

Ferramentas tecnológicas para a avaliação formativa: contribuições do *clicker* Votoino em aulas de Química no Ensino Médio Integrado

*Technological tools to formative assessment: Votoino clicker
contributions in integrated high school chemistry classes*

*Herramientas tecnológicas para la evaluación formativa: aportes del
clicker Votoino en las clases de Química de la escuela secundaria
integrada*

Francisco de Araújo Silva (francisco@ifsp.edu.br)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6728-9633>

Afonso Celso Turcato (afonso.turcato@ifsp.edu.br)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0872-7223>

Resumo

A avaliação formativa e contínua em sala de aula tem sido um grande desafio no cotidiano docente, em função da grande quantidade de aulas e alunos por turma. Uma das possibilidades da função das tecnologias na prática educativa é a de que as ferramentas tecnológicas possam auxiliar neste processo de avaliação contínua. Nesta perspectiva este trabalho apresenta os resultados da elaboração, adaptação e aplicações de um sistema de votação remota chamado de Votoino. Produzido originalmente em nossa instituição de ensino e, aplicado com nossos alunos, este *clicker* mostrou-se bastante eficiente na avaliação instantânea durante uma aula de Química, sob o tema da Termoquímica, no Ensino Médio Integrado ao curso técnico em Automação Industrial, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus Sertãozinho. A inserção do Votoino como *clicker* na metodologia ativa *Peer Instruction* (PI), ou Instrução pelos Colegas (IpC), mostrou-se uma ferramenta tecnológica bastante eficiente, ágil, descomplicada e motivadora na integração dos alunos em sala de aula, na promoção da participação de todos os alunos e na possibilidade de trilhar caminhos mais efetivos pelo docente, durante a aula e no planejamento das novas aulas, aproximando-se de melhores perspectivas no processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: avaliação formativa; metodologia ativa; ensino de química; ressignificação da aprendizagem.

Abstract

Formative and continuous assessment in the classroom has been a significant challenge in the daily lives of teachers due to the large number of classes and students per group. One of the possibilities for the role of technology in educational practice is that

technological tools can assist in this continuous assessment process. From this perspective, this paper presents the results of the development, adaptation, and application of a remote voting system called Votoino. Originally developed at our educational institution and applied with our students, this clicker proved to be highly efficient in the real-time assessment of students during a Chemistry class on the topic of Thermochemistry, as part of the Integrated High School and Industrial Automation technical course at the Federal Institute of Education, Science, and Technology of São Paulo (IFSP), Sertãozinho campus. The integration of Votoino as a clicker in the Peer Instruction (PI) active learning methodology demonstrated itself as a highly efficient, fast, straightforward, and engaging technological tool for fostering student participation, promoting the involvement of all students, and enabling the teacher to follow more effective pathways during the lesson and in the planning of future classes, thus contributing to better outcomes in the teaching and learning process.

Keywords: Formative assessment; active methodologies; chemistry teaching; resignification of learning.

Resumen

La evaluación formativa y continua en la clase ha sido un gran desafío en la docencia diaria, debido al gran número de clases y de alumnos por clase. Una de las posibilidades del papel de las tecnologías en la práctica educativa es que las herramientas tecnológicas puedan ayudar en este proceso de evaluación continua. Desde esta perspectiva, este artículo presenta los resultados del desarrollo, adaptación y aplicaciones de un sistema de votación remota llamado Votoino. Producido originalmente en nuestra institución educativa y aplicado a nuestros estudiantes, este clicker demostró ser muy eficiente en la evaluación instantánea de los estudiantes durante una clase de Química, bajo la temática termoquímica, en la Escuela Secundaria Integrada al curso técnico en Automatización Industrial, del Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus Sertãozinho. La inclusión del Votoino como clicker en la metodología activa Peer Instrucción (PI), o Instrucción por Colegas (IpC), demostró ser una herramienta tecnológica muy eficiente, ágil, sencilla y motivadora a la hora de integrar a los estudiantes en la clase, promoviendo la participación de todos los estudiantes. y la posibilidad de tomar caminos más efectivos para el docente, durante la clase y al planificar nuevas clases, logrando mejores perspectivas en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Palabras-clave: evaluación formativa; metodologías activas; enseñanza de la química; resignificación del aprendizaje.

INTRODUÇÃO

Os professores que atuam no ensino de ciências exatas, seja no ensino médio ou seja no ensino superior, geralmente usam métodos passivos de aprendizagem com ambientes que raramente propiciam a interação entre alunos e entre professor-alunos.

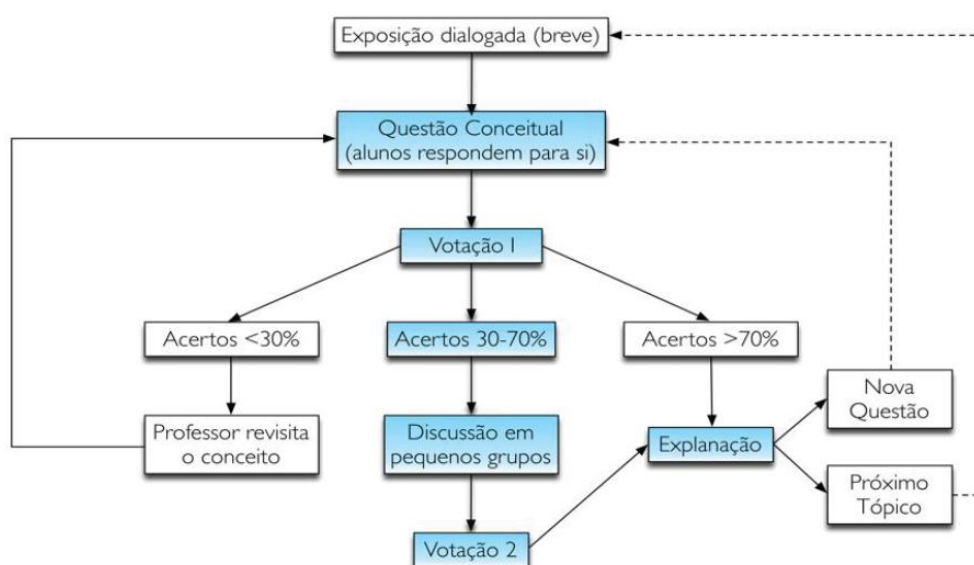
Estas metodologias são geralmente norteadas por exposição extenuante de conteúdos, onde o professor se coloca na função de expor sua visão de determinados conceitos e, os alunos, se colocam na função de acompanhar essas ideias de forma passiva. Aulas convencionais apresentam um ambiente de pouca reflexão, baixo estímulo e problematização, ou ainda, baixa interação entre os pares na argumentação de conceitos e ideias, aspectos importantes no ensino de ciências exatas. Neste cenário muitos alunos apresentam grande dificuldade em assimilar alguns conteúdos, ou conceitos científicos abstratos, levando ao baixo rendimento, reprovação e evasão (Barros; Remold; Silva; Tagliati, 2004; Barbosa; Concordido, 2009).

A falta de interação entre os alunos durante as aulas, particularmente as aulas de ciências, em diferentes níveis de ensino, dificulta o aprimoramento de discussões científicas necessárias à sociedade, haja vista que nossa experiência de vida acontece no meio social, a partir da interação com outros indivíduos ou da dependência dos indivíduos entre si. Habilidades inerentes a capacidade de discussão, do trabalho colaborativo e do saber desenvolver e compartilhar ideias são essenciais na formação crítica e social dos alunos. Em aulas puramente expositivas, com atuação única do professor, geralmente os alunos não conseguem manter o foco e buscam esta interação com os colegas, mas para conversas sobre assuntos indiferentes a atividade, interação com os seus smartphones etc., levando a problemática da indisciplina em sala de aula (Araujo; Mazur, 2013; Ribeiro; Ramos, 2012).

As chamadas “novas metodologias de ensino” têm surgido nos últimos anos com a promessa de melhorar a aprendizagem dos alunos, a partir de estratégias de ensino mais atrativas, contextualizadas e significativas. Na maioria destas estratégias estão inseridos elementos das Tecnologias da Informação e Comunicação, as TICs, com o uso de softwares diversos e acesso à informação via internet. Estas metodologias são muitas vezes chamadas de “metodologias ativas”, pela diferença em relação aos métodos mais tradicionais, uma vez que naquelas estratégias o professor deixa de ser o agente central, o detentor do conhecimento, para se transformar em um mediador do conhecimento, um sujeito que criará e propiciará situações de aprendizagem onde o aluno possa participar de forma integral e dialógica, com o professor e com os seus colegas de sala de aula,

usando a informação que já está amplamente difundida de uma forma mais contextualizada e significativa (Kenski, 2012; Bacich; Moran, 2018; Lima; Souza; Turcato; Silva, 2020; Pereira; Wobeto; Guilardi Junior; Rosinke, 2020).

Várias metodologias ativas são apontadas na literatura e se pautam em atividades que tornam o aluno um indivíduo mais ativo no espaço escolar (Assumpção; Soares, 2017; Tullis; Goldstone, 2020). O *Peer Instruction* (PI), ou Instrução pelos Colegas (IpC), é uma metodologia ativa que se baseia em dois aspectos importantes para modificar a sala de aula: a interação entre os alunos, através da colaboração em grupos, e o uso de tecnologias que realizem o acompanhamento da aprendizagem de forma instantânea. Criado nos anos 90 por Eric Mazur, professor de Física na Universidade de Harvard, esta metodologia pode ser dividida em algumas etapas importantes: o professor faz uma apresentação do conteúdo em aproximadamente 15 minutos; em seguida, apresenta um exercício ou teste conceitual (TC) de múltipla escolha para resolução individual dos alunos, que se manifestam respondendo o TC por meio de *clickers* (sistemas de votação na forma de controles remotos); o resultado da votação é observado instantaneamente pelo professor a partir do qual deve decidir como continuar sua aula – quando o nível de acertos fica entre 35% e 70% os alunos são orientados a discutir o TC em pequenos grupos e depois votam novamente neste mesmo TC para um novo monitoramento instantâneo. Além de incentivar a interação entre os alunos por meio dos grupos de discussão (Müller; Brandão; Araujo; Veit, 2012), entendemos como relevante a possibilidade de participação dos alunos com o uso dos *clickers*, de forma anônima, apontando ao professor como toda a turma está acompanhando a aula, de forma eficiente (Araujo; Mazur, 2013). A figura 1 mostra o desenvolvimento básico de uma aula que utiliza a metodologia IpC.



Fonte: Araújo; Mazur, 2013.

Figura 1: Diagrama com a representação da sequência de aplicação do método de ensino IpC.

O uso de sistemas de *clickers* em sala de aula tem uma função muito importante no *feedback* instantâneo dos resultados dos testes aplicados, que podem sinalizar o que os alunos de fato compreenderam na aula, bem como indicar os resultados almejados pela própria metodologia aplicada. Há vários relatos na literatura de possíveis adaptações do sistema de votação nesta metodologia de ensino, por exemplo, com o uso mais simples de *flashcards* (Oliveira; Veit; Araujo, 2015; Müller; Araujo; Veit, 2017), ou por meio de propostas tecnológicas mais elaboradas, como um aplicativo para smartphones (Kielt; Silva; Miquelin, 2017) – outros trabalhos foram citados no artigo de Lima, Marques, Turcato e Silva (2020). Embora o uso de sistemas alternativos de votação seja um meio propício para a aplicação do IpC, o uso de sistemas eletrônicos agiliza a aula, otimiza o tempo, organiza o espaço, motiva os alunos e compila dados de forma eficiente e instantânea sem que seja necessário, por exemplo, a contagem de votos por parte do professor, no caso do uso dos *flashcards*.

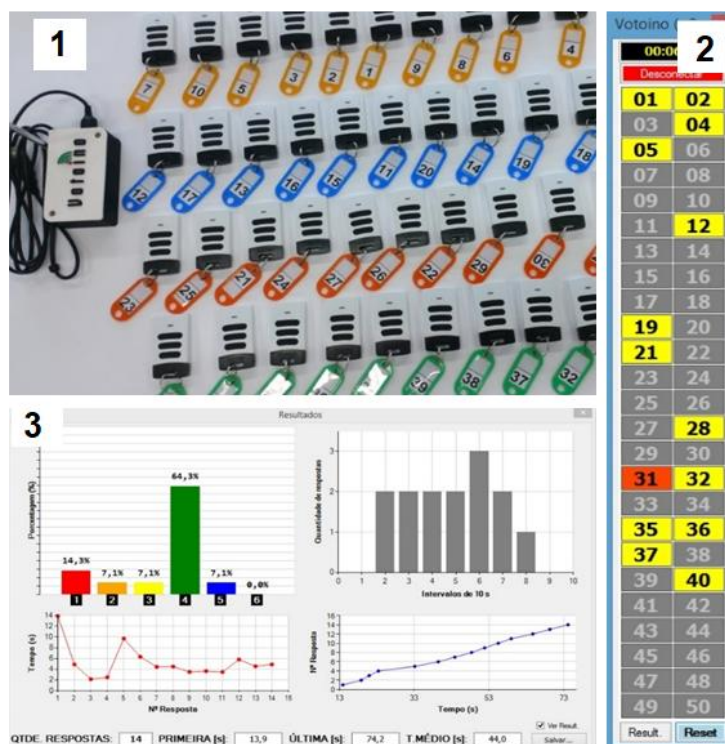
Quando se fala de metodologias de ensino, não se pode perder de vista a avaliação usada para mediar os objetivos traçados sobre a aprendizagem. Em um método passivo para os alunos como descrito no início deste texto, a avaliação geralmente passa a ser uma prova escrita no final de determinado período. Acreditamos que a avaliação, que

consideramos na perspectiva de Luckesi (Luckesi, 2011) e Perrenoud (Perrenoud, 1999), como avaliação formativa, e que busca um acompanhamento mais detalhado do desenvolvimento do aluno ao longo de todo o processo de ensino (Bozzato; Barbosa; Goulart; Garcia, 2021), seja promovida nesta metodologia com a resolução dos TCs, primeiramente de forma individual e, se necessário, de forma coletiva, com a mediação do docente. Um dos desafios desta prática é a elaboração de TCs adequados, com nível coerente à abordagem dos conceitos principais que norteiam o conteúdo da aula, que desafiem o aluno para incentivá-lo na resolução individual e na argumentação durante a resolução em grupos. Embora os vários relatos de aplicação desta estratégia apontem para o uso de questões de vestibulares e ENEM, a produção mais elaborada dos TCs, adequados às particularidades das diferentes turmas e especificidades dos diferentes contextos das aulas, se faz necessário para o alcance de melhores resultados na aprendizagem (Müller; Araujo; Veit; Schell, 2017; Lima; Marques; Turcato; Silva, 2020).

A partir de estudos bibliográficos sobre diversas propostas de sistemas de votação apresentadas na literatura, somados aos nossos testes realizados em sala de aula, estamos estudando e aprimorando um sistema de votação no modelo de *clickers*, por nós chamado de Votoino, agregando os dados e conclusões destes trabalhos da literatura, bem como os dados de nossas próprias aplicações em sala de aula. Nosso grupo apresentou a primeira versão deste *clicker* Votoino no trabalho de Lima, Turcato e Silva (Lima; Turcato; Silva, 2020), e alguns resultados de aplicação e adaptação em um trabalho subsequente (Lima; Marques; Turcato; Silva, 2020). Neste último trabalho publicado observamos algumas tendências nos dados coletados com o Votoino, onde foi possível detectar a importância de alguns elementos da sequência da metodologia de aula e dos TCs propostos para a resolução instantânea dos alunos. Neste trabalho apresentaremos novos dados de aplicação do Votoino com o objetivo de observar a relevância do uso do dispositivo, discutiremos novos dados que corroboram algumas das conclusões dos trabalhos anteriores e alertamos os professores que queiram fazer uso da metodologia a alguns aspectos importantes, como a importância da elaboração dos TCs e da necessidade de repertório e estratégias dinâmicos em vários momentos da realização de uma aula por vias da metodologia IpC.

METODOLOGIA

Como percurso metodológico deste trabalho iniciamos com a descrição da proposta tecnológica do dispositivo de votação usado em aula, cujos dados de aplicação serão tratados nos resultados. O Votoino é um dispositivo eletrônico de votação (*clicker*, em inglês) produzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus Sertãozinho, usado para a resolução de exercícios e testes em sala de aula. O dispositivo é constituído por 40 controles remotos por rádio frequência com seis botões, uma central receptora constituída por uma placa de Arduino Nano Rev.3 e um módulo receptor RF como plataforma de *hardware* (figura 2.1), encapsulada em recipiente mais adequado produzido em impressora 3D (a cápsula facilita o armazenamento e a conexão via cabo USB ao computador do professor). A central receptora faz a interface com o *software* – um painel de acompanhamento da votação dos alunos (figura 2.2) e um painel de resultados que é ampliado aos alunos ao final de cada votação (figura 2.3) – para sistema operacional Windows. Por meio do painel da figura 2.3 é possível contabilizar de forma instantânea os votos dos alunos, o número de alunos votantes, gráfico de quantidade de votos em cada alternativa do teste aplicado, gráficos de tempo etc. O controle remoto com 6 botões permite que o professor tenha o *feedback* dos alunos em questões de múltipla escolha com alternativas A, B, C, D e E, correlacionados aos botões de 1 a 5, ficando o botão 6 como alternativa aos alunos que não compreenderam o exercício, ou seja, o botão 6 pode ser usado como uma abstenção do aluno ao exercício. O uso de cada controle se dá de forma anônima sem a possibilidade de associar o aluno a resposta enviada ao painel. A figura 2 apresenta o dispositivo Votoino.



Fonte: Lima; Marques; Turcato; Silva, 2020.

Figura 2. (1) Controles de 6 botões e cápsula com Arduino; (2) Painel de votação que mostra a participação instantânea do aluno por meio da mudança de cor de cinza para amarelo; (3) Painel de resultados que é projetado ao término da votação (o professor pode projetar facilmente sobre o slide da aula, por exemplo).

A aplicação do Votoino ocorreu em uma aula sobre Termoquímica, com o subtema de equações termoquímicas de combustão, desenvolvida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) campus Sertãozinho, em uma turma de 2º ano do curso de Ensino Médio Integrado ao técnico em automação industrial, no 3º bimestre do ano de 2019. A turma possuía 39 alunos com idades entre 15 e 17 anos. Os cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do IFSP têm duração de 4 anos. Por se tratar de curso técnicos, a carga horária das disciplinas varia dependendo da área técnica a que se destinam. No curso técnico integrado em Automação a disciplina de Química faz parte do núcleo básico de formação do aluno tendo uma carga horária bastante reduzida com apenas duas aulas de Química por semana nos dois primeiros anos do curso. A aula teve duração de 1h30min, tratando-se de uma continuidade do tema Termoquímica cujos conceitos de energia, calor, fenômenos endotérmicos e exotérmicos, leituras de gráficos etc. haviam sido abordados durante as duas semanas anteriores, a partir de alguns temas

problematizadores dentre eles o consumo desenfreado e os combustíveis fósseis, ficando como tema principal desta aula a compreensão da estequiometria de equações termoquímicas de combustão. A aula teve como primeiro momento uma roda de discussão sobre o uso de combustíveis fósseis e os seus impactos com duração de 20 minutos. Na sequência, seguindo o plano de uma aula baseada na Metodologia IpC foi realizada uma exposição das reações químicas destes combustíveis, com foco nos aspectos qualitativos da discussão e nos aspectos quantitativos da estequiometria, iniciando com equações mais simples seguidos de exercícios, chamados de Testes Conceituais (TCs) na metodologia IpC. Para a resolução dos TCs foi usado o Votoino descrito acima.

Para usar o Votoino o professor conecta o cabo USB no seu computador e distribui os *clickers* aos alunos (aleatoriamente, sem identificação de qual controle está com cada aluno), e projeta o painel da figura 2.2 com um clique simples no seu próprio controle, projeta o TC (inserido nos slides da aula) e abre o tempo de votação. Quando os alunos ‘votam’, o número do controle remoto no painel que fica projetado para a sala (sem atrapalhar ou se sobrepor aos slides projetados para a aula) muda de cinza para a amarelo (e pode mudar para vermelho caso o aluno continue apertando os botões). Todos os comandos de projetar painel de votação, acionar o tempo de votação etc. são realizados de forma simples pelo professor. Após o término da votação, o professor projeta o resultado na forma de gráfico de barras com o percentual de alunos que votaram em cada alternativa, e se por acaso esse percentual não atingir 70% de acertos o painel indicará ao professor que a instrução por pares deve ser usada, onde o professor formará grupos de alunos para a discussão do TC. Após a discussão pelos alunos, os mesmos votam mais uma vez no TC cujos resultados dos votos serão projetados, os resultados dos votos individuais e os resultados dos votos após as discussões.

Sobre a análise dos dados da aula, os quantitativos de respostas dos alunos, continuaremos estudando do ponto de vista qualitativo se os objetivos de aprendizagem foram alcançados. Embora o software do dispositivo Votoino consiga armazenar uma série de dados quantitativos, e que possam também conter informações quantitativas relacionadas as possibilidades de aprendizagem dos alunos, ainda não encontramos um

percurso metodológico adequado que associe esses dados com o conjunto de variáveis subjetivas do ambiente da sala de aula e do processo de ensino e aprendizagem. Portanto, neste trabalho usaremos a perspectiva do estudo de caso, baseando-se em Yin (2001) para tentar entender o "como" e "por quê" dos dados obtidos.

Apesar da riqueza dos dados coletados e das potencialidades do dispositivo Votoino é importante ressaltar algumas limitações metodológicas que impactam uma possível generalização dos resultados como, por exemplo, a aplicação no contexto local ou *locus* da pesquisa, especialmente quando consideramos a instituição de aplicação com características específicas. Além disso, a necessidade do anonimato dos participantes da pesquisa limita a análise do desenvolvimento individual dos alunos participantes. Por fim, os dados quantitativos gerados pelas respostas dos alunos com o uso do dispositivo não apresentam associações claras com as questões subjetivas de sala de aula. Todas estas questões vêm sendo discutidos em nosso grupo de trabalho com intuito de amenizar estas limitações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aprendizagem em sala de aula não é tema trivial e suas evidências não são simples. Nem sempre a resolução de um exercício, ou a participação do aluno em um debate, ou uma boa nota em uma prova escrita, podem ser associadas de forma inequívoca ao processo de aprendizagem. Haja vista a dificuldade que temos em definir processos de avaliação adequados para as diferentes práticas de sala de aula. Sobre a complexidade da aprendizagem Franco (2016, p. 542) afirma,

ensino só se concretiza nas aprendizagens que produz. E as aprendizagens, em seu sentido amplo, bem estudadas pelos pedagogos cognitivistas, decorrem de sínteses interpretativas, realizadas nas relações dialéticas do sujeito com seu meio. Não são imediatas ou previsíveis; ocorrem mediante interpretação pelo sujeito dos sentidos criados, das circunstâncias atuais e antigas, enfim: não há correlação direta entre ensino e aprendizagem. É quase possível dizer que as aprendizagens ocorrem sempre para além, ou para além do planejado; ocorrem nos caminhos tortuosos, lentos, dinâmicos das trajetórias dos sujeitos.

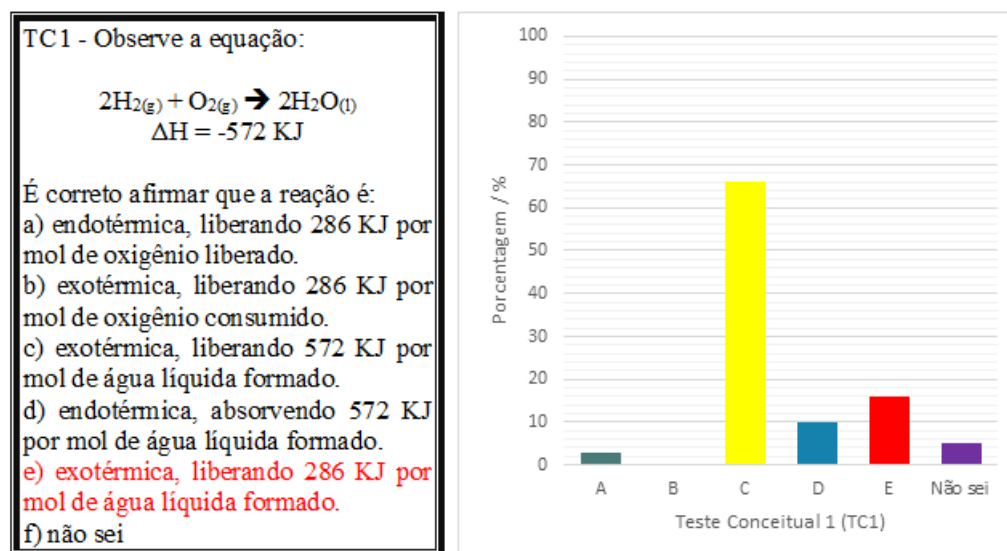
Desta forma assumimos que não é objetivo do uso do Votoino em sala de aula resolver os diversos problemas educacionais, ou promover a aprendizagem significativa por meio do uso de um simples controle remoto ou *clicker*, mas contribuir com a

discussão e aprimorar propostas que potencializem a participação dos alunos nas atividades de sala de aula.

Como já descrito no tópico anterior os dados aqui apresentados descrevem os resultados de aplicação do Votoino em uma aula de 1h30min inserida em uma sequência didática sobre Termoquímica, aplicada no 2º ano do Ensino Médio Integrado ao técnico em automação industrial, no IFSP campus Sertãozinho. Nesta etapa da sequência didática a aula foi iniciada com uma roda de conversa sobre o consumo excessivo na atualidade e sobre os impactos dos combustíveis fósseis, bem como possíveis alternativas, na sequência o professor fez uma apresentação de 20 minutos sobre a estequiometria das reações de combustão, revisando brevemente as diversas linguagens da estequiometria, assinalando a descrição de um combustível por número de moléculas, mols, massa e/ou volume, coeficientes estequiométricos etc. Na exposição poucos alunos interagiram com o professor, e desta forma não ficou claro se os alunos compreenderam a exposição ou se tinham dúvidas. O professor seguiu para os testes conceituais, os TCs preparados para aula, com uma sequência em que se buscou trazer uma variação e evolução na descrição das reações químicas de combustão.

O primeiro exercício, o TC1 apresentado na figura 3, tinha por objetivo principal verificar se os alunos conseguiriam classificar uma reação química em endotérmica/exotérmica, conteúdo da aula anterior, e associar pela primeira vez a quantidade de energia com o coeficiente estequiométrico do combustível. Quanto a classificação da transformação em endotérmica ou exotérmica, 81% dos alunos acertaram ao escolher as alternativas ‘c’ ou ‘e’ mantendo um índice alto e no mesmo nível do que foi alcançado nos TCs do final da aula anterior, que abordava esta classificação; no entanto, quanto à análise da quantidade de energia e o coeficiente estequiométrico apenas 16% dos alunos fizeram a relação correta na alternativa ‘e’, demonstrando já de início a dificuldade dos alunos em realizar cálculos estequiométricos simples. Com este índice de acertos o professor entendeu que a discussão do exercício entre os alunos não levaria a resultados melhores, decidindo por mediar a discussão revisando o TC1 com base na exposição feita anteriormente. Desta forma, o professor usou o TC1 e mais dois exemplos

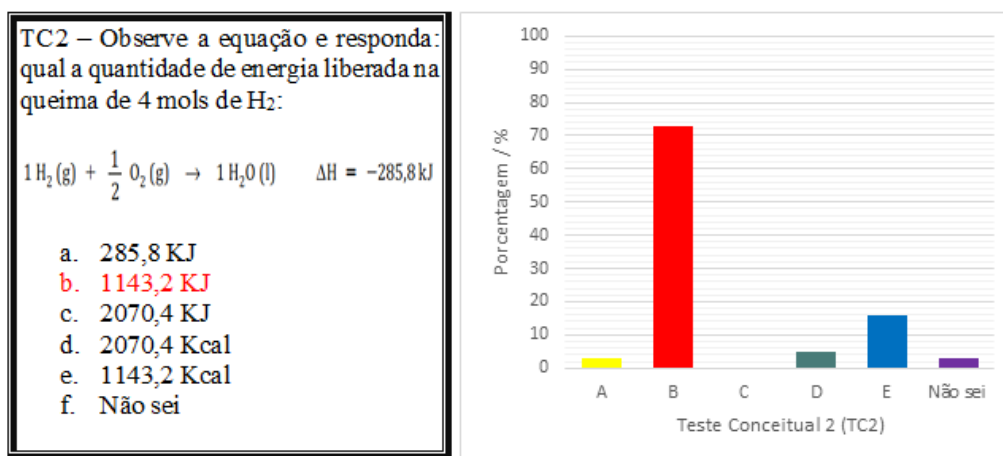
para explicar melhor a estequiometria de uma reação química em relação a energia liberada nas reações de combustão, e deu continuidade nos TCs.



Fonte: Próprio autor

Figura 3: TC1 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: e).

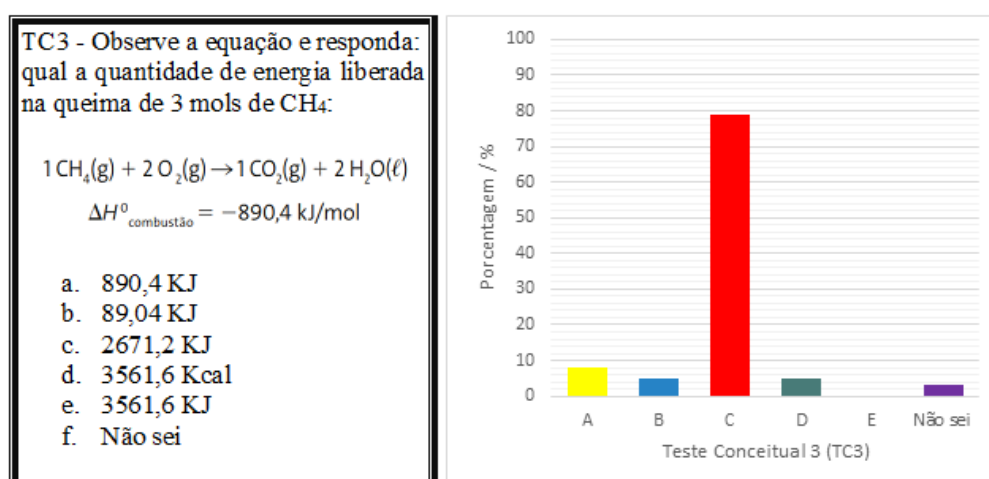
Em seguida, no TC2, usando a mesma equação química do TC1, perguntou-se novamente sobre a quantidade de energia liberada em função do número de mols da queima de hidrogênio, apresentada na figura 4. Desta vez 73% dos alunos escolheram a alternativa correta e 89% acertaram a quantidade numérica de energia liberada se considerarmos os 16,2% dos alunos que escolheram a alternativa ‘e’, em desatenção a descrição da unidade de medida de energia no contexto do teste, trocando KJ por Kcal. Percebe-se até aqui a dificuldade de uma parcela dos alunos em realizar a leitura de mais de uma informação ao mesmo tempo. No TC1 dois alunos escolheram não responder o exercício por meio do botão ‘não sei’, no TC2 apenas um aluno escolheu o botão 6.



Fonte: Próprio autor

Figura 4: TC2 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: b)

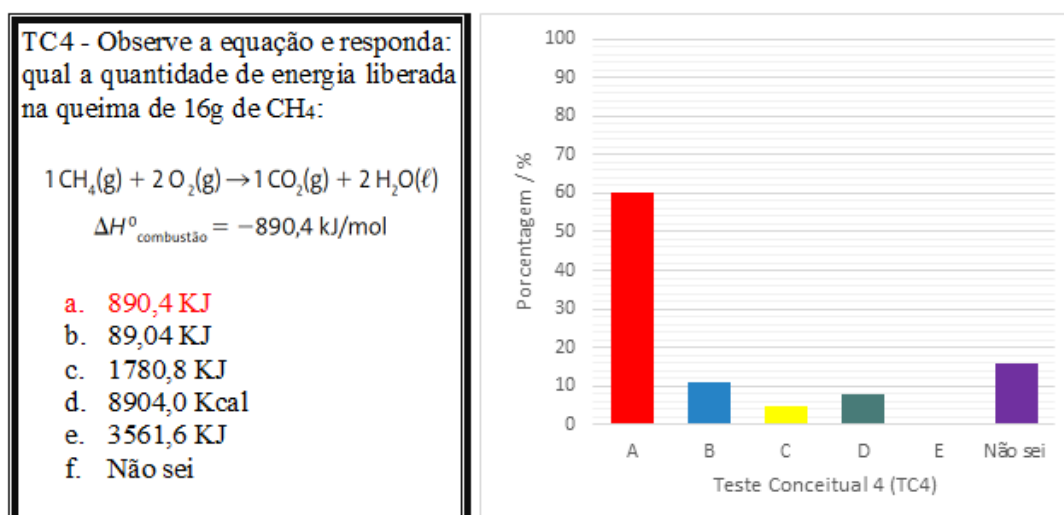
Na sequência, o TC3 (figura 5) trouxe os mesmos elementos do TC 2, agora sobre a queima de gás natural, incluindo distratores como unidade de energia diferente ou, por exemplo, uma alternativa contendo o mesmo valor de energia liberada na queima de 1 mol presente na descrição da equação química do enunciado (alternativa escolhida por 8% dos alunos). O índice de acerto foi de 78%, mostrando que os alunos começaram a associar corretamente o número de mols do combustível com a energia liberada na queima de quantidades específicas de matéria.



Fonte: Próprio autor.

Figura 5: TC3 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: c).

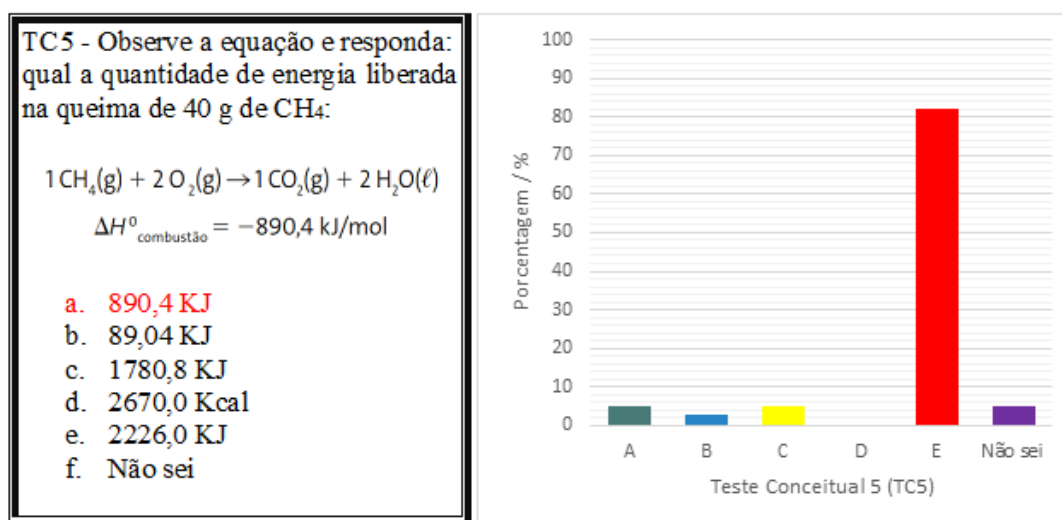
No TC4, apresentado na figura 6, demos mais um passo na linguagem da estequiometria associada as reações de combustão ao relacionar quantidade de calor liberado com a massa do combustível, acrescentando assim mais uma variável para análise do aluno. Observou-se neste TC um índice de acerto de 60% demonstrando que a maior parte dos alunos conseguiu fazer a conversão entre número de mols e massa molar da substância, mas há um alto índice de alunos que não sabem responder este exercício básico de estequiometria envolvendo massa: 24% escolheram a resposta errada e 16% optaram por escolher a alternativa ‘não sei’, índice mais alto até aqui de respostas nesta alternativa. Podemos dizer que os alunos estavam realizando um bom uso do botão 6 do Votoino para, de forma anônima, informar ao professor a dificuldade naquele item do conteúdo da aula. Antes de mostrar o resultado da votação do TC4 aos alunos, o professor pediu para que eles discutissem o exercício em grupos de 3 a 5 alunos, por um período de 4 minutos, e em seguida os alunos votaram outra vez no mesmo TC4. O resultado da votação no TC4 após a discussão, sem que os alunos soubessem que 60% tinham acertado na primeira rodada, variou significativamente com 84% dos alunos escolhendo a alternativa A e 5% escolhendo a alternativa “não sei”. O professor discutiu o TC 4 e aproveitou para ouvir sobre as principais dificuldades dos alunos e resolver mais exemplos na lousa.



Fonte: Próprio autor

Figura 6: TC4 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: a).

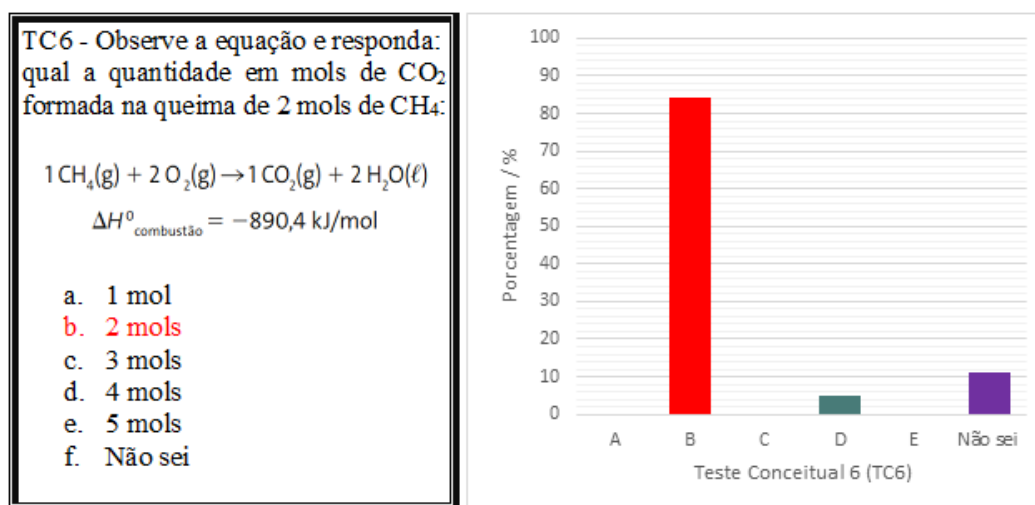
Nas respostas do TC5 trabalhado logo na sequência (apresentado na figura 7), pode-se observar que o índice de acertos foi significativo com 82% dos alunos escolhendo a alternativa correta. Destaca-se também que nenhum aluno escolheu a alternativa d com uma unidade de energia diferente do contexto do problema, mostrando talvez que quase todos os alunos passaram a fazer uma leitura mais atenta dos TC's. O número de alunos respondentes da alternativa f, ou 'não sei', diminui para 5% sobre esta temática da estequiometria de reações de combustão envolvendo massa do combustível e energia liberada. Trata-se de uma redução significativa em relação aos 16 % na primeira rodada de respostas do teste anterior.



Fonte: Próprio autor

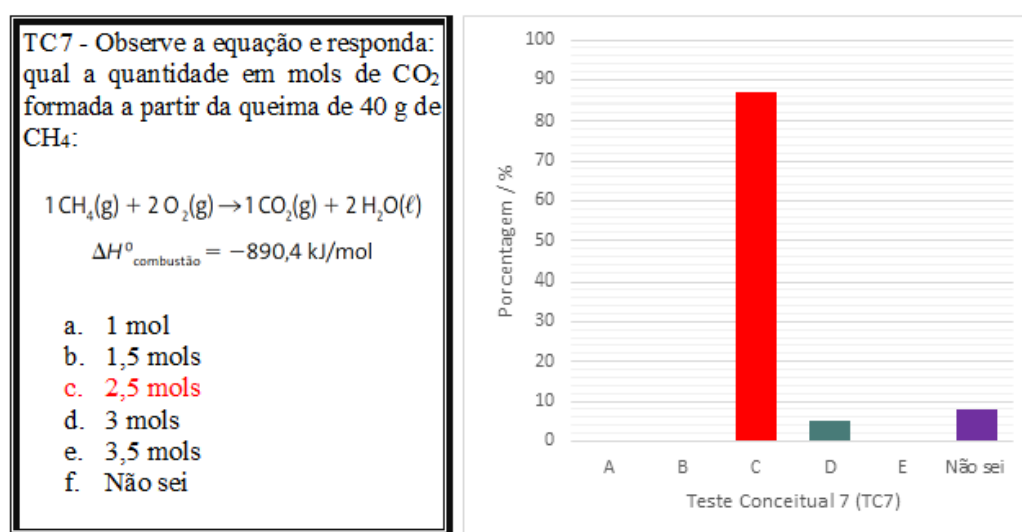
Figura 7: TC5 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: e).

Por fim, nos TCs 6 e 7, figuras 8 e 9, analisou-se a compreensão dos alunos sobre a quantidade de produto formado nestas reações a partir de determinada quantidade de mols e massa do combustível para reforçar que a estequiometria envolve todas as espécies presentes na reação, além da energia, e que a proporção é fixa para todas as variáveis contidas na reação de combustão. Estes dois TC's foram acrescentados para observar se os alunos recordaram, a partir da revisão do professor e dos demais TC's, a estequiometria básica de uma equação química, bem como discutir a quantidade de CO₂ liberado no consumo de combustíveis fósseis, com impactos significativos ao meio ambiente.



Fonte: Próprio autor

Figura 8: TC6 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: b).

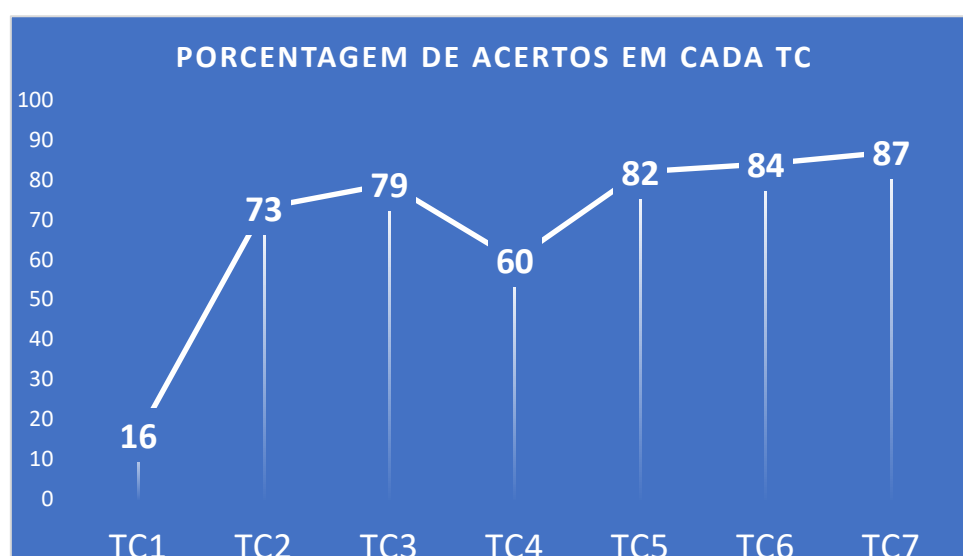


Fonte: Próprio autor

Figura 9: TC7 e gráfico de porcentagem de respostas dos alunos em cada alternativa (alternativa correta: c).

No TC6, na figura 8, observa-se um índice de acertos de 84% apontando que quase toda a turma passou a compreender a linguagem básica da estequiometria destas reações, mas 11% ainda apontaram que não sabem resolver o TC. No TC 7, na figura 9, usou-se o mesmo contexto, mas pediu-se a análise estequiométrica a partir da massa do combustível: o índice de acertos aumentou para 87% e o índice de alunos que apontaram desconhecer a linguagem caiu para 8% mesmo este novo TC apresentando uma conversão

a mais que o TC anterior. O tempo de aula permitiu a realização de 7 TC's, número que consideramos relativamente alto para a aula de apenas 1h30. Tais testes tiveram um papel muito importante no diagnóstico da turma, como uma espécie de avaliação contínua, de como haviam percebido a exposição do professor, bem confusa a priori como mostrou o resultado do TC1, mas que foi se complementando na evolução dos TC's.



Fonte: próprio autor.

Figura 10: gráfico com os índices de acertos de cada TC aplicado na aula.

Na figura 10 compilamos os resultados dos índices das respostas corretas. O gráfico mostra que os índices de respostas corretas dos TCs aumentaram do TC1 ao TC3, se tratando de uma abordagem da relação da quantidade energia liberada pelo número de mols de combustível usado. Compreendemos que o índice de 79% de acertos, em um universo de 39 alunos, correspondia um bom número e, dado o tempo limitado da aula, uma nova variável poderia ser incluída nos TC's, o cálculo de energia a partir da massa de combustível. Ao inserir esta variável no TC 4 o índice caiu para 60%, pois, a linguagem do exercício havia mudado, fazendo os alunos se confundirem com as demais alternativas. A discussão pelos colegas neste momento resultou uma estratégia muito interessante uma vez que em uma nova rodada de votação o índice de acertos aumentou para 84%. Esse índice vai se manter nos testes 5 (82%), 6 (84%) e 7 (87%), com pequenas elevações de acertos, provavelmente porque os alunos foram compreendendo cada vez mais a dinâmica dos testes a cada resolução do professor. A evolução dos acertos a 87% no último TC,

mesmo envolvendo o cálculo de massa na estequiometria, que no princípio dos exercícios se mostrou uma dificuldade, mostra que os testes podem ser usados para sanar as dúvidas dos alunos e aprimorar a compreensão de alguns fenômenos e conceitos em química.

Alguns fatores podem ser destacados para tentar compreender a evolução do índice de respostas: a intervenção em sala de aula com a possibilidade de comunicação com todos os alunos por meio do Votoino; um número adequado de repetições e exemplos, que são fundamentais em aulas das ciências exatas (o uso do dispositivo permitiu a discussão de sete exercícios envolvendo conceitos e cálculos numéricos em um tempo bastante restrito); o momento de interação entre os estudantes no TC 4 que pode ter impulsionado ainda mais o crescimento dos índices a partir deste teste, etc. Komperda et. al. (2023) em um estudo detalhado de dados sobre o impacto do uso de *clickers*, em aulas de química, observou variações na autoconfiança dos alunos em seus processos de aprendizagem. Uma perspectiva para a continuação da pesquisa no tema pode levar em conta a correlação dos índices de acerto com os relatos dos alunos participantes, sobre como eles se situam no processo de ensino e aprendizagem quando participam de intervenções com o uso do Votoino.

CONCLUSÃO

Neste trabalho mostramos a importância de conhecer estratégias de ensino, como o IpC, que propiciam espaços para a participação dos alunos na compreensão de conceitos científicos em aulas de Química. Estas metodologias podem ser alteradas e replanejadas para atender as especificidades da unidade escolar, dos alunos e dos objetivos educacionais de contextos específicos. A inclusão de uma roda de conversa, por exemplo, antes de seguir com as etapas mais clássicas do IpC mostrou-se bastante proveitosa e adequada para a introdução de questões ambientais e de consumo exacerbado, antes da exposição teórica da estequiometria das equações termoquímicas. Percebeu-se a importância de propiciar a participação dos alunos nas aulas de Química por distintos meios, quer seja, na forma de grupos de discussão, quer seja, pela manifestação individual anônima com o uso do Votoino na resolução dos TCs.

O uso do *clicker* Votoino se mostrou mais uma vez bastante eficaz em promover a participação de todos os alunos. Foi possível propor uma forma pela qual, em uma turma de ensino médio com 39 alunos em sala de aula, todos pudessem se manifestar, de forma anônima, dinâmica, prática e muito fácil. De forma qualitativa foi possível notar o grande interesse dos alunos em participar da aula e usar de forma correta o dispositivo eletrônico, bem como foi possível notar a surpresa dos alunos pela possibilidade de poderem se manifestar, inclusive para se posicionar ao afirmar que não estavam conseguindo acompanhar o conteúdo. Como não é necessário o uso de internet e o único trabalho do docente em sala de aula é plugar o dispositivo em seu notebook por uma das portas USB, o Votoino não atrapalhou a dinâmica da aula e não levou a nenhum tempo extra de aula. Conforme citado anteriormente, como continuidade da pesquisa, podem ser coletados dados da percepção dos próprios alunos nos seus processos de aprendizagem quando usam os *clickers*.

Os dados dos percentuais de respostas dos alunos em cada TC são obtidos de forma instantânea e armazenados no computador do professor. Esses dados demandaram de forma muito eficiente decisões importantes do docente em vários momentos da aula, como por exemplo, a decisão de trocar determinado exercício por outro, fazer intervenções ou reunir os alunos em grupos de discussão. As demandas só foram detectadas, e estratégias rápidas foram aplicadas, porque o Votoino permite monitorar o engajamento dos alunos na aula em tempo real, de forma instantânea. Os dados acumulados serviram também para o docente preparar o plano da aula seguinte a partir do mapeamento de quais conceitos ou tópicos causam maior insegurança nos alunos.

Por fim, os TCs na metodologia IpC devem ser bem elaborados em relação aos níveis de dificuldades entre exercícios, aos distratores que podem ajudar a detectar dificuldades específicas, e ao contexto da aula de forma geral atendendo aos objetivos educacionais propostos.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de

física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n.2, p. 362-384, ago. 2013.

Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2013v30n2p362>. Acesso em: 03 set 2024.

ASSUMPÇÃO, André Luiz Monsoreto; SOARES, Alice dos Santos. Metodologias ativas – pontos e contrapontos de uma proposta metodológica. **Revista Eixo**, v. 6, n. 1, jan-jun. 2017. Disponível em:

<https://arquivorevistaeixo.ifb.edu.br/index.php/RevistaEixo/article/view/403>. Acesso em: 12 set 2024.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARBOSA, Augusto César de Castro; CONCORDIDO, Cláudia Ferreira Reis. Ensino colaborativo em ciências exatas. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 2, n.3, p. 60-86, dez.2009. Disponível em:

<https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/view/21052>. Acesso em: 01 set 2024.

BARROS, J. Acacio de; REMOLD, Julie; SILVA, Glaucio S. F da; TAGLIATI, J. R., Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 63-69, 2004. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/8Db363dNfHScMBnz37fzVwr/?lang=pt#>. Acesso em: 01 set 2024.

BOZZATO, Carla Vargas; BARBOSA, Renan Almeida; GOULART, Lígia Beatriz; GARCIA, Rosane Nunes. Concepções de Avaliação da Aprendizagem no Ensino de Ciências pela Pedagogia de Projetos: uma revisão sistemática de produções científicas do período de 2013 a 2017. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 4, p. 91-113, 2021. Disponível em:

<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11879/7959>. Acesso em: 01 set 2024.

BUNCE, Diane M.; et. al. Impact of clicker and confidence questions on the metacognition and performance of students of different achievement groups in general chemistry. *Journal of Chemical Educations*, v. 100, n. 5, p. 1751-1762, 2023.

Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.2c00928>. Acesso em: 15 jun 2025.

FRANCO, Maria Amélia do Rosário Santoro. Prática pedagógica e docência: um olhar a partir da epistemologia do conceito. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 97, n. 247, p. 534-551, 2016. Disponível em:

http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2176-66812016000300534&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 13 set 2024.

KENSKI, Vani Moreira. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.

KIELT, Everton Donizetti; SILVA, Sani de Carvalho Rutz; MIQUELIN, Awdry Feisser. Implementação de um aplicativo para smartphones como sistema de votação em aulas de física com *Peer Instruction*. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n.

4, 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/GJJX5xHXpZ3Z3zzctDXqRVp/abstract/?lang=pt>.

Acesso em: 13 set 2024.

LIMA, Joyce Ingrid de; TURCATO, Afonso Celso; SILVA, Francisco de Araújo. Uso do Votoino em Aulas de Química: usando a tecnologia como facilitadora da avaliação formativa em sala de aula. **Revista EducaOnline**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 68-90, 2020. Disponível em: <https://revistaeducaonline.eba.ufrj.br/edi%C3%A7%C3%B5es-antiores/2020-2/uso-do-votoino-em-aulas-de-qu%C3%ADmica-usando-a-tecnologia-como-facilitadora-d>. Acesso em: 5 set. 2024.

LIMA, Joyce Ingrid. de; SOUZA, Maria Inês Marques de; TURCATO, Afonso Celso; SILVA, Francisco de Araújo. Potencialidades no uso do sistema de clickers Votoino na promoção da avaliação formativa em aulas de Química no ensino básico. **Revista Triângulo**, Uberaba - MG, v. 13, n. 2, p. 24–43, 2020. Disponível em:

<https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/revistatriangulo/article/view/4804>.

Acesso em: 5 set. 2024.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da Aprendizagem: componente do ato pedagógico**. São Paulo: Cortez, 2011.

MÜLLER, Maykon Gonçalves; BRANDÃO, Rafael Vasques; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Implementação do método de ensino Peer Instruction com o auxílio dos computadores do projeto “UCA” em aulas de física do ensino médio.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. Especial 1, p. 491-524, set. 2012.

Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p491>. Acesso em: 09 set 2024.

MÜLLER, Maykon Gonçalves; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela.

Metodologias interativas de ensino na formação de professores de física: um estudo de caso com o método instrução pelos colegas (Peer Instruction). **Alexandria**, v. 10, n. 2, p.171-195, nov. 2017. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n2p171/35390>. Acesso em: 12 set 2024.

MÜLLER, Maykon Gonçalves; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela;

SCHELL, Julie. Uma revisão da literatura acerca da implementação da metodologia interativa de ensino *Peer Instruction* (1991 a 2015). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/Vv8MmjJWmm5B3HjJ8hYwKCJ/abstract/?lang=pt#>.

Acesso em: 12 set 2024.

OLIVEIRA, Vagner; VEIT, Eliane Angela; ARAUJO, Ives Solano. 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 de Física**, v. 32, n. 1, p. 180-206, abr. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n1p180>. Acesso em: 12 set 2024.

PEREIRA, Linney Chrissie Konno Piton; WOBETO, Carmen; GUILARDI JUNIOR, Felício; ROSINKE, Patricia. Termoquímica na perspectiva CTSA para o ensino de

química por meio das TIC. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 3, n. 5, p. 328-349, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11905>. Acesso em: 03 set 2024.

PERRENOUD, Philippe. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

RIBEIRO, Marcus Eduardo Maciel; RAMOS, Maurivan Güntzel. Grupos colaborativos como estratégia de aprendizagem em aulas de química. **Acta Scientiae**, v. 14, n. 3, p. 456-471, set./dez. 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/394/301#>. Acesso em: 03 set 2024.

TULLIS, Jonathan G.; GOLDSTONE, Robert L. Why does peer instruction Benefit student learning? **Cognitive Research: Principles and Implications**, v. 5, n 15, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://cognitiveresearchjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s41235-020-00218-5>. Acesso em: 23 jun 2025.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**, 2. ed. Porto Alegre, Bookman, 2001.