectadas e da ressignificação do conhecimento, conforme o método EsM (Mazur & Waticks, 2010; Novack *et al.*, 1999).

Os formulários de atividades abordavam os conteúdos de *Eletroquímica* relacionados a cada vídeo e eram disponibilizados através da plataforma *Google Forms*, sendo compostos por questões selecionadas entre as de domínio público (Cesar, 2019; Determinante Pré-Vestibular, 2018; Roberto, 2007; Química para o Vestibular, 2015) e das provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) disponibilizadas pela *internet* (INEP, 2019).

### Elaboração do instrumento de avaliação da aprendizagem

O teste conceitual (TC), relativo à avaliação de aprendizagem, teve por objetivo avaliar a evolução na aquisição de conhecimento dos estudantes após aplicação da metodologia ativa SAI/EsM. Seguiu-se o modelo de aplicação e elaboração de questões do teste denominado *Force Concept Inventory* (Hestenes *et al.*, 1992). O TC foi aplicado em dois momentos: (1) Após a primeira aula remota síncrona de apresentação do projeto — denominado Pré-Teste e (2) Após o encerramento das aulas síncronas — denominado Pós-Teste. Para a composição do TC foram elaboradas 20 questões conceituais de múltipla escolha, contendo apenas uma única resposta irrefutavelmente correta, através de uma linguagem não técnica e sem a necessidade de cálculos.

Ressalta-se que a coleta de dados foi realizada com a anuência do núcleo gestor das escolas participantes e com a concordância dos estudantes e de seus respectivos responsáveis. A disponibilização do Pré-Teste foi realizada via plataforma *Google Forms*, ficando disponível para resolução por três dias consecutivos em ambas as escolas e interrompido após esse período. A aplicação do Pós-Teste, disponibilizado na mesma plataforma, ficou disponível para resolução por cinco dias consecutivos, cessando a partir daí o seu acesso. Vale salientar que cada estudante teve acesso ao Pré-Teste e ao Pós-Teste uma única vez, e as respostas não poderiam ser alteradas após seu envio.

Para medir o ganho conceitual dos estudantes, foi determinado o parâmetro Ganho de Hake ( $\langle g \rangle$ ), Equação (1), também encontrado na literatura como Ganho Normalizado ou Ganho Normatizado, definido por Hake (1998) como:

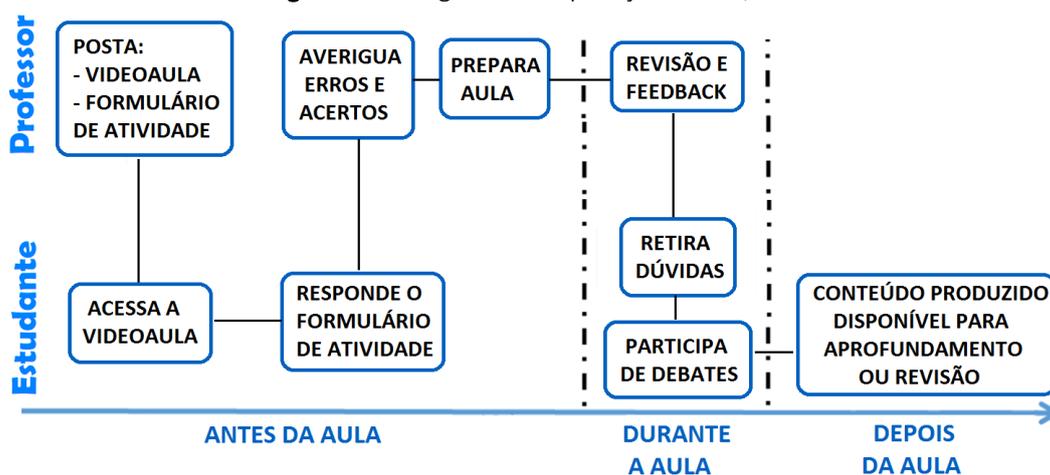
$$\langle g \rangle = \frac{\text{Spós}\% - \text{Spré}\%}{100\% - \text{Spré}\%} \quad (1)$$

onde,  $\text{Spré}\%$  representa a porcentagem de acertos nas questões do Pré-Teste e  $\text{Spós}\%$  a porcentagem de acertos nas questões do Pós-Teste. A partir do valor do Ganho de Hake, é possível categorizar os dados de acordo com a proposição: alto ganho =  $\langle g \rangle \geq 0,7$ ; médio ganho =  $0,7 > \langle g \rangle \geq 0,3$  e baixo ganho =  $\langle g \rangle < 0,3$  (Hake, 1998).

### Aplicação da sala de aula invertida associada ao ensino sob medida (SAI/EsM) adaptadas ao ensino remoto

A Figura 1 apresenta as etapas de aplicação da metodologia SAI/EsM adotada neste trabalho, com as respectivas ações pertinentes aos estudantes e à pesquisadora/professora que a aplicou. Antes de iniciar as atividades, houve a necessidade de uma aula inicial para a apresentação do projeto, momento importante para esclarecer cada etapa do processo a fim de que os estudantes possam conhecer os conceitos relativos à Sala de Aula Invertida e ao Ensino sob Medida (Bergmann & Sams, 2019).

Figura 1: Fluxograma de aplicação da SAI/EsM.



Fonte: Adaptado de Schmitz (2016).

O início do processo de aplicação utilizou os princípios da metodologia SAI, quando a professora disponibilizou o material referente ao conteúdo que seria abordado durante a aula síncrona, através de links de acesso enviados aos estudantes, com antecedência de uma semana, de forma que houvesse tempo suficiente para a visualização da videoaula e a resolução do formulário de

atividades. O envio dos *links* se dava semanalmente, sempre no mesmo dia e horário, de modo a se estabelecer uma rotina.

Na etapa subsequente, conceitos do EsM foram aplicados, visto que a preparação dos encontros remotos síncronos acontecia após a análise das respostas dos formulários de atividades, onde era possível averiguar o número de erros e acertos em cada questão. Dessa forma, se tornava viável a preparação das aulas com estratégias adequadas, voltadas para uma aprendizagem mais efetiva e personalizada em relação a um conteúdo específico, direcionada aos pontos de maiores dificuldades detectados (Novack *et al.*, 1999; Mazur & Watikns, 2010; Oliveira *et al.*, 2015).

A seguir, durante a aula remota síncrona, acontecia uma revisão dos conteúdos explorados pela videoaula e o esclarecimento de dúvidas decorrentes dela. Além disso, os percentuais de acertos nas questões do formulário de atividades eram comentados e algumas questões do ENEM e as propostas pelo livro-texto utilizado pelas escolas eram resolvidas (*Feedback*). Para a resolução dos exercícios e anotações, foi utilizada a mesa digitalizadora *One by Wacom*. O tempo remanescente era dedicado às correlações teoria-prática do conteúdo da aula através de situações problema envolvendo meio-ambiente, fatos do cotidiano e do entorno dos estudantes, gerando inúmeros debates e discussões para aprofundamento do tema. Todas as anotações produzidas durante as aulas remotas foram disponibilizadas através do *Google Classroom*, além de acesso contínuo às videoaulas para futuras revisões e aprofundamentos, de acordo com a demanda específica de cada estudante.

## Resultados e Discussão

Para a avaliação do ganho de aprendizagem, após a aplicação da metodologia adotada neste trabalho, utilizou-se o parâmetro Ganho de Hake (1998) de modo a inferir a evolução quantitativa de aprendizado dos estudantes frente a um novo método de ensino. Para tal, seguiu-se a dinâmica Pré-Teste/metodologia/Pós-Teste. Essa técnica vem sendo usualmente empregada em metodologias educacionais, principalmente as que buscam mensurar o ganho de aprendizagem, com destaque em aplicações da SAI (Araújo *et al.*, 2017; Gomes, 2019; Vilela *et al.*, 2019; Lima *et al.*, 2021; Sanches *et al.*, 2021).

A Tabela 2 apresenta os resultados de acertos dos estudantes, obtidos no Pré-Teste (Spré%), buscando identificar o limiar conceitual em que os estudantes se encontravam antes da aplicação da SAI/EsM. Foi possível observar que ambas as escolas obtiveram uma média de acertos menor que 50% e bastante próximas (Escola-A: 46% e Escola-B: 42%), revelando que a condição inicial dos participantes em relação aos conceitos abordados no referido teste resultou em conhecimentos prévios aproximados. Todavia, a análise dos desvios padrões, especialmente considerando seus máximos, mostraram variações (Escola-A: 60% e Escola-B: 53%), ilustrando melhores índices de acertos entre os participantes da Escola-A.

**Tabela 2:** Média da porcentagem de acertos no Pré-Teste (Spré%), número de respondentes (N) e desvio padrão (DP) por escola.

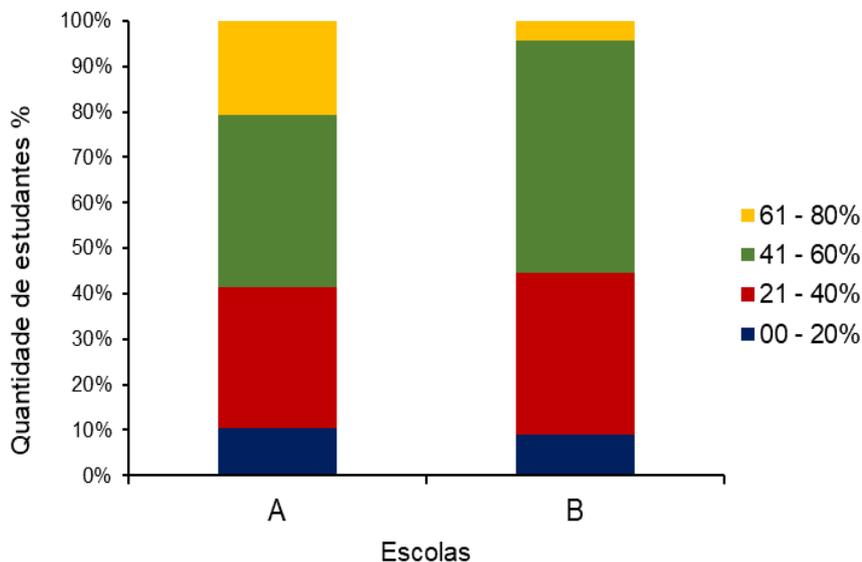
Escola	N	Spré%	DP
A	29	46	14
B	45	42	11

**Fonte:** Autoria própria (2021).

Essa variação nos percentuais de acerto por escola pode ser melhor compreendida através da Figura 2, onde cada coluna foi subdividida em intervalos de percentuais de acertos no Pré-Teste para ambas as escolas. Foi possível observar uma semelhança na quantidade de estudantes para as faixas de acertos entre 0–20% e 21–40%, representadas pelas cores azul e vermelho, respectivamente. No entanto, os acertos nas faixas entre 41–60% (verde) foram superiores para a Escola-B, assim como aqueles entre a faixa de 60–81% (amarelo) foram superiores para a

Escola-A. Esses resultados demonstram que, para ambas as escolas, os participantes possuem conhecimentos prévios sobre Eletroquímica em todas as faixas de acerto da Figura 2, com proeminência da Escola A, pois ela representa as maiores médias de Spré%, o que pode justificar seus valores máximos de desvio padrão (Tabela 2).

Figura 2: Valores de Spré% em intervalos de percentuais de acerto para cada escola investigada.



Fonte: Autoria própria (2021).

Não se observou na aplicação do Pré-Teste, acertos na faixa de maior ganho (81–100%). De acordo com Silva *et al.* (2019), estudantes que apresentam altos índices de acertos em Spré% possuem um conhecimento inicial razoável sobre o conteúdo estudado. Entretanto, nessa situação, será mais difícil observar um grande impacto na aprendizagem após a aplicação do Pós-Teste, limitando o valor do parâmetro Ganho de Hake a uma pequena margem disponível para crescimento (Quibão *et al.*, 2019).

Dessa forma, é importante que o professor esteja atento e procure conhecer as necessidades reais de aprendizagem do(s) conteúdo(s) a serem trabalhados em sala de aula, assim como a escolha da melhor metodologia a ser empregada. O papel do professor nas metodologias ativas torna-se ainda mais relevante, pois o foco não se restringe a entrega de conteúdo ou a disseminação do conhecimento, mas a de um facilitador da aprendizagem, trabalhando para alcançar o engajamento dos estudantes em sala de aula e fora dela, a fim de que recebam o que precisam e quando precisam. Caberá ao professor compreender as potencialidades e as fragilidades dos seus estudantes, respeitar as particularidades de cada um e encontrar uma forma de manter cada indivíduo comprometido com sua aprendizagem, viabilizando um ensino de qualidade.

Os intervalos de acertos na Figura 2 estão em constância com os obtidos na literatura para disciplinas da área das Ciências da Natureza. Para a Biologia, por exemplo, foi reportado faixas de Spré% que vão desde 9,7% a 68,7% (Gomes, 2019; Lima *et al.*, 2021). No Ensino Médio, para a disciplina de Química, os intervalos foram de 13,3% a 70%, (Siqueira, 2020) e, tanto para o Ensino Médio quanto para o Ensino Superior, para a disciplina de Física, as faixas de acerto ficaram entre 25,3% a 82%, nestes dois últimos exemplos em aplicações de metodologias ativas (Araújo *et al.*, 2017; Silva *et al.* 2019; Quibão *et al.*, 2019). As faixas são extensas, pois elas estão intimamente ligadas ao quanto cada estudante conhece a respeito de determinado conteúdo, no denominado conhecimento prévio. De acordo com Moreira & Masini (2001) para a promoção de uma aprendizagem significativa é necessário estabelecer uma organização dos conceitos previamente conhecidos, superando a fronteira entre o que o estudante já sabe e aquilo que ele precisa saber.

Após a aplicação da metodologia, procedeu-se uma nova avaliação dos perfis conceituais dos estudantes, desta vez através do Pós-Teste, Tabela 3. Os resultados permitiram verificar o impacto causado quando comparado aos perfis conceituais iniciais (Tabela 2). Os resultados mostraram que as duas escolas apresentaram evolução conceitual após a aplicação da metodologia, com valores médios maiores que 50%, e com destaque para os estudantes da Escola-A, com os maiores percentuais de acerto (68%).

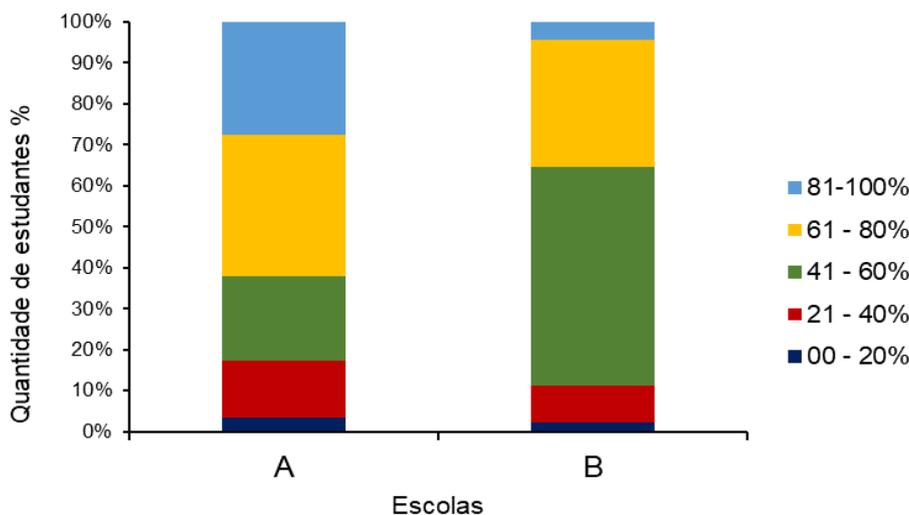
**Tabela 3:** Média da porcentagem de acertos no Pós-Teste (Spós%), número de respondentes (N) e desvio padrão (DP) por escola.

Escola	N	Spré%	DP
A	29	68	18
B	45	59	11

Fonte: A autoria própria (2021).

A Figura 3 apresenta os intervalos percentuais de acertos dos estudantes no Pós-teste para as duas escolas, permitindo uma melhor visualização do perfil conceitual. Foi possível observar que as duas escolas passaram a apresentar acertos na faixa de maiores índices de apropriação de conceitos (81–100%), o que não foi detectado na análise inicial (Spré%). Esse aumento demonstrou ganho conceitual para ambas as escolas, sendo mais pronunciado na Escola-A.

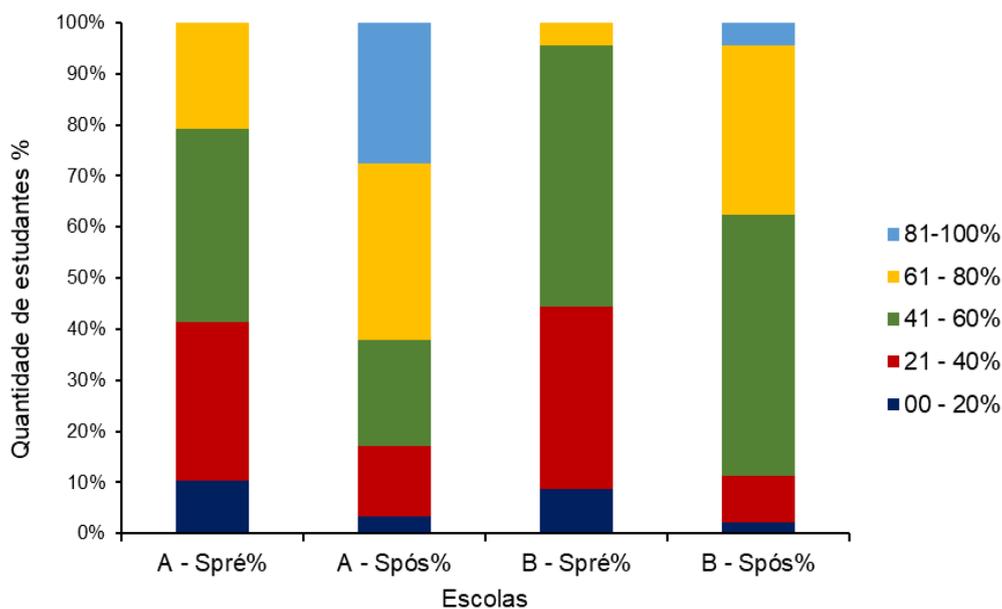
**Figura 3:** Valores de Spós% em intervalos de percentuais de acerto para cada escola investigada.



Fonte: A autoria própria (2021).

Para uma melhor análise do impacto da aplicação das metodologias no perfil conceitual das escolas estudadas, a Figura 4 apresenta um comparativo entre os resultados de Spré% e Spós%, mostrando a evolução percentual de acertos dos estudantes em cada um dos testes conceituais. Os resultados demonstraram um nítido crescimento dos maiores índices de apropriação de conceitos para as duas escolas após a aplicação da SAI/EsM. Ocorreu um aumento significativo no percentual de acertos na faixa entre 61–80% (Spós%), e o surgimento de uma nova faixa, inexistente no Pré-Teste (81–100%), assim como, para ambas as escolas, ocorreu uma redução nas faixas que representam os menores índices de apropriação (0–20% e 21–40%). Isto pode estar diretamente relacionado ao aumento nos índices de aprendizagem após a aplicação da metodologia. De acordo com Quibão *et al.* (2019) e Silva *et al.* (2019), um aumento das médias de acertos na comparação entre Spré% e Spós% expressa uma evolução global dos grupos avaliados e um aumento geral no número de estudantes com melhorias em sua aprendizagem sobre o tema estudado. Esse comportamento foi verificado nos resultados aqui apresentados.

Figura 4: Comparação entre os intervalos de percentuais de acertos de Spré% e Spós% para cada escola investigada.



Fonte: Autoria própria (2021).

### Ganho de Hake ( $\langle g \rangle$ )

De posse da avaliação do ganho de aprendizagem das escolas, fez-se uso do parâmetro Ganho de Hake (Equação 1) para quantificar o impacto causado pelas metodologias SAI/EsM, utilizadas e aplicadas remotamente, no desempenho dos estudantes, permitindo conhecer a progressão do aprendizado em relação à temática em estudo (Hake, 1998; Vieira, 2014). O Ganho de Hake calcula a relação entre o saldo percentual positivo de acertos após a aplicação de uma metodologia e o percentual de erro inicial, a fim de determinar o ganho de aprendizagem dentro do universo de conceitos desconhecidos no início do processo ( $\langle g \rangle = 0$  representa ganho nulo e  $\langle g \rangle = 1$  refere-se a 100% de ganho médio) (Hake, 1998).

Os resultados mostraram que as duas escolas obtiveram Ganho de Hake positivo, comprovando a contribuição das metodologias utilizada para a aprendizagem dos estudantes na disciplina de Química durante o ensino remoto, com destaque para maiores ganhos na Escola-A (Tabela 4). De acordo com os resultados da Tabela 4, e segundo os parâmetros pré-estabelecidos por Hake, os resultados alcançados neste trabalho classificam-se como de baixo ganho conceitual para a Escola-B (0,29) e de médio ganho conceitual para a Escola-A (0,41). Entretanto, esses valores, embora aplicados de forma remota, estão na faixa de resultados reportados pela literatura, para o Ensino Superior e Médio, se mostrando em alguns casos, em especial para a Escola-A, valor significativamente superior aos aplicados na modalidade presencial e remoto.

Tabela 4: Resultados literários e do presente trabalho para o Ganho de Hake ( $\langle g \rangle$ ) em diferentes modalidades, disciplinas e níveis de ensino.

Disciplina	Nível	Modalidade	$\langle g \rangle$	Referência
Química (Escola-A)	Médio	Remoto	0,41	Este trabalho
Química (Escola-B)	Médio	Remoto	0,29	Este Trabalho
Física	Médio	Remoto	0,34	Vilela <i>et al.</i> (2019)

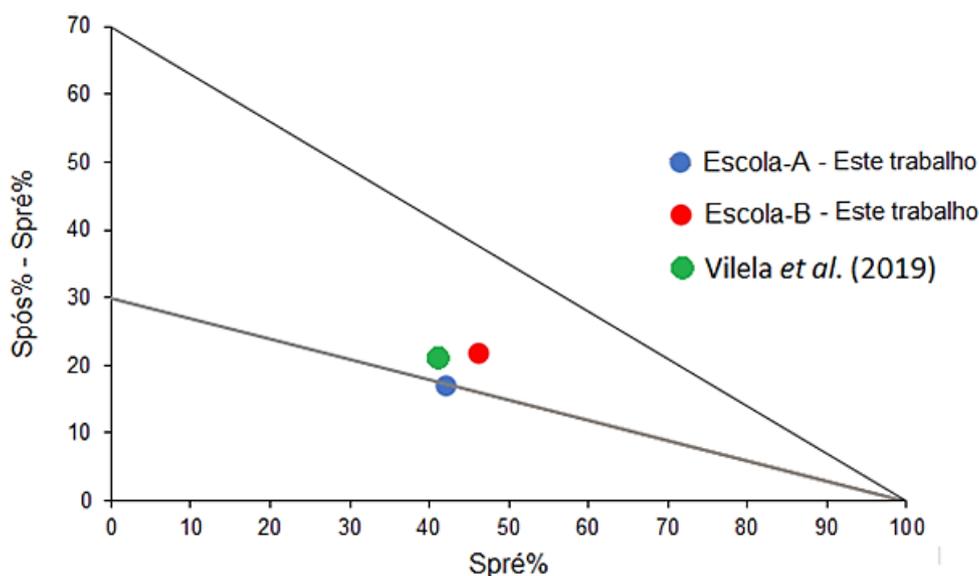
Física	Médio	Presencial	0,11	Silva <i>et al.</i> (2019)
Física	Médio	Presencial	0,12	Araújo <i>et al.</i> (2017)
Biologia	Superior	Presencial	0,17	Techanamurthy <i>et al.</i> (2019)
Biologia	Médio	Presencial	0,20	Gomes (2019)
Física	Superior	Presencial	0,29	Quibão <i>et al.</i> (2019)
Biologia	Médio	Presencial	0,40	Lima <i>et al.</i> (2021)
Biologia	Médio	Presencial	0,43	Ramadhani <i>et al.</i> (2019)
Física	Superior	Presencial	0,54	Vieira (2014)

**Fonte:** Autoria própria (2021).

O posicionamento do saldo de acertos para as escolas ( $Spós\% - Spré\%$ ) em função do desempenho na aplicação do Pré-Teste ( $Spré\%$ ) está ilustrado na Figura 5, dividida em três regiões distintas, delimitadas por uma reta inferior e uma superior. Valores de  $\langle g \rangle$  localizados abaixo da reta inferior apresentam baixo ganho conceitual; valores de  $\langle g \rangle$  entre as duas retas são considerados de médio ganho conceitual; e  $\langle g \rangle$  na região acima da reta superior são de alto ganho conceitual. Para efeito de comparação, o resultado obtido por Vilela *et al.* (2019) foi adicionado, em função da sua aplicação também ter sido realizada sob a forma remota e para estudantes do Ensino Médio (Física). Os autores não encontraram valores literários de  $\langle g \rangle$  após aplicação da SAI ou EsM, na forma remota ou presencial, para a disciplina de Química, direcionada ao Ensino Médio, o que dificultou comparações diretas e ao mesmo tempo em que demonstra o caráter inovador dos resultados encontrados neste trabalho.

Embora exista a possibilidade gráfica de se ilustrar a distribuição do Ganho de Hake, seus resultados não devem ser interpretados apenas observando seu posicionamento entre os eixos  $x$  e  $y$ , desconsiderando os desdobramentos que apontam para seus reais avanços no aprendizado após aplicação das metodologias SAI/EsM. Ele deve ser interpretado em associação com outros marcadores, como a análise do perfil conceitual inicial ( $Spré\%$ ) dos estudantes antes da aplicação da SAI/EsM, que mostrou valores médios significativos (Tabela 2), demonstrando um percentual relevante de conhecimento prévio, ainda que não tivessem tido aula de Eletroquímica.

Figura 5: Distribuição de Ganho de Hake para as Escolas A e B, e obtido por Vilela *et al.* (2019), ambos aplicados remotamente.

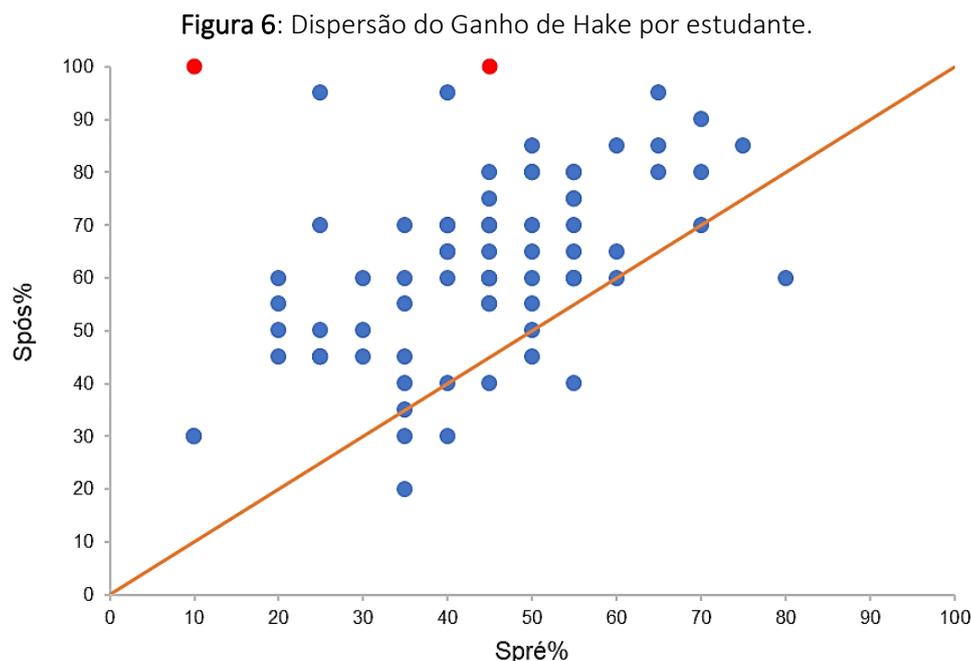


Fonte: Autoria própria (2021).

Vale ressaltar que após aplicação da SAI/EsM, houve ganhos significativos com o Pós-Teste na faixa entre 61–80%, e o surgimento, para ambas as escolas, de uma nova faixa antes não visualizada, entre 81–100%. No que diz respeito à categorização final do ganho (baixo e médio), esses resultados poderiam ser mais pronunciados caso o Pré-Teste apresentasse valores menores aos observados inicialmente, o que viabilizaria uma maior margem disponível para o aumento do ganho conceitual. O nível de conhecimento mostrado pelos estudantes sobre os conteúdos de Eletroquímica, mesmo sendo inédito nas respectivas escolas, pode ser tentativamente justificado se alguns fatores forem considerados como conteúdos transversais ministrados pelos professores dos cursos técnicos e previstos na base técnica das escolas profissionalizantes e a interdisciplinaridade com a disciplina de Física, visto que o conteúdo de eletricidade já havia sido estudado, abordando alguns conceitos básicos da Eletroquímica.

Esse comportamento também foi verificado por Quibão *et al.* (2019). Suas observações apontam para o fato de que quanto menor o resultado no Pré-Teste, melhor se observa o impacto no ganho de conceitos dos estudantes em função do aumento no parâmetro calculado. Por outro lado, a literatura entende que um ganho conceitual positivo é sempre ganho de aprendizado em relação ao conhecimento dos estudantes (Araújo *et al.*, 2017; Gomes, 2019; Lima *et al.*, 2021; Quibão *et al.*, 2019).

A dispersão dos dados do Ganho de Hake para cada estudante ajuda a entender melhor os resultados obtidos, Figura 6. A reta identidade divide os dois quadrantes e os pontos sobre ela identificam resultados de Pré e Pós-Teste idênticos ( $\text{Spré}\% = \text{Spós}\%$ ), ou seja, ganho conceitual nulo. Os pontos localizados abaixo da reta apresentam resultados do Pós-Teste menores que os do Pré-Teste ( $\text{Spós}\% < \text{Spré}\%$ ), resultando em ganho conceitual negativos; e os pontos acima da reta representam resultados do Pós-Teste superiores aos do Pré-Teste ( $\text{Spós}\% > \text{Spré}\%$ ), indicando ganho conceitual positivo. De acordo com a Figura 6, um ganho conceitual positivo ocorreu para a maioria dos participantes deste trabalho (para 62 dos 74 estudantes).



Há inúmeros casos de comportamento positivo, mostrando que para as escolas investigadas neste estudo, a SAI/EsM promoveu um ganho para a maioria dos estudantes (83,8%), resultado muito significativo em se tratando das condições em que as metodologias foram aplicadas. Além disso, a figura aponta situações interessantes, como as marcadas em vermelho, representando os dois estudantes que atingiram ganho conceitual de 100% de acertos no Pós-Teste. O primeiro deles evoluiu de 10% (Pré-Teste) para 100%, e o segundo de 46% (Pré-Teste) para 100%, respectivamente, mostrando que após a aplicação da SAI/EsM seus desempenhos foram máximos.

Os resultados encontrados neste trabalho mostraram que, mesmo sob situações atípicas, a escolha e a adequação da metodologia empregada podem conduzir a um aprendizado significativo dos estudantes, evidenciando que, apesar das dificuldades enfrentadas no decorrer do processo de aprendizagem e, especialmente durante a pandemia, quando inúmeros problemas precisaram ser contornados, foi possível promover a proatividade dos estudantes e fomentar o processo de ensino e aprendizagem através do uso de plataformas digitais como ferramentas facilitadoras desse processo.

## Considerações Finais

O isolamento social imposto pela pandemia de COVID-19 tornou urgente a necessidade de adaptações e reestruturações nos papéis dos professores, estudantes e da comunidade escolar como um todo. Nesse cenário de impedimento das aulas presenciais, o ensino remoto proporcionou a continuidade das atividades escolares por meio de recursos tecnológicos, porém, exigiu mudanças rápidas nos métodos de ensino, bem como na avaliação da aprendizagem, sem a possibilidade de um planejamento progressivo.

Neste trabalho, realizado no Ensino de Química do Ensino Médio, durante a aplicação da Sala de Aula Invertida, a principal ferramenta utilizada para a inversão da aula foi a videoaula, por ser mais atrativa, possibilitar uma maior dinâmica durante a apresentação dos conteúdos, otimizar o tempo de aula, além de possibilitar visualizações repetidas vezes. O uso dos formulários de atividade baseou-se na metodologia Ensino sob Medida, de modo que auxiliou na preparação de aulas personalizadas, baseadas nas principais dificuldades de aprendizagem detectadas nas respostas dos estudantes. Dessa forma, o tempo de aula foi utilizado no desenvolvimento de

atividades de aprendizagem ativa, incentivando a autonomia e resultando em oportunidades de estreitamento das relações professor-estudante e estudante-estudante, ainda que de forma remota.

O parâmetro Ganho de Hake foi o preceito que subsidiou a avaliação do ganho de aprendizagem por meio de teste conceitual. Os resultados mostraram que as duas escolas evoluíram nos percentuais de acerto, resultando em ganho de aprendizagem positivo:  $\langle g \rangle = 0,41$  para a Escola-A e  $\langle g \rangle = 0,29$  para a Escola-B, ilustrando aumento na aquisição dos conhecimentos.

Os resultados mostraram que as escolas analisadas obtiveram desempenhos compatíveis com os apresentados na literatura, tanto nacionais quanto internacionais. Houve ganho de aprendizagem mesmo em condições atípicas e em circunstâncias singulares para o sistema de ensino: em meio a uma pandemia e de forma remota.

As análises dos resultados do Pós-Teste por estudante mostrou que a SAI/EsM promoveu ganhos conceituais, chegando até 100%, além de diversos outros casos positivos para 83,8% dos participantes, resultado relevante frente às condições de aplicação da metodologia, considerando que os estudantes tiveram que lidar com muitas variáveis fora do ambiente escolar, como a falta de infraestrutura em suas residências e de tecnologia disponível (sinal de *internet*, tabletes, computadores), além de responsabilidades domésticas atribuídas mediante essa nova realidade, as quais dificultaram sobremaneira o desenvolvimento da aprendizagem nesse período. A saúde mental e emocional também foi impactada. O estresse causado pelo receio da doença e as incertezas geradas pela desorganização do sistema educacional e familiar certamente influenciaram negativamente no processo de aprendizagem dos estudantes.

Mesmo com todos os entraves e dificuldades, a metodologia de ensino Sala de Aula Invertida associada ao Ensino sob Medida, adotada neste trabalho, possibilitou que o estudante trabalhasse no seu ritmo, nos horários e dias mais adequados e dentro de sua realidade familiar, revendo os conteúdos quantas vezes fosse necessário, fazendo anotações e desenvolvendo autonomia em sua aprendizagem. A SAI/EsM promoveu um ganho conceitual de forma ativa, estimulando o protagonismo e a autonomia do estudante, mesmo em aplicação remota, durante um período pandêmico. A dinâmica de interações com os estudantes e a forma de comunicação com a família foi modificada. O conhecimento das tecnologias de comunicação e educação e a implementação de metodologias inovadoras como a SAI e o EsM se tornou imprescindível.

O estudo em questão também ilustrou a importância na aplicação de novas metodologias de ensino direcionadas à Educação Básica, especialmente na disciplina de Química, tendo em vista o número incipiente de estudos disponíveis na literatura. Ademais, as práticas pedagógicas inovadoras devem ser aplicadas de forma sistemática, com o olhar voltado para a aprendizagem ativa, o protagonismo, a autonomia e o desenvolvimento integral do estudante.

Verificou-se que a SAI/EsM ofereceu uma mudança no ambiente escolar de seus participantes, alterando a lógica de sua organização e rompendo com paradigmas do ensino tradicional. Perceber as necessidades dos estudantes e trabalhar os conteúdos a partir das suas dúvidas e sugestões tem potencial de tornar a aprendizagem mais significativa, colocando o estudante no centro de seu processo de ensino e aprendizagem.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, a FUNCAP, ao programa de pós-graduação em Química da UFC, à SEDUC e às Escolas Estaduais de Educação Profissional Juez Távora e Joaquim Moreira de Sousa.

## Referências

- Araújo, Alexandre V. R., Jesus, Vitor L. B., Oliveira, Alexandre L. & Silva, E. S. (2017). Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos em contextos de aprendizagem ativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(2).
- Araujo, Ives S., & Mazur, Eric (2013). Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: Uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362-284.
- Bacich, Lilian, & Moran, José (2018). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso.
- Barros, J. Acacio, Remold, Julie, Silva, Glauco S. R., & Tagliati, J. R. (2004). Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(1), 63-69.
- Bergmann, Jonathan, & Sams, Aaron (2019). *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. Rio de Janeiro: LTC.
- Cesar, Paulo (2019). *Portal de estudos em química*. Recuperado em 25 de março, 2022 de <https://www.profpc.com.br>.
- Determinante Pré-Vestibular (2018). *Vestibulares*. Recuperado em 20 de janeiro, 2022 de <http://www.determinantebh.com.br>.
- Ealy, Julie B. (2013). Development and implementation of a first-semester hybrid organic chemistry course: yielding advantages for educators and students. *Journal of Chemical Education*, 3(90), 303-307.
- Freitas, Ladjane P. S. R. (2018). *O método de estudo de casos mediado pela sala de aula invertida para potencialização do desenvolvimento da autonomia da aprendizagem durante o processo formativo de futuros professores de química*. Tese de Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE.
- Gomes, Matheus. S (2019). *Estratégias dinamizadoras e suas contribuições para o ensino de biologia (micologia) no ensino médio*. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual do Piauí, Teresina.
- Hake, Richard R. (1998, Novembro). Interactive-engagement versus traditional methods: A six thousand- student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66, 64-74.
- Hestenes, David, Wells, Malcon & Swackhamer, Gregg (1992). Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-150.
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira –INEP (2019). ENEM, Brasília: MEC. Recuperado em 5 de dezembro, 2021 de <http://portal.inep.gov.br>.
- Lacerda, Flávia C. B., & Santos, Letícia M. (2018). Integralidade na formação do ensino superior: metodologias ativas de aprendizagem. *Avaliação*, 23(3), 611-627.
- Lima, Sintiane M. S., Araújo, Mauricio S. & Lima, Michelle M. O. (2021). Metodologias alternativas no ensino de Evolução em uma escola pública do Piauí. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática - REnCiMa*, 12(1), 1-15.
- Lima-Júnior, Cláudio G., Cavalcante, Amanda M. A., Oliveira, Nayara L., Santos, Gilmar F., & Monteiro-Júnior, José M. A. (2017). Sala de aula invertida no ensino de química: planejamento, aplicação e avaliação no ensino médio. *Revista debates em ensino de química*. 3(2), 119-145.
- Magalhães, Rodrigo C. S. (2021). Pandemia de COVID-19, ensino remoto e a potencialização das desigualdades educacionais. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, 28(4), 1263-1267.

- Malik, Kinza, Martinez, Nylvia, Romero, Juan, Schubel, Skyler, & Janowicz, Philip A. (2014). Mixed methods study of on-line and written organic chemistry homework. *Journal of Chemical Education*, 11(91), 1804-1809.
- Martins, Luiza P. R. (2018). *Sala de aula invertida no ensino de química: uma proposta de sequência didática sobre Equilíbrio Químico*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Santa Catarina.
- Mazur, Eric, & Watkins, Jessica (2010). Retaining Students in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Majors. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 36-41.
- Menezes, Suzy K. O., & Francisco, Deise J. (2020). Educação em tempos de pandemia: aspectos afetivos e sociais no processo de ensino e aprendizagem. *Revista Brasileira de Informática na Educação – RBIE*, 28.
- Milhorato, Paulo R., & Guimarães, Eloísa H. R. (2016). Desafios e possibilidades da implantação da metodologia sala de aula invertida: Estudo de caso em uma Instituição de Ensino Superior privada. *Revista de Gestão e Secretariado - GeSec*, 7(3), 253- 276.
- Moreira, Marco A. & Rosa, Paulo R. S. (2008). *Uma Introdução à Pesquisa Quantitativa em Ensino*. Editora dos Autores: Porto Alegre.
- Moreira, Marco A. & Masini, Elcie F. S. (2001). *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro.
- Müller, Maycon G., Araujo, Ives S., Veit, Eliane A., & Schell, Julie (2017). Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino Peer Instruction. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(3).
- Novak, Gregor M., Patterson, Evelyn T., Gavrín, Andrew D., & Christian, Wolfgang (1999). *Just-in-Time Teaching: blending active learning with web technology*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Oliveira, Vagner, Veit, Eliane A., & Araujo, Ives S. (2015). Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (Just-in-Time Teaching) e Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio, *Caderno Brasileiro de Ensino em Física*, 32(1), 180-206.
- Palmeira, Robson L., Ribeiro, Wagner L., & Silva, Andrezza A. R. (2020). As metodologias ativas de ensino e aprendizagem em tempos de pandemia: a utilização dos recursos tecnológicos na educação superior. *Holos*, 5(36).
- Pavanelo, Elisângela, & Lima, Renan (2017). Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I. *Bolema*, 31(58), 739-759.
- Quibão, Matheus P., Silva, Angélica C., Almeida, Nicolay S., Silva, Rosanna M. A. A., Muniz, Sérgio R., & Paiva, Fernando F. (2019). Investigando a compreensão conceitual em física de alunos de graduação em cursos de ciências, engenharias e matemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(2).
- Química para o vestibular. *O sótão da química*. (2015). Recuperado em 18 de janeiro, 2023 de <http://sotaodaquimica.com.br>.
- Ramadhani, Rahmi, Umam, Rofique, Abdurrahman, Abdurrahman, & Syazali, Muhamad (2019). The effect of flipped-problem based learning model integrated with lms-google classroom for senior high school students. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 2(7), 137-158.
- Rein, Katheleen S., & Brookes, David T. (2015). Student response to a partial inversion of an organic chemistry course for non-chemistry majors. *Journal of Chemical Education*, 5(92), 797- 802.

- Roberto, Agamenon (2007). *Química*. Recuperado em 15 de novembro, 2021 de <http://www.agamenonquimica.com>.
- Rondini, Carina A., Pedro, Ketilin M., & Duarte, Cláudia S. (2020). Pandemia da COVID-19 e o ensino remoto emergencial: mudanças na prática pedagógica. *Interfaces Científicas*, 10(1), 41-57.
- Sanches, Rosimar M. L., Batista, Silvia C. F., & Marcelino, Valéria S. (2021). Teoria da Aprendizagem Significativa como base para Sala de Aula Invertida. *Revista Cocar*, 15(33), 1-21.
- Schmitz, Elieser X. S. (2016). *Sala de aula invertida: uma abordagem para combinar metodologias ativas e engajar alunos no processo de ensino-aprendizagem*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS.
- Schmitz, Elieser X. S., & Reis, Susana C. (2018). Sala de aula invertida: investigação sobre o grau de familiaridade conceitual teórico-prático dos docentes da Universidade. *Educação: Temática Digital*, 20(1), 153-175.
- Schollmeier, Ana M. L., Lampe, Leandro, & Barin, Cláudia S. (2021). Mapas conceituais como instrumento de avaliação em tempos de COVID-19. *Revista Debates em Ensino de Química*, 7(3), 156-170.
- Silva, João B. S., Gilvandenys L., & Castro, Juscileide B. (2019). Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(4).
- Silva, Paula F. T., Batista, Aline A. R., & Trotta, Leonardo M. (2020). Impactos na saúde socioemocional dos educadores durante a pandemia de COVID-19. *Revista Carioca de Ciência, Tecnologia e Educação*, 5(especial).
- Siqueira, Claitonei S. (2020). Educação escolar no contexto de pandemia: algumas reflexões. *Revista Gestão e Tecnologia*, 1(30), 44-47.
- Talbert, Robert (2019) *Guia para utilização da aprendizagem invertida no ensino superior*. Porto Alegre: Penso.
- Techanamurthy, Umawathy, Alias, Norlidah, & Dewitt, Dorothy (2020). A problem-solving flipped classroom module: developing problem-solving skills among culinary arts students. *Journal of Technical Education and Training*, 3(4), 9-4712.
- Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura –UNESCO (2020). Resposta da educação frente à COVID-19. Recuperado em 30 de junho, 2022 de <https://pt.unesco.org/covid19/educationresponse/globalcoalition>.
- Valente, José A. (2014). Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. *Educar em Revista*, 4(especial), 79-97.
- Valente, Geilsa S. C., Moraes, Érica B., Sanchez, Maritza C. O., Souza, Ddeise S., & Pacheco, Marina C. M. D. (2020). O ensino remoto frente às exigências do contexto de pandemia: reflexões sobre a prática docente. *Research, Society and Development*, 9(9), 1-13.
- Vidal, Odaléa F., & Mercado, Luis P. L. (2020). Integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação em Práticas Pedagógicas Inovadoras no Ensino Superior. *Revista Diálogo Educacional*, 20(65), 722-749.
- Vieira, Alex S. (2014). *Uma alternativa didática as aulas tradicionais: o engajamento interativo obtido por meio do uso do método Peer Instruction (Instrução pelos colegas)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Vilela, Douglas C., Germano, José S. E., Monteiro, Marco A. A., & Carvalho, Samuel J. (2019). Estudo comparativo de um experimento de eletrodinâmica: Laboratório Tradicional x Laboratório Remoto. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(4).