



Intervenção em uma turma de Química Quântica durante a pandemia

Livia Streit^{1*} (PQ), Silas Goulart da Cunha¹ (PG).

*livia.streit@ufrgs.br**

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus do Vale. Av. Bento Gonçalves no 9500, Agronomia, Porto Alegre.

Palavras-Chave: química quântica, metodologias ativas

Área Temática: Programas de Iniciação à docência e Relatos de sala de aula

RESUMO: Neste estudo, foi realizada uma intervenção na disciplina de Química Quântica por meio de aulas extras de forma *online*, aplicando metodologias ativas. Os estudantes têm preferência em aprender o conteúdo de forma matemática, com deduções de equações e resolução de exercícios. As aulas ministradas apresentaram baixa adesão dos estudantes, limitando a aplicação das metodologias ativas. Foi possível perceber que os estudantes têm concepções conceituais equivocadas, como pensar na estrutura atômica de forma clássica.

INTRODUÇÃO

O número de apresentações de trabalhos na seção de Ensino de Química nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química (RASBQs) teve um aumento significativo de 5 apresentações em 1978 até cerca de 190 apresentações em 2004 (SCHNETZLER, 2002; FRANCISCO; QUEIROZ, 2008). De forma semelhante, entre 1997 e 2011 também ocorreu um aumento no número de trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências (ENPEC) (SANTOS; PORTO, 2013). Esse aumento na produção de trabalhos evidencia a importância e preocupação no desenvolvimento da área de ensino de química. A pesquisa no ensino de química tem grande relevância como um meio de superar as dificuldades que o ensino dessa disciplina enfrenta. Para o Ensino Superior, o Exame Nacional de Desempenho de Estudantes (Enade) indica que os estudantes de química têm dificuldades com a disciplina. Os relatórios do Enade de Química de 2005, 2008, 2011 e 2014 mostram que a média de acertos dos estudantes de química é de 28% para os conteúdos específicos de química (GEGLIO; MOREIRA, 2020). Nesse sentido, é fundamental entender o que ocasiona o baixo desempenho dos estudantes de química e como resolver essa situação.

A química é uma disciplina que envolve alguns conhecimentos de difícil compreensão por serem abstratos. Não é possível mostrar os átomos para os estudantes. Assim, é essencial que o ensino de química seja pensado sob três aspectos do conhecimento: fenomenológico, teórico e representacional

Realização

Apoio



(MORTIMER; MACHADO; ROMANELLI, 2000). O aspecto fenomenológico engloba o que pode ser visto, sentido ou medido, como a mudança de estado físico, a mudança de temperatura ou a mensuração da energia liberada em uma reação. Esse aspecto tem potencial para motivar e engajar os alunos, já que é através dele que os estudantes podem perceber como a química está inserida na sociedade e no meio, não a restringindo ao laboratório. O aspecto teórico compreende discussões de conceitos e temas abstratos que não podem ser visualizados, como é o caso da química quântica. Por fim, o aspecto representacional está relacionado à linguagem química por meio de símbolos, equações e representações de modelos.

De forma semelhante, Johnstone (1991; 2006; 2010) descreve três níveis para representar a química: macro, sub-micro e simbólico. O macro é tangível e visível. O sub-micro é o nível atômico ou invisível ao olho humano. O simbólico é aquele representado por fórmulas, equações, símbolos e gráficos. Durante o processo de ensino, os professores percorrem esses três níveis facilmente, contudo, os estudantes têm dificuldade em fazer o mesmo. Para Johnstone, os conceitos devem partir do nível macro e progressivamente serem atualizados com os níveis sub-micro e simbólico, de forma que os estudantes consigam acompanhar gradativamente esses conceitos. Nesse caso, a química quântica deveria ser introduzida de uma forma mais concreta, por exemplo, através de aplicações no cotidiano, e, a partir disso, ser relacionada gradualmente com os níveis simbólico e sub-micro.

Existem diferentes métodos para o ensino, entre eles estão as metodologias ativas que têm como foco o protagonismo do estudante através de sua participação e reflexão durante o desenvolvimento das aulas (MORAN, 2018). Como comparação, o método de ensino predominante é o tradicional, em que o papel do estudante é de apenas receber as informações de professores que são os detentores do conhecimento. Esse tipo de método, além de ser passivo, pode causar um desgaste nos estudantes, culminando no abandono ou desistências em cursos superiores (DEBALD, 2020).

As metodologias ativas apresentam vantagens quando comparadas aos métodos tradicionais. Conforme Freeman e colaboradores (2014), as melhoras aparecem nas médias de exames, na diminuição da frequência de reprovação e também com relação ao aumento de conceitos compreendidos pelos estudantes. Ainda de acordo com os autores, a aprendizagem com metodologias ativas é empiricamente validada.

Partanen (2018; 2020) mostrou em dois trabalhos que as metodologias ativas podem ser aplicadas também fora de aula, obtendo melhorias significativas quando comparadas aos métodos ativos aplicados exclusivamente em sala de aula. O trabalho foi usado em aulas envolvendo a química quântica através de exercícios.

Durante a pandemia do coronavírus, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) optou pelo Ensino Remoto Emergencial (ERE). Nessa modalidade,

Realização

Apoio



os estudantes teriam as aulas normais, mas adaptadas de forma *online* para contribuir com o distanciamento social. As atividades presenciais do semestre 2020/1 foram interrompidas em março de 2020 após apenas duas semanas e meia de aula, e as atividades de ensino, retomadas de maneira remota em 19 de agosto de 2020. No caso da disciplina de Química Quântica, as aulas foram propostas com o uso de estudos dirigidos. Elas ocorreram duas vezes em cada semana e, para cada uma delas, o professor responsável enviou um material com os tópicos que os estudantes deveriam estudar com base no polígrafo da disciplina (esse material foi criado pelo professor da disciplina e já era utilizado antes da pandemia como a bibliografia básica essencial das aulas). Como os estudantes não teriam nenhum contato com o conteúdo da disciplina de forma síncrona durante o semestre 2020/1, foi proposta a intervenção dos autores com a finalidade de conduzir algumas aulas síncronas, mesmo a distância, abordando conceitos da química quântica.

O objetivo do trabalho é relatar o uso de metodologias ativas como uma alternativa ao ensino tradicional no ensino de conceitos quânticos em uma turma de Química Quântica durante a pandemia do coronavírus.

METODOLOGIA

A metodologia usada é qualitativa, em que o pesquisador busca compreender e interpretar os fenômenos estudados (MOREIRA, 2011). Além disso, segundo (BOGDAN; BIKLEN, 1994), é possível identificar algumas características na pesquisa qualitativa: os dados são obtidos no próprio ambiente, no caso, a sala de aula; o instrumento principal de coleta é o investigador; ela é descritiva; o interesse é o processo e não o resultado final. Para coletar os dados usou-se a observação participante, isto é, o pesquisador informa desde o início a finalidade de sua pesquisa (LÜDKE; ANDRÉ, 1986), no caso, aplicar metodologias ativas como uma alternativa ao ensino tradicional. As observações foram feitas no diário do professor (PORLÁN; MARTÍN, 1997) ao final de cada aula ministrada.

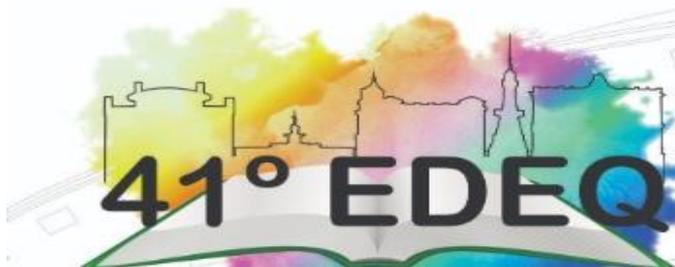
Antes de ocorrer o ERE, a disciplina Química Quântica foi ministrada durante duas semanas e meia de forma presencial. O número de alunos matriculados nessa modalidade era de 20. Com o aumento do número de casos de COVID-19 e a declaração de pandemia, ocorreu a pausa nas atividades da UFRGS até a decisão de retomar as aulas na forma de ERE. Com o retorno, foi aberta novamente a oportunidade para a matrícula de estudantes. Ao final desse período, a disciplina de Química Quântica contava com 31 estudantes.

Para as metodologias ativas, optou-se pelo uso de duas:

- *Think-pair-share*: o método é um tipo de metodologia ativa baseada na colaboração entre os estudantes (LEE; LI; SHAHRILL, 2018). Ele funciona da seguinte maneira (LYMAN, 1981): depois da conclusão de um determinado conteúdo, o professor propõe uma questão conceitual para que os alunos

Realização

Apoio



respondam individualmente, mas apenas pensando (*think*). Após um período de tempo, os estudantes discutem em duplas suas respostas (*pair*). Por fim, cada dupla deve compartilhar sua resposta com a turma (*share*). Através dessa metodologia o professor consegue perceber os equívocos conceituais e abordá-los posteriormente.

Com relação as vantagens dessa metodologia, é possível destacar que ela é ativa, portanto, o estudante deixa de ser uma peça passiva no processo de aprendizagem e torna-se o protagonista, apresenta um ganho na aprendizagem, quando comparada com a aula tradicional, e também desenvolve a interação e discussão entre os estudantes, criando um ambiente mais agradável e propenso à participação dos alunos (BAMIRO, 2015; LEE; LI; SHAHRILL, 2018).

- *Peer Instruction*: desenvolvida por Eric Mazur, a *peer instruction* (em português, aprendizagem por pares) tem como base também a interação entre os estudantes. As aulas são elaboradas de forma que os conteúdos sejam abordados em pequenos blocos. No fim de cada bloco, ocorre um teste de conceitos na forma de perguntas conceituais sobre o tema ensinado no bloco. O teste contém questões objetivas, ou seja, são perguntas com diferentes alternativas de respostas. Inicialmente os estudantes respondem individualmente e, após um determinado tempo, eles discutem em duplas para responderem novamente. No fim, o professor fornece um *feedback*, explicando a resposta correta. Se a turma apresentar um desempenho excelente, a aula vai para o próximo bloco com um novo tópico, contudo, caso o desempenho não seja bom, o professor pode intervir, explicar novamente o tema e repetir o teste com outra questão (MAZUR, 1997).

As vantagens dessa metodologia são (VICKREY et al., 2015): ela é ativa, logo, o aluno não participa da aula passivamente; diminuição na evasão de estudantes; apresenta um ganho na aprendizagem dos estudantes, quando comparada aos métodos tradicionais de ensino, não apenas para conceitos, mas também para questões quantitativas; aumento na capacidade de usar um conhecimento aprendido anteriormente para resolver um problema novo; melhora na relação entre professores e estudantes; e melhora na comunicação entre estudantes. Quanto ao ensino de mecânica quântica, o uso da metodologia *peer instruction* pode melhorar o desempenho dos estudantes, não apenas durante o semestre de uso da metodologia, mas também após esse semestre, indicando uma boa retenção dos conceitos estudados com a metodologia (ZHU; SINGH, 2012).

Todas as aulas foram realizadas pela plataforma institucional virtual *MConf*. As gravações das aulas foram disponibilizadas na plataforma *Moodle* da disciplina. O número de acesso das gravações é baseado no número de pessoas *online* durante a aula e também de pessoas que acessaram após a disponibilização da gravação da aula. Nesse caso, do valor de acesso foi descontada uma visualização referente ao ministrante das aulas. Outra possibilidade de acessar as gravações é através do *download* do vídeo, nesse caso não existe dados de quantas pessoas seguiram esse caminho. As aulas foram realizadas a cada semana.

Realização

Apoio



Com o fim das aulas, foi aplicado um questionário. O objetivo foi avaliar a opinião dos estudantes a respeito das aulas extras de química quântica. Como teve baixa adesão, procurou-se compreender os motivos do desinteresse por parte dos estudantes.

RESULTADOS

Durante o semestre, foram 14 aulas ministradas, contudo apenas três foram realizadas com o uso de metodologias ativas. Isso ocorreu porque durante as aulas os estudantes não estavam participando de forma síncrona, dessa forma limitava a aplicação de qualquer metodologia ativa. Com a intenção de aumentar a quantidade de estudantes participando foi proposto aulas mais tradicionais, assim como foi feito em uma aula de revisão (R) durante a segunda semana, focando nos estudos dirigidos e no polígrafo da disciplina. Contudo, mesmo assim pouquíssimos estudantes participaram. O Quadro 1 mostra a quantidade de estudantes que assistiram as aulas e a metodologia usada, sendo: A para metodologia ativa e T para metodologia tradicional:

Quadro 1: número de estudantes assistindo de forma síncrona e número de visualizações para cada aula e a metodologia aplicada

Aula	1	R	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Estudantes	24	20	4	3	4	2	2	*	0	**	2	0	0	**	**
Visualizações	42	28	14	5	12	4	3	*	4	1	3	0	1	0	0
Metodologia	A	T	A	T	T	T	A	T	T	T	T	T	T	T	T

* Aula síncrona não foi gravada, assim não é possível saber quantos estudantes assistiram. Contudo, uma gravação da aula foi disponibilizada para que os outros estudantes que não estavam na aula pudessem assistir;

** Aula realizada apenas assíncrona.

As aulas 11 e 12 foram planejadas para o uso de metodologia ativa, contudo como nenhum estudante participou de forma síncrona, não foi possível realizar. Conforme o Quadro 1, é possível ver que a quantidade de estudantes assistindo as aulas diminuiu conforme o andamento do semestre. Para as aulas com o uso de metodologias ativas:

Aula 1: o objetivo dessa aula foi discutir como os estudantes imaginam um átomo, relacionando essa representação com a química clássica e quântica. A metodologia usada foi uma adaptação de *think-pair-share*. As discussões entre os estudantes ocorreram através da criação de salas separadas, assim um grupo de estudante não poderia interagir com outro grupo e nem o professor poderia ter

Realização

Apoio



acesso à essas salas. As respostas dos estudantes podem ser divididas em individuais e em grupo, após a discussão entre pequenos grupos:

- Individual: 40,7% das respostas dos estudantes consideraram características clássicas para a descrição de um átomo. Por outro lado, 37,0% dos estudantes mencionaram conceitos quânticos;

- Grupo: apenas um grupo dos sete apresentou uma resposta considerando características clássicas. Contudo, todos os grupos mencionaram respostas com aspectos quânticos para a representação de um átomo.

É possível perceber que, após a discussão entre os integrantes dos grupos, os estudantes concordaram mais com características quânticas, visto que nas respostas individuais a maioria descreveu o átomo de forma clássica. Essa é uma característica dessa metodologia, isto é, os estudantes discutem entre eles de forma colaborativa e construir uma resposta mais adequada para um determinado problema (Freeman et al., 2014).

Aula 2: os objetivos dessa aula foram finalizar as discussões da Aula 1 e trazer outros questionamentos de conceitos importantes usados pelos estudantes e que estão no polígrafo da disciplina. A metodologia usada foi a *think-pair-share*. Foram feitas três questões e para cada uma dela é possível separar as respostas em individuais e em duplas:

O que você entende pelas propriedades de partícula e onda de prótons, nêutrons e elétrons?

- Individual: três estudantes concordam que os prótons, nêutrons e elétrons são explicados, têm comportamento ou têm característica de partícula e onda. O outro estudante respondeu que apenas os elétrons apresentam esse comportamento.

- Dupla: uma das duplas afirmou que apenas os elétrons têm o comportamento dualístico, enquanto que os prótons e nêutrons são entendidos como partículas. Por outro lado, a outra dupla respondeu que os prótons, nêutrons e elétrons apresentam o comportamento de partícula e onda.

O que você entende por nuvem eletrônica?

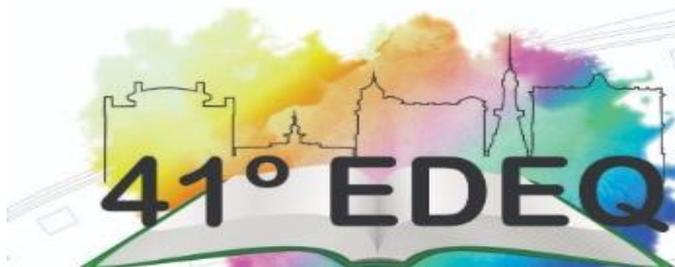
- Individual: três dos quatro estudantes responderam que a nuvem eletrônica é uma região em que a probabilidade de encontrar os elétrons é maior. O outro estudante respondeu algo semelhante, mas usando apenas conceitos clássicos, ou seja, sem mencionar probabilidade.

- Dupla: ambas as duplas convergiram para uma resposta mais adequada, ou seja, considerando a probabilidade para descrever a nuvem eletrônica.

Com base no que você sabe, por que não ocorre o colapso entre os elétrons e os prótons (núcleo)?

Realização

Apoio



- Individual: dois estudantes responderam corretamente. Um deles considerou os níveis de energia e que níveis de energia muito próximos do núcleo são proibidos. O outro respondeu que não existe probabilidade de encontrar elétrons no núcleo devido às características da função de onda. Entretanto, os outros dois estudantes apresentaram respostas incorretas: um deles pensou que o elétron não sofre atração eletrostática devido à dualidade partícula-onda. O outro estudante mencionou a força de coesão do núcleo que é de sentido contrário à força eletromagnética.

- Dupla: apenas uma das duplas conseguiu expressar uma resposta adequada.

De forma geral, os estudantes conseguiram trocar ideias, mas como a quantidade de estudantes era pequena, não foi possível perceber uma melhora entre as respostas individuais e em duplas. Assim como na Aula 1, é possível perceber que os estudantes tendem a confundir conceitos clássicos e quânticos, assim como relatado por Dangur e colaboradores (2014).

Aula 4: apesar dessa aula usar a metodologia tradicional, usou-se durante alguns momentos, pela primeira vez, o recurso de enquete para que os estudantes participassem e, dessa forma, estivessem mais preparados para a metodologia *peer instruction* que seria aplicada nas próximas aulas.

Aula 6: os objetivos dessa aula foram iniciar a discussão do rotor rígido e revisar conceitos prévios utilizando a metodologia *peer instruction*. Para a aplicação da *peer instruction*, foram elaboradas três questões objetivas com suas respectivas alternativas. A gravação da aula foi pausada nos momentos da participação dos estudantes para evitar qualquer tipo de constrangimento.

As respostas da atividade são separadas em antes e depois da interação entre os estudantes, lembrando que apenas dois estudantes participaram da atividade:

O que se pode dizer da equação de Schrödinger?

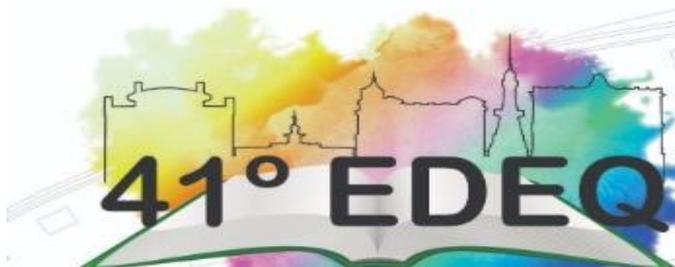
- (A) Com ela, obtém-se a probabilidade de encontrar um sistema quântico.
- (B) A solução fornece informações do hamiltoniano, como momento linear.
- (C) A solução fornece a função de onda.
- (D) Não sei.

- Antes da interação: foram escolhidas as alternativas (A) e (C). A alternativa correta é (C). A alternativa (A) foi criada com base em estudos anteriores dos autores.

- Depois da interação: a discussão dos estudantes demorou cerca de dois minutos e meio. Ambos escolheram a alternativa (C). Como eles já conheciam a pergunta, as alternativas e acreditavam que uma das alternativas era a correta, o

Realização

Apoio



tempo de conversa deve ter sido usado para cada aluno falar um pouco sobre seu ponto de vista, mostrando a importância da metodologia ativa no incentivo à discussão entre os estudantes (VICKREY et al., 2015). Ao final da interação, os estudantes chegaram em uma conclusão, nesse caso, um convenceu o outro que a alternativa correta era a (C).

O que é função de onda?

- (A) Probabilidade de encontrar um sistema quântico.
- (B) Descreve a energia do sistema quântico.
- (C) Descreve completamente o sistema quântico.
- (D) Descreve um orbital.
- (E) Não sei.

- Antes da interação: foram escolhidas as alternativas (A) e (B). A alternativa correta é (C). Nesse caso, ambos os estudantes escolheram alternativas incorretas.

- Depois da interação: novamente os estudantes discutiram durante cerca de dois minutos e meio. Após a discussão, a alternativa escolhida por ambos foi (E). Essa resposta é coerente, visto que nenhum dos dois estudantes conseguiu responder de forma correta individualmente, indicando que eles não sabiam a resposta. As alternativas incorretas para essa pergunta também foram feitas com base em estudos prévios dos autores.

Para os operadores momento linear e posição:

$$\hat{p} = -i \hbar \frac{d}{dx} \quad \hat{x} = x$$

- (A) Comutam.
- (B) Não comutam.
- (C) Não sei.

Para essa questão, havia na projeção algumas equações para ajudar os estudantes a realizarem os cálculos para verificar a comutação.

- Antes da interação: ambos os estudantes escolheram a alternativa (A). Contudo, a alternativa correta é (B).

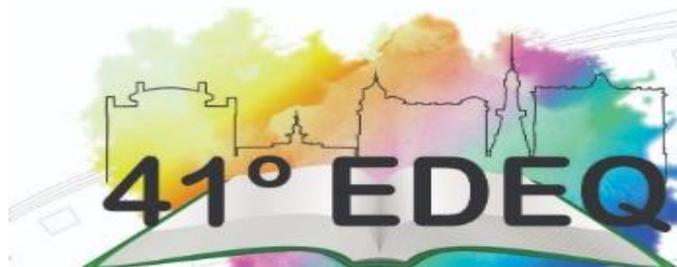
- Depois da interação: a discussão entre os estudantes durou três minutos. A conclusão foi a escolha da alternativa correta, (B).

Após a atividade, cada questão foi discutida com a finalidade de esclarecer os equívocos percebidos pelo professor auxiliar (MAZUR, 1997).

Considerando todas as aulas, poucos estudantes fizeram questionamentos durante elas, mesmo com o professor auxiliar incentivando a participação e

Realização

Apoio



deixando claro que eles poderiam fazer perguntas. Quanto ao uso das metodologias ativas, os estudantes não se adaptaram ao método *think-pair-share*. Para o bom funcionamento dessa metodologia, é necessária a colaboração dos estudantes (LEE; LI; SHAHRILL, 2018). Por outro lado, a *peer instruction* foi efetiva para discutir conceitos pontuais, como relatado por Mazur (1997). Devido ao baixo número de participantes, não é possível avaliar se os estudantes apresentaram melhorias na aprendizagem devido ao uso desse método.

A pouca adesão dos estudantes com as aulas ocorreu, segundo os próprios alunos, porque eles tinham outras prioridades ou por causa da falta de tempo. É importante destacar que as aulas ministradas foram aulas extras, isto é, foi uma forma de manter os estudantes em contato com o conteúdo de forma síncrona e por isso não era obrigatório a presença deles.

CONCLUSÃO

De um modo geral, os estudantes têm preferência em aprender o conteúdo de forma matemática, com deduções de equações e resolução de exercícios. Contudo, foi possível perceber que eles têm, na maioria das vezes, concepções conceituais equivocadas, como pensar na estrutura atômica de forma clássica.

REFERÊNCIAS

- BAMIRO, A. Effects of guided discovery and think-pair-share strategies on secondary school students' achievement in Chemistry. **SAGE Open**, v. 5, p. 1-7, 2015.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- DANGUR, V.; AVARGIL, S.; PESKIN, U.; DORI, Y. Learning quantum chemistry via a visualconceptual approach: students' bidirectional textual and visual understanding. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, n. 3, p. 297-310, 2014.
- DEBALD, B. Ensino superior e aprendizagem ativa: da reprodução à construção de conhecimentos. In: DEBALD, B. (org.) **Metodologias ativas no ensino superior: o protagonismo do aluno**. Porto Alegre: Penso, 2020, p. 15-22.
- FRANCISCO, C.; QUEIROZ, S. A produção do conhecimento sobre o ensino de química nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química: uma revisão. **Química Nova**, v. 31, n. 8, p. 2100-2110, 2008.
- FREEMAN, S.; EDDY, S.; MCDONOUGH, M.; SMITH, M.; OKOROAFOR, N.; JORDT, H. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **PNAS**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

Realização

Apoio

GEGLIO, P.; MOREIRA, D. O Enade como instrumento de avaliação do conhecimento de estudantes dos cursos de química no Brasil. **Meta: Avaliação**, v. 12, n. 35, p. 414-436, 2020.

JOHNSTONE, A. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 7, n. 2, p. 75-83, 1991.

JOHNSTONE, A. Chemical education research in Glasgow in perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 7, n. 2, p. 49-63, 2006.

JOHNSTONE, A. You can't get there from here. **Journal of Chemical Education**, v. 87, n. 1, p. 22-29, 2010.

LEE, C.; LI, H.; SHAHRILL, M. Utilising the think-pair-share technique in the learning of probability. **IJEME**, v. 2, n. 1, p. 49-64, 2018.

LYMAN, F. The Responsive Classroom Discussion. In: Anderson, A. (org.). **Mainstreaming digest: a collection of faculty and student papers**. College Park: University of Maryland, 1981, p. 109-113.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MAZUR, E. **Peer instruction a user's manual**. Upper Saddle River: Pearson, 1997.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J (org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso: 2018, p. 42-84.

MOREIRA, A. **Metodologias de pesquisa em ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MORTIMER, E.; MACHADO, A.; ROMANELLI, L. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.

PARTANEN, L. How student-centred teaching in quantum chemistry affects students' experiences of learning and motivation—a self-determination theory perspective. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 1, p. 79-94, 2020.

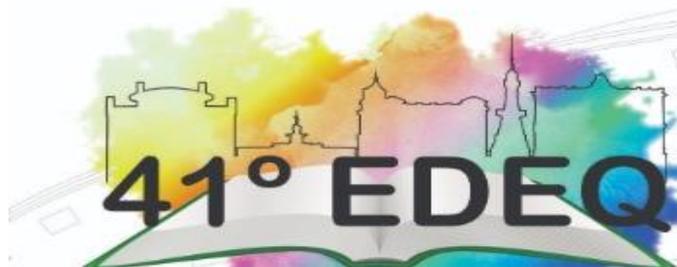
PARTANEN, L. Student-centred active learning approaches to teaching quantum chemistry and spectroscopy: quantitative results from a two-year action research study. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 19, n. 3, p. 885-904, 2018.

PORLÁN, R; MARTÍN, J. **El diario del profesor: un recurso para la investigación en el aula**. Sevilla: Díada, 1997.

SANTOS, W.; PORTO, P. A pesquisa em ensino de química como área estratégica para o desenvolvimento da química. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1570-1576, 2013.

Realização

Apoio



41º Encontro de Debates sobre o Ensino de Química

Celebrar a vida

14 e 15 de outubro de 2022

SCHNETZLER, R. Pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v. 25, p. 14-24, 2002.

VICKREY, T.; ROSPLOCH, K.; RAHMANIAN, R.; PILARZ, M. Research-based implementation of peer instruction: a literature review. **CBE Life Sciences Education**, v. 14, p. 1-11, 2015.

ZHU, G.; SINGH, C. Surveying students' understanding of quantum mechanics in one spatial dimension. **American Journal of Physics**, v. 80, n. 3, p. 252-259, 2012.

Realização

Apoio



Página
| 11