



## APRENDIZAGENS INVERTIDA E COOPERATIVA-ATIVA EM ENGENHARIA QUÍMICA: TRÊS ESTUDOS DE CASO

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6356

**Autores:** ARDSON DOS SANTOS VIANNA JUNIOR

**Resumo:** Uma abordagem composta por aprendizagem invertida, aprendizagem cooperativa-ativa e atividades hands-on foi aplicada com sucesso a disciplinas de Engenharia Química. Na disciplina de Fenômenos de Transporte I, primeiro os vídeos eram vistos de forma assíncrona. Depois foi realizada uma atividade síncrona, onde foi aplicada a abordagem cooperativa-ativa. A abordagem é finalizada com atividades hands-on, utilizando uma ferramenta de fluidodinâmica computacional, que permite ampla visualização de resultados. Para a disciplina de Análise, a ferramenta computacional usada é composta por módulos do Python. Uma diferença maior na abordagem é encontrada na disciplina de pós-graduação, a Fluidodinâmica Computacional. Devido a um forte conteúdo matemático, a análise tensorial, as atividades hands-on foram listas. Contudo atividades hands-on no computador são realizadas ao final do do curso, utilizando o OpemFOAM. As pesquisas feitas junto ao(a)s aluno(a) indicam que a estratégia foi bem-sucedida

**Palavras-chave:** aprendizagem invertida, aprendizagem cooperativa-ativa, hands-on

## **APRENDIZAGENS INVERTIDA E COOPERATIVA-ATIVA EM ENGENHARIA QUÍMICA: TRÊS ESTUDOS DE CASO**

### **1 INTRODUÇÃO**

O mundo atual apresenta diversos desafios relacionados com as novas tecnologias, como a inteligência artificial, máquinas de altíssimo desempenho, nanotecnologia e impressão 3D. A educação precisa de dar respostas a estes desafios. Deve participar como agente social, propondo caminhos, dando soluções e fazendo provocações.

Um item que deve fazer parte deste contexto são os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODE) da ONU. Diretamente, o objetivo 4, Educação de Qualidade, associado ao presente trabalho. Mas, ao incluir as habilidades e competências, é possível se falar de Indústria, inovação e infraestrutura (ODE 9) ou Ação contra a mudança global do clima (ODE 13).

Outro fator que deve fazer parte desta discussão são as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, DCNs de Engenharia (BRASIL, 2019). No artigo 3º, indica que se deve adotar perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares; ter visão holística e atuar com isenção e comprometimento com a responsabilidade social e com o desenvolvimento sustentável. Ou no artigo 4º, que é relacionado especificamente as competências que devem ter os egressos de graduação em Engenharia.

Como responder a estas grandes questões? Fazendo nosso trabalho em sala de aula, implementando abordagens eficientes de aprendizagem, a Educação de Qualidade, e forçando trabalhos em grupo de forma que o(a)s aprendentes interajam de forma clara e ética.

Para isso, no presente trabalho são apresentadas três aplicações de uma abordagem didática que combina a aprendizagem invertida, a aprendizagem cooperativa-ativa e atividades hands-on em cursos de engenharia química: dois de graduação e um de pós-graduação. As pesquisas feitas junto ao(a)s aluno(a)s indicam que a estratégia foi bem-sucedida.

### **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Existem diversas ferramentas e metodologias que acompanham a evolução dos processos de ensino e aprendizagem ao longo do tempo. Essas inovações refletem uma mudança significativa na forma como é abordada a transmissão do conhecimento, colocando o foco na experiência do aprendente (PILETTI; ROSSATO, 2024). O uso do termo “aprendizagem” já sinaliza essa transformação: ela é algo que pertence ao(à) próprio(a) estudante, ao indivíduo que está adquirindo novos conhecimentos e habilidades. Diferente do ensino tradicional, que muitas vezes se concentra na transmissão do conteúdo pelo educador, a aprendizagem evidencia o papel ativo do estudante nesse processo, incentivando a participação, a reflexão e a construção do conhecimento de forma mais autônoma.

Enquanto o ensino pode ser considerado como a estrutura ou o método de transmissão de informações, a aprendizagem é o resultado efetivo desse processo, aquilo que realmente ocorre na mente do aprendente. Portanto, é fundamental compreender que, embora o ensino seja importante para fornecer as ferramentas e os recursos necessários, é a aprendizagem que revela se o(a) estudante conseguiu internalizar, compreender e aplicar o que foi ensinado. Essa mudança de paradigma valoriza o protagonismo do aprendente e incentiva a adoção de

estratégias pedagógicas mais centradas na sua experiência, promovendo um ensino mais efetivo, significativo e alinhado às necessidades do mundo contemporâneo (JONASSEN, 1991).

Algo pode ser discutido sobre isso com base nas teorias de psicologia da aprendizagem. Uma evolução temporal coloca em perspectiva behaviorismo, cognitivismo e construtivismo (ERTMER & NEWBY, 2013).

A teoria behaviorista propõe que a aprendizagem ocorre quando o indivíduo fornece a resposta adequada a um estímulo específico. Os elementos principais dessa abordagem são: estímulo, resposta e a associação entre ambos. Um autor destacado no behaviorismo é B.F. Skinner, que desenvolveu conceitos como o condicionamento operante, destacando a importância do reforço para fortalecer ou enfraquecer comportamentos.

Essa teoria foi amplamente aplicada na educação, especialmente em processos de ensino de habilidades específicas, como o ensino de procedimentos e conteúdos estruturados. Contudo, esta teoria também recebe críticas, principalmente por reduzir o processo de aprendizagem a respostas mecânicas, deixando de considerar aspectos cognitivos e emocionais mais complexos que envolvem a experiência do(a) aluno(a).

A psicologia cognitiva e a ciência cognitiva passaram a ser uma perspectiva dominante em psicologia e educação. O cognitivismo vê o processo de aprendizagem como uma criação de significados formada a partir da experiência real ou imaginada, ou seja, concentra-se na mente humana (ERTMER & NEWBY, 2013). A aprendizagem é entendida como a construção de esquemas mentais (estruturas cognitivas) a partir de experiências reais ou simbólicas (como imaginação ou representações).

As teorias cognitivistas são consideradas mais apropriadas para explicar formas mais complexas de aprendizagem como raciocínio, solução de problemas e processamento de informações.

O processo construtivista de “fazer sentido” envolve a ativação do conhecimento prévio tal como diversos processos cognitivos que operam no conhecimento (ANDERSON *et al*, 2001). No construtivismo, o aprendente não é uma “tábula rasa” — este utiliza experiências e conhecimentos anteriores para interpretar e assimilar novas informações. Isso ressalta a importância de contextualizar o aprendizado e conectar novos conceitos ao que o(a) aluno(a) já domina.

O construtivismo se opõe ao behaviorismo e ao cognitivismo por estes serem objetivísticos, ou seja, por serem processos externos, o mundo é real e externo ao(à) aprendente. No construtivismo a(o) aprendente constrói internamente o conhecimento. Piaget e Bruner são autores relacionados com o construtivismo.

Portanto, quanto mais o aluno se engaja — questionando, debatendo, aplicando conceitos em situações reais, mais profunda e significativa será a construção do conhecimento.

Diversas abordagens e ferramentas foram desenvolvidas para alcançar estes novos objetivos. As aprendizagens ativa, invertida e cooperativa são exemplos significativos. A aprendizagem ativa é uma abordagem pedagógica centrada no(a) aprendente, que busca envolvê-los de maneira significativa no processo de construção do conhecimento. Diferente do modelo tradicional, em que o(a) aprendente atribui-se de uma postura passiva de recepção de informações, a aprendizagem ativa exige participação, reflexão crítica e tomada de decisão durante as atividades propostas (BONWELL & EISON, 1991).

Prince (2004) afirma que “a aprendizagem ativa é qualquer método instrucional que engaja os estudantes no processo de aprendizagem”. Em outras palavras, trata-se de estratégias pedagógicas que vão além da escuta passiva do conteúdo, exigindo que o(a)s estudantes se envolvam ativamente com o material, desenvolvam atividades significativas e reflitam criticamente sobre suas próprias ações e processos de aprendizado. Essa abordagem

valoriza a participação, o pensamento autônomo e a construção ativa do conhecimento, promovendo um ambiente mais dinâmico e centrado no aluno.

O prof. Felder (2009) já afirma que “a aprendizagem ativa é qualquer atividade relacionada ao curso onde todos o(a)s estudantes são convocados para fazer algo e que não seja simplesmente ver, ouvir, e tomar notas”.

A aprendizagem invertida (ou *flipped learning*) é uma abordagem pedagógica inovadora que propõe uma inversão na lógica tradicional do ensino. Em vez de utilizar o tempo de aula para a exposição do conteúdo e o tempo fora da sala para tarefas, a aprendizagem invertida antecipa o contato inicial com os conteúdos para momentos extraclasse, geralmente por meio de vídeos, textos ou materiais digitais, reservando o tempo de aula para atividades interativas, colaborativas e práticas, com foco na aplicação do conhecimento.

De acordo com Bergmann e Sams (2012), a aprendizagem invertida permite que o(a)s professores atuem mais como facilitadores, apoiando o(a)s aprendentes individualmente ou em grupo durante a resolução de problemas, discussões ou projetos. Esse modelo favorece a autonomia, o ritmo individualizado de aprendizagem e o desenvolvimento de competências cognitivas superiores, como a análise, a síntese e a avaliação.

Uma proposta para a aprendizagem invertida foi desenvolvida pelo prof. Talbert (2019). A abordagem que faz com que os alunos tenham contato com os conceitos antes e fora da sala de aula, ou seja, o tempo e o espaço. Como o(a) professor(a), tutor(a), etc. não usa o tempo em sala de aula para apresentar conceitos, este tempo pode ser usado com atividades mais nobres como aplicação dos conceitos, discussão de resultados e trabalho criativo.

Quando a atividade ativa é realizada em grupo, tem-se a aprendizagem cooperativa-ativa. A aprendizagem cooperativa pode ser definida como uma forma de estruturar um grupo, onde os estudantes buscam objetivos em comum enquanto são avaliados individualmente (PRINCE, 2004). Uma outra forma de colocar é a “técnica com a qual o(a)s estudantes se ajudam no processo de aprendizagem, atuando como parceiros entre si e com o professor, visando adquirir conhecimento” (MENEZES, 2021).

Este modelo incorpora cinco princípios específicos (MENEZES, 2021), que são consideradas suas bases: responsabilidade individual, interdependência positiva (mútua), alta interação simultânea, desenvolvimento de habilidades interpessoais e autoavaliação da equipe (desenvolvimento da habilidade para analisar a dinâmica de um grupo e trabalhar com problemas). O foco está na cooperação ao invés de na competição, sempre visando a aprendizagem (PRINCE, 2004).

Uma forma de engajar o(a)s aprendentes no processo de aprendizagem é dispor das atividades mãos na massa, hands-on (LAVOR *et al*, 2024). É quando o(a)s aprendentes desenvolvem cálculos, simulações, uso de ferramentas, que possibilitam a internalização do conhecimento. Faz parte destas atividades, portanto, uma ampla discussão dos resultados gerados.

### 3 METODOLOGIA

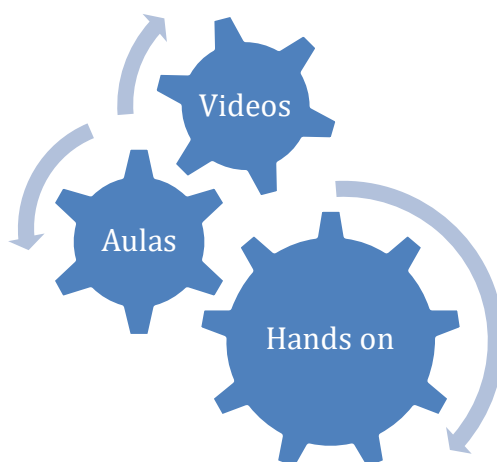
Foi adotada aqui a metodologia sugerida pelo prof. Talbert (2019), sendo a semana estruturada em três momentos distintos (Figura 1). A disciplina teve atividades síncronas e

assíncronas, o que permitiu maior flexibilidade de tempo e espaço para a realização das mesmas (BERGMANN & SAMS, 2012; BISHOP & VERLEGER, 2013).

A semana teve início com a atividade assíncrona de assistir aos vídeos, realizada antes do encontro teórico. Foi proposto um estudo dirigido relacionado aos vídeos, de forma a indicar o conteúdo mínimo a ser assimilado.

O segundo momento são os primeiros encontros síncronos. O(a)s aprendentes foram organizado(a)s em grupos de três e preencheram um estudo dirigido baseado nos filmes, fazendo uso da aprendizagem cooperativa (*team based*). Como tutor, acompanhei a atividade durante toda a aula, circulando entre as carteiras, com o objetivo de incentivar a interação com o(a)s aluno(a)s.

Figura 1 – Os três momentos da abordagem adotada



Fonte: o autor

Os segundos encontros síncronos da semana foram dedicados a aulas práticas com o uso de ferramentas computacionais. Foi utilizado o Fluent, ferramenta de fluidodinâmica computacional proprietária da Ansys. Contudo foi utilizada a licença gratuita para estudantes (Student). Essas atividades práticas foram realizadas em grupos de três aluno(a)s, que ao final da aula um(a) aluno(a) integrante do grupo insere a atividade em um ambiente virtual de aprendizagem (AVA). É possível utilizar o Sakai (Tidia, na USP) e o Moodle (e- disciplinas, na USP).

Esta atividade é também uma avaliação formativa do curso. O feedback é semanal e sempre antes da entrega da atividade subsequente, com o objetivo de orientar os(as) estudantes sobre os pontos que ainda precisam ser desenvolvidos.

No final do curso, uma avaliação final, somativa, é realizada através de um projeto em grupo, desenvolvido por 4-5 alunos(a)s. Assim como nas demais atividades, os documentos explicativos e os executáveis são inseridos no AVA. Em todos os projetos, os resultados têm de ser extensivamente discutidos.

#### 4 ESTUDOS DE CASO

Os resultados deste estudo são aplicações do método descrito acima para duas disciplinas de graduação e uma de pós-graduação. Existem mais pontos em comum do que

diferenças. O primeiro estudo de caso é apresentado em mais detalhes e nos subsequentes são explicitadas as diferenças.

#### 4.1 Fenômenos de Transporte I – curso de engenharia química

Fenômenos de Transporte I é uma disciplina básica do curso de graduação em Engenharia Química. O objetivo deste curso é que “ao final do curso o(a) aluna(o) estará apta(o) a compreender e aplicar fenômeno de transporte de quantidade de movimento a processos industriais”. Os objetivos de aprendizagem, relacionados com o termo final, são que ao fim do curso o(a)s aluna(o)s estarão apto(a)s a:

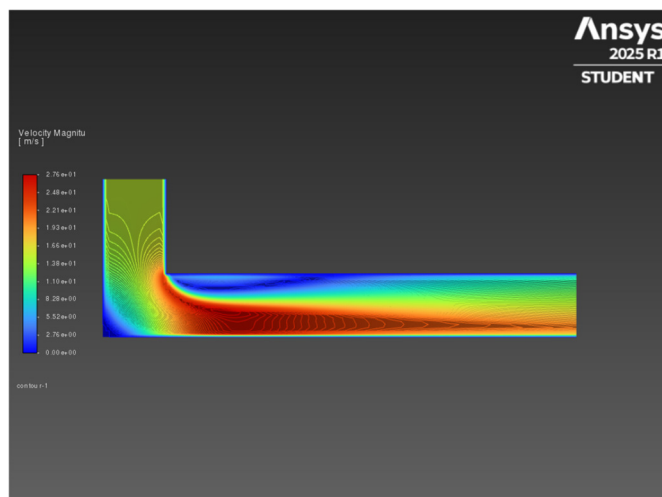
- Compreender, aplicar e avaliar turbulência;
- Caracterizar sólidos;
- Compreender, aplicar e avaliar sistemas particulados;
- Compreender, aplicar e avaliar movimentação de sólidos;
- Utilizar software de fluidodinâmica computacional;
- Avaliar resultados.

A carga horária deste curso é 90 h e é apresentada no segundo semestre do segundo ano da graduação em Engenharia Química. A turma possui em torno de 60 alunos.

Os vídeos produzidos ficam entre 8 e 12 minutos. Para cada semana, estão disponíveis de 2 a 4 vídeos, o conteúdo digital (BISHOP & VERLEGER, 2013). Por exemplo, na primeira aula sobre turbulência, os vídeos tratam de uma introdução (experimento de Reynolds, observações na natureza), escalas e perspectiva histórica.

Na primeira aula síncrona, é apresentado um conjunto de perguntas sobre o tema, que devem ser respondidos em grupos de 3 aluno(a)s. Ao longo da aula, as dúvidas aparecem e com isso é possível desenvolver mais a fundo o que foi perguntado, favorecendo a autonomia e o ritmo individualizado de aprendizagem (BERGMANN & SAMS, 2012). O resultado desta atividade é que o(a)s aluno(a)s ficam com a atenção na atividade todo o tempo de aula, em torno de 90 minutos, mostrando-se mais eficaz do que a exposição tradicional (FREEMAN et al., 2014).

Figura 2 – Atividade em Fluent - Velocidades para o modelo  $\kappa$ - $\epsilon$ .

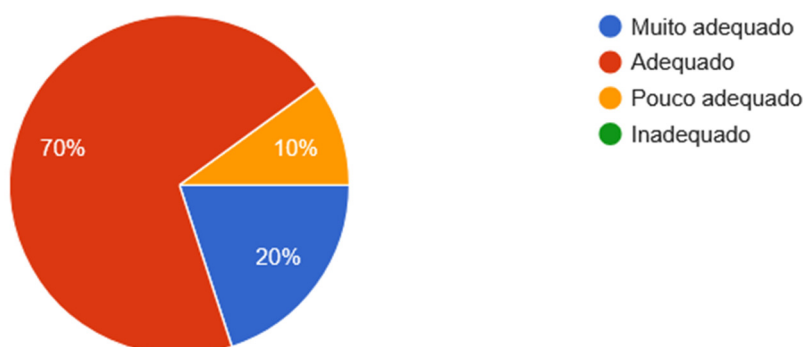


Fonte: PQI 3202 2024

A semana é concluída com uma atividade hands-on. No contexto de turbulência, são aplicados diversos modelos de turbulência (Figura 2) e as diferenças devem ser observadas e discutidas. É a ideia central do construtivismo, quando o aluno se engaja, questionando, debatendo, aplicando conceitos em situações reais (ANDERSON *et al*, 2001; ERTMER & NEWBY, 2013).

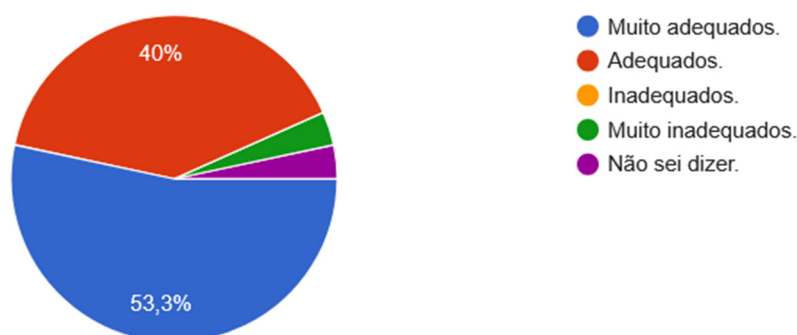
Foi realizada uma pesquisa de opinião em 2024 utilizando o Google Forms, de forma anônima. Foram 30 respostas de uma turma de 61 estudantes. A seguir estão algumas perguntas.

1- Cada aula semanal foi dividida em três etapas: i- filmes uma semana antes, ii- aula síncrona e iii- lista de exercícios em trios. Isto foi?



A abordagem com aprendizagem invertida foi considerada adequada e muito adequada por um total de 90% da turma. A aprendizagem ativa exige participação, reflexão crítica e tomada de decisão durante as atividades propostas (BONWELL & EISON, 1991).

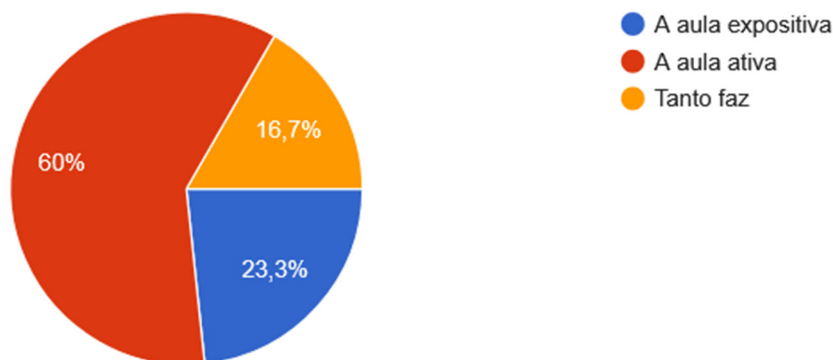
2- Os quizzes, perguntas sobre a aula em formato de estudo dirigido, são:



Uma ampla maioria, 93,3%, prefere a aula em formato de estudo dirigido (cooperativo-ativo), ao invés da aula expositiva convencional. É importante frisar que ao longo desta

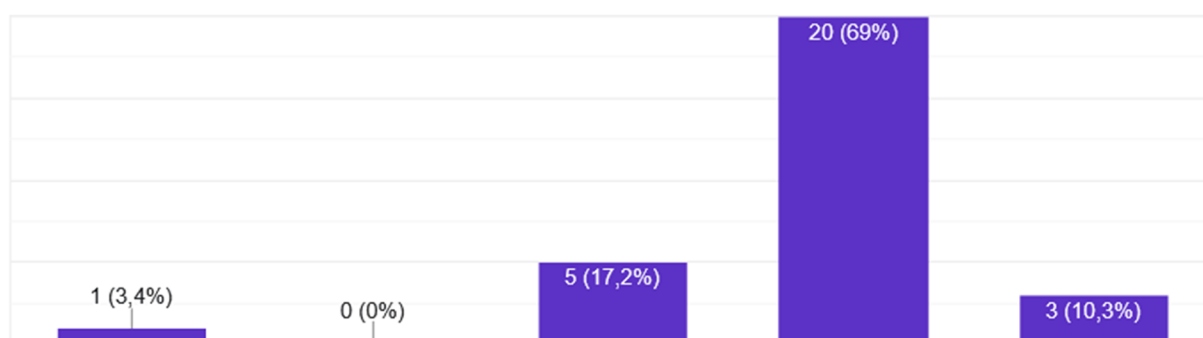
atividade a turma fica com a atenção voltada à atividade por mais de 90 minutos, o que não acontece com uma aula expositiva convencional.

3- A aula do dia 01 de novembro teve em sua primeira parte uma exposição convencional e, na segunda parte, uma atividade com o preenchimento da lista de perguntas (quizz). Vc aprende mais com:



Esta pergunta possibilita uma reflexão sobre abordagens didáticas: a exposição convencional e uma prática interativa (quizz). O quizz favorece a autonomia, o ritmo individualizado de aprendizagem e o desenvolvimento de competências cognitivas superiores (BERGMANN & SAMS, 2012).

8- Independentemente de suas notas, como foi o seu aprendizado, numa escala de 1 a 5 (5=ótimo, 1 = péssimo)



A maioria do(a)s aprendentes avaliou positivamente seu próprio aprendizado, com notas entre 3 e 5, o que indica que a estratégia de combinar métodos tradicionais com atividades interativas foi eficaz. Mesmo que ainda existam pontos a melhorar — como aprofundar alguns conteúdos ou esclarecer dúvidas específicas —, o resultado global foi satisfatório e aponta para um bom aproveitamento da abordagem.

## 4.2 Fenômenos de Transporte I – outros cursos de engenharia

Esta disciplina de Fenômenos de Transporte I é uma disciplina obrigatória para outros cursos de engenharia. Particularmente este curso abarca as Engenharia de Materiais, Metalurgia, de Minas, Petróleo e Nuclear.

As turmas possuem em torno de 100 alunos e é apresentada no primeiro semestre do segundo ano das engenharias citadas. A carga horária é de 60 horas.

A abordagem didática aqui é similar ao item anterior, por isso, não foi contabilizada como uma proposta significativamente diferente. A diferença mais relevante é que acontece uma apresentação expositiva nos 20-30 minutos iniciais na primeira aula síncrona. Isto porque a disciplina é obrigatória e não há uma motivação mais intensa como no curso de Engenharia Química.

As respostas nas pesquisas junto aos alunos(a)s também vêm se mostrando favoráveis.

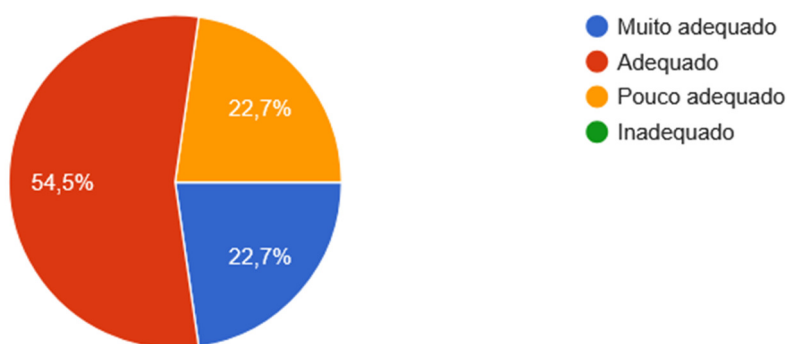
## 4.3 Análise de Processos da Indústria Química

A disciplina de Análise de Processos da Indústria Química é apresentada no quarto ano da graduação em Engenharia Química. A carga horária é de 60 horas e a turma possui em torno de 60 alunos.

A abordagem didática é a mesma, sendo que a diferença mais marcante é a utilização do Python, que é a ferramenta computacional usada nas atividades hands-on, e os trabalhos foram realizados em duplas.

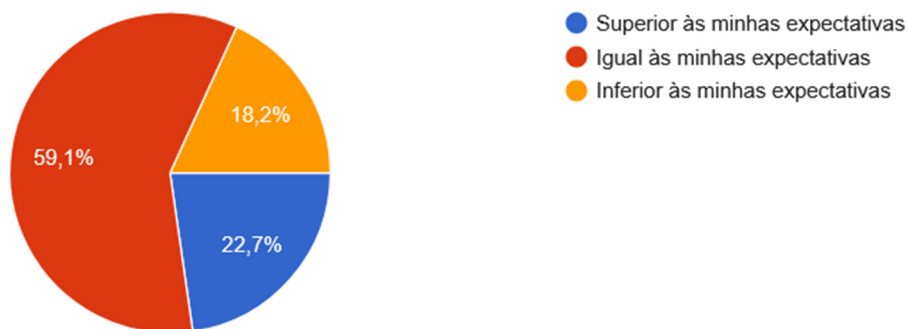
Também foi realizada uma pesquisa de opinião em 2024 utilizando o Google Forms, de forma anônima. Foram 22 respostas de uma turma de 61 estudantes. Algumas respostas foram:

1- Cada aula semanal foi dividida em três etapas: i- filmes uma semana antes, ii- aula síncrona e iii- lista de exercícios em duplas. Isto foi?



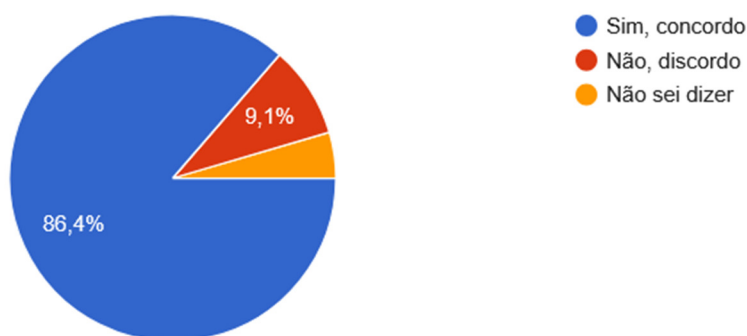
Da mesma forma como na outra pesquisa apresentada anteriormente, a abordagem com a foi considerada adequada pela maioria da turma, 77,2%.

2- O nível de engajamento no curso foi?



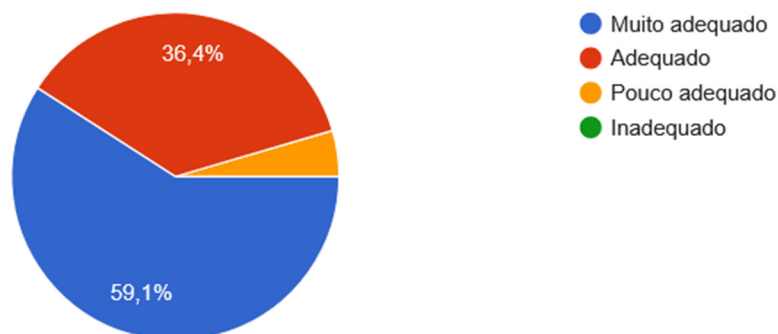
O nível de engajamento foi igual à expectativa por 59,1%, mas e foi superior às expectativas por 22,7%.

3- As atividades semanais em computador foram efetivas no processo de aprendizagem?



As atividades em computador, hands-on, foram consideradas efetivas por uma maioria significativa de 86,4%. Isso ressalta a importância de contextualizar o aprendizado (ANDERSON *et al*, 2001).

5- Você considera que o item Machine Learning (Aprendizagem de Máquina) é adequado para sua formação como engenheiro(a) química(o)?



Aqui fica comprovada a importância do diálogo. Uma parcela, mesmo que mínima, considera que Aprendizagem de Máquina não é adequada para a formação do engenheiro químico.

#### 4.4 Fluidodinâmica computacional

Esta disciplina é apresentada no terceiro período da pós-graduação em Engenharia Química. É uma disciplina de 8 créditos e as turmas estão em torno de 10 alunos.

A ementa da disciplina envolve conceitos matemáticos que devem ser apresentados no quadro na forma expositiva. Por exemplo, todo o desenvolvimento da Análise Tensorial, como definição, operações e aplicações de tensores.

Contudo, os vídeos continuam sendo disponibilizados no AVA. A possibilidade do(a) aprendiz poder assistir às aulas a qualquer momento e quantas vezes desejarem, traz um ganho significativo para a aprendizagem.

As atividades hands-on começam com listas semanais, individuais e com prazo também de uma semana. Nesta fase, os conceitos de Análise Tensorial devem ser consolidados. Perguntas que compõem as listas estão a seguir:

**1ª QUESTÃO** (0,5 ponto)

Prove que  $a_{ij}$  é um tensor.

**2ª QUESTÃO** (2,0 pontos)

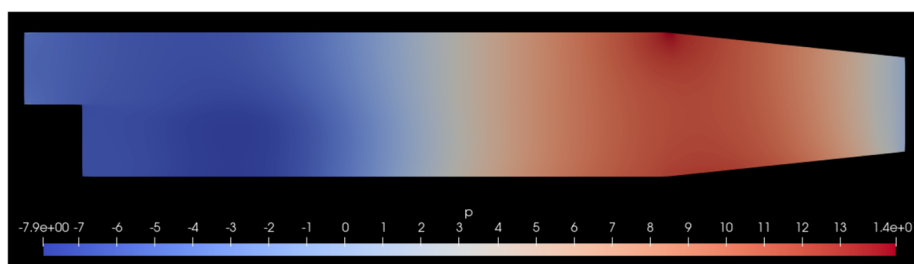
Se  $\Phi$  é um escalar, prove que:  $\nabla \times (\nabla \Phi) = 0$ . Como é chamado o campo vetorial gerado?

**3ª QUESTÃO** (2,0 pontos)

Prove que:  $\nabla \cdot (\nabla \times \vec{a}) = 0$

Contudo, na fase final do curso, é utilizado o OpenFOAM para consolidar conceitos de Fluidodinâmica Computacional (Figura 4). Aqui as atividades foram realizadas em duplas.

Figura 4 – Atividade no OpenFOAM – mapa de pressões em duto



Fonte: PQI 5871 2024

## 5 Considerações FINAIS

Uma abordagem didática, composta por aprendizagem invertida, aprendizagem cooperativa-ativa e atividades hands-on, foi aplicada com sucesso a disciplinas de graduação e pós-graduação em Engenharia Química.

A abordagem é construída em três momentos distintos. O primeiro momento é a atividade assíncrona de assistir aos vídeos, realizada no local e no momento mais adequados para o(a)s aprendentes. O segundo momento são os primeiros encontros síncronos. O(a)s aprendentes foram organizado(a)s em grupos de três e preencheram um estudo dirigido baseado nos vídeos. No terceiro momento, acontecem os segundos encontros síncronos dedicados a aulas práticas, com o uso de ferramentas computacionais.

As pesquisas feitas junto ao(a)s aluno(a)s indicam que a estratégia foi bem-sucedida. Na disciplina de Fenômenos de Transporte I para a Engenharia Química, o(a)s aprendentes consideraram a abordagem como adequada e muito adequada por um total de 90% da turma. Uma ampla maioria, 93,3%, prefere a aula em formato cooperativo-ativo, ao invés da aula expositiva convencional.

Na pesquisa para Análise de Processos da Indústria Química, a abordagem foi considerada adequada pela maioria da turma, 77,2%. As atividades em computador, hands-on, foram consideradas efetivas por uma maioria significativa de 86,4%.

A abordagem aqui utilizada conseguiu captar a atenção do(a)s aprendentes por grande parte da aula! Junte-se a isso, as pesquisas junto ao(a)s aluno(a)s indicaram uma aprovação significativa da abordagem. Portanto, é possível afirmar que ocorreu uma Educação de Qualidade (ODE 4).

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Projeto Institucional de Modernização (PIM) – Capes/Fulbright (PMG-2018981270P).

Também gostaria de agradecer aos Professores José Luis de Paiva, José Luis Pires Camacho e Martina Costa Reis por compartilhar as disciplinas de Fenômenos de Transportes.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, Lorin W.; KRATHWOHL, David R. **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives: complete edition**. Addison Wesley Longman, Inc., 2001.

BISHOP, Jacob; VERLEGER, Matthew A. The flipped classroom: A survey of the research. In: **2013 ASEE annual conference & exposition**. 2013. p. 23.1200. 1-23.1200. 18.

BONWELL, Charles C.; EISON, James A. **Active learning: Creating excitement in the classroom**. 1991 **ASHE-ERIC higher education reports**. ERIC Clearinghouse on Higher Education, The George Washington University, One Dupont Circle, Suite 630, Washington, DC 20036-1183, 1991.

BRASIL, Ministério da Educação. RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019. 2019. Disponível em: <https://abmes.org.br/arquivos/legislacoes/Resolucao-CNE-CES-002-2019-04-24.pdf>. Acesso em: 21Mai. 2022.

ERTMER, Peggy A.; NEWBY, Timothy J. Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. **Performance improvement quarterly**, v. 26, n. 2, p. 43-71, 2013.

FELDER, Richard M. Cooperative learning in a sequence of engineering courses: a success story. **Cooperative Learning and College Teaching Newsletter**, v. 5, n. 2, p. 10-13, 1995.

FELDER, Richard M. Active-inductive-cooperative learning: An instructional model for chemistry? **Journal of Chemical Education**, v. 73, n. 9, p. 832, 1996.

FELDER, Richard M.; BRENT, Rebecca. Active learning: An introduction. **ASQ higher education brief**, v. 2, n. 4, p. 1-5, 2009.

FREEMAN, Scott et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 111, n. 23, p. 8410-8415, 2014.

VIANNA JR., Ardson dos Santos; VIANNA, Ana Maria dos Santos. **A Nova Aprendizagem em 100 páginas**. Moldávia: Novas Edições Acadêmicas, 2023. (livro traduzido para inglês, francês, espanhol, alemão, italiano e russo).

TALBERT, Robert, **Guia para Utilização da Aprendizagem Invertida no Ensino Superior**, Porto Alegre: Penso. 2019.

JONASSEN, David H. Objectivism versus constructivism: Do we need a new philosophical paradigm? **Educational technology research and development**, v. 39, p. 5-14, 1991.

LAVOR, Vitor et al. Machine learning in chemical engineering: Hands-on activities. **Education for Chemical Engineers**, v. 46, p. 10-21, 2024.

PILETTI, Nelson; ROSSATO, Solange Marques. **Psicologia da aprendizagem: da teoria do condicionamento ao construtivismo**. Editora Contexto, 2024.

PRINCE, Michael. Does active learning work? A review of the research. **Journal of engineering education**, v. 93, n. 3, p. 223-231, 2004.

MENEZES, Ebenezer Takuno, Verbete aprendizagem cooperativa. **Dicionário Interativo da Educação Brasileira - EducaBrasil**. São Paulo: Midiamix Editora, 2001. Disponível em: <https://www.educabrasil.com.br/aprendizagem-cooperativa>. Acesso em: 30 MAR. 2021.

## **FLIPPED AND COOPERATIVE-ACTIVE LEARNING IN CHEMICAL ENGINEERING: THREE CASE STUDIES**

**Abstract:** *A didactic approach that includes flipped learning, cooperative-active learning, and hands-on activities was successfully implemented in both undergraduate and graduate courses in Chemical Engineering. In the Transport Phenomena I course for chemical engineering, students first viewed videos asynchronously. This was followed by synchronous activities that utilized the cooperative-active approach proposed by Professor Felder. These activities culminated in hands-on exercises using Fluent software, a computational fluid dynamics tool that allows for comprehensive visualization of results. A slightly modified version of this approach was used in Transport Phenomena I for other branches of engineering, where synchronous activities included expository introductions. In the Analysis of Chemical Process Industry course, students utilized a set of Python modules as the computational tool. A significant difference was observed in the graduate-level course, Computational Fluid Dynamics. Due to the strong mathematical content and focus on tensor analysis, students were required to complete hands-on activities on a weekly basis. However, computer-based hands-on activities were conducted at the end of the course using OpenFOAM. Surveys conducted with students indicated that this instructional strategy was successful.*

**Keywords:** *flipped learning, cooperative-active learning, hands-on, chemical engineering*

