

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

RENATA MEDEIROS JARDIM

ESTUDO DE CASO SOBRE A APLICAÇÃO DE
ESTRATÉGIAS ATIVAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM
EM CINÉTICA E REATORES QUÍMICOS

SÃO CARLOS – SP

2020

RENATA MEDEIROS JARDIM

ESTUDO DE CASO SOBRE A APLICAÇÃO DE ESTRATÉGIAS ATIVAS DE ENSINO E
APRENDIZAGEM EM CINÉTICA E REATORES QUÍMICOS

Trabalho de Graduação apresentado ao
Departamento de Engenharia Química da
Universidade Federal de São Carlos para obtenção
do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientadora:

Prof. Dra. Adriana Paula Ferreira Palhares

São Carlos – SP

2020

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Graduação apresentado no dia 15 de dezembro de 2020 perante a seguinte banca examinadora.

Orientador: Adriana Paula Ferreira Palhares, DEQ/UFSCar

Convidado: Gabriela Cantarelli Lopes, DEQ/UFSCar

Professor da Disciplina: Paula Rúbia Ferreira R, DEQ/UFSCar

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho e do curso. Pela minha vida, pelos dons que me confiou e por me dar a força e sabedoria quando necessário.

Aos meus pais, Ariovaldo e Edineia, pelo imenso apoio e suporte que sempre me deram, me incentivando a trabalhar duro para realizar os sonhos que tenho, não me deixando desistir no meio do caminho.

Aos meus amigos, Caroline e Jonas, por estarem ao meu lado durante a elaboração deste trabalho e toda a graduação, garantindo boas risadas e deixando mais leve todas as dificuldades pelas quais passamos juntos.

Ao meu noivo, Felipe, pelo seu amor e compreensão diante dessa difícil etapa de elaboração do projeto. Por sempre me apoiar e acreditar em mim, mesmo quando não fui capaz, serei eternamente grata.

À professora orientadora, Adriana, pela vontade e dedicação em ensinar de maneira efetiva e humana, por encarar o desafio de fazer diferente, por se importar verdadeiramente com o aprendizado de seus alunos e pela orientação deste trabalho.

À professora Gabriela, por aceitar participar de minha banca avaliadora e por ser uma professora dedicada e interessada no aprendizado de seus alunos.

"A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo."

Nelson Mandela

"A arte de ensinar baseia-se em acordar em meio da noite escura as mentes jovens, a ponto de os fazeres despertarem curiosidades, para que elas fiquem inquietas, insatisfeitas, e busquem o conhecimento até se encantarem ao verem o sol."

Onifur Neafar

RESUMO

A disciplina de Cinética e Reatores, ofertada no curso de Engenharia Química na Universidade Federal de São Carlos, aborda os princípios fundamentais de cinética química, o estudo de reações em fase homogênea e de reações catalíticas em fase heterogênea, o projeto de reatores ideais, entre outros conteúdos fundamentais para a formação do engenheiro químico. De forma geral, há muitos relatos de dificuldades de aprendizagem desses conteúdos e altos índices de evasão e reprovação na disciplina. O presente trabalho trata de um estudo de caso sobre a aplicação de estratégias ativas de ensino e aprendizagem para uma turma de Ensino Não Presencial Emergencial (ENPE), aplicado no segundo semestre de 2020, com adaptações baseadas nas metodologias “Sala de Aula Invertida” e “Instrução entre Pares”. O estudo de caso consistiu em uma série de atuações: acompanhamento das aulas online ao longo do semestre para análise; elaboração de questionários e resoluções dialogadas virtuais para orientar e incentivar o estudo prévio dos assuntos a serem abordados em aula; a análise dos temas que causaram maior dificuldade de entendimento a partir dos resultados dos testes; avaliação de aplicativos virtuais para auxiliar na aplicação da metodologia “Instrução entre Pares”; escolha dos indicadores que melhor representassem a aplicação das metodologias; e, por fim, a coleta e análise dos dados e dos *feedbacks* dos alunos. A partir dos dados de participação, relatórios do aplicativo e do ambiente Moodle e desempenho nas atividades propostas, pode-se dizer que as metodologias foram eficazes em seu propósito de auxiliar no aprendizado quando os alunos apresentaram um alto índice de acesso aos materiais de estudo prévio. O *feedback* dos estudantes a respeito da aplicação das metodologias foi positivo, em especial sobre a Sala de Aula Invertida, embora foram apontadas críticas sobre a sobrecarga de atividades e possíveis pontos de melhoria sobre a aplicação dos métodos de ensino ativo. Ainda que o sistema de ensino de engenharia no Brasil traga grandes desafios na implementação destas metodologias ativas, este estudo de caso mostrou um processo de aprendizagem mais significativo dos estudantes, com um grande dinamismo no processo de ensino-aprendizagem e maior compreensão dos conceitos ensinados ao longo do semestre.

Palavras-chave: Ensino de Engenharia Química. Metodologias ativas de ensino. Cinética e projeto de Reatores.

ABSTRACT

The discipline of Kinetics and Reactors, offered in the Chemical Engineering course at the Federal University of São Carlos, addresses the fundamental principles of chemical kinetics, the study of reactions in homogeneous phase and catalytic reactions in heterogeneous phase, the design of ideal reactors, among other fundamental content for the training of the chemical engineer. In general, there are many reports of learning difficulties with these contents and high rates of dropout and failure in the discipline. The present work deals with a case study on the application of active teaching and learning strategies for a class of Emergency Non-Presential Teaching (ENPE), applied in the second semester of 2020, with adaptations based on the methodologies “Flipped Classroom” and “Peer Instruction”. The case study consisted of a series of actions: monitoring of online classes throughout the semester for analysis; elaboration of questionnaires and virtual dialogued resolutions to guide and encourage the prior study of the subjects to be addressed in class; the analysis of the topics that caused the most difficulty in understanding from the results of the tests; evaluation of virtual applications to assist in the application of the “Peer Instruction” methodology; choice of indicators that best represented the application of methodologies; and, finally, the collection and analysis of data and student feedback. From the participation data, reports from the application and the Moodle environment and performance in the proposed activities, it can be said that the methodologies were effective in their purpose of assisting in learning when students had a high rate of access to prior study materials. The students' feedback regarding the application of the methodologies was positive, especially about the Inverted Classroom, although criticisms were pointed out about the overload of activities and possible points of improvement regarding the application of active teaching methods. Although the engineering education system in Brazil brings great challenges in the implementation of these active methodologies, this case study showed a more significant learning process for students, with a great dynamism in the teaching-learning process and a greater understanding of the concepts taught to students throughout the semester.

Keywords: Teaching of Chemical Engineering. Active teaching methodologies. Reactor design and kinetics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura de um ciclo de discussão da metodologia Peer Instruction.....	23
Figura 2 - Estrutura da Pirâmide da Aprendizagem.....	24
Figura 3 - Exemplo de uma questão do questionário da aula com o tema Reatores Semicontínuos e de Membrana respondida corretamente.....	33
Figura 4 - Exemplo de uma questão do questionário da aula com o tema Reatores Semicontínuos e de Membrana respondida erroneamente.....	34
Figura 5 - Questão de múltipla escolha (verdadeiro ou falso) para alunos responderem no aplicativo Nearpod.....	37
Figura 6 - Questão de desenho para alunos responderem no aplicativo Nearpod.....	37
Figura 7 - Questão para resposta aberta no aplicativo Nearpod.....	37
Figura 8 - Tela com o <i>feedback</i> instantâneo que o professor tem das questões de múltipla escolha.....	38
Figura 9 - Questão utilizada para metodologia Instrução entre Pares.....	38
Figura 10 - Média de quantidade de acessos da turma nos materiais em PDF e em vídeo disponibilizados semanalmente no sistema Moodle.....	49
Figura 11 - Quantidade de alunos que não acessou o material antes de responder o questionário avaliativo prévio de cada semana em relação a média das notas da turma em cada teste.....	50
Figura 12 - Relação entre as médias por aluno de acessos aos problemas dialogados de cada Unidade de Aprendizagem em relação à nota média da turma nos questionários.....	55
Figura 13 - Relação entre a quantidade de alunos que não acessaram os problemas dialogados de cada tema em relação à nota média da turma nos questionários.....	55
Figura 14 - Respostas dos alunos à primeira questão proposta.....	57
Figura 15 - Relatório com quantidade de alunos presentes, participação e porcentagem de acertos na primeira questão proposta.....	57
Figura 16 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a primeira questão.....	58
Figura 17 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a segunda questão.....	58
Figura 18 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a terceira questão.....	59
Figura 19 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a quarta questão.....	60
Figura 20 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos na segunda votação da quarta questão.....	60
Figura 21 - Desempenho dos alunos nas tentativas de responder as questões propostas, antes e após discussão em grupo.....	61
Figura 22 - Desempenho dos alunos nas tentativas de responder as questões propostas, antes e após discussão em grupo.....	63
Figura 23 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 1.....	64
Figura 24 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 2.....	65
Figura 25 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 3.....	65
Figura 26 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 4.....	66
Figura 27 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 5.....	67
Figura 28 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 6.....	67
Figura 29 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 7.....	68
Figura 30 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 8.....	68
Figura 31 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 9.....	70
Figura 32 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 10.....	70
Figura 33 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 11.....	70
Figura 34 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 12.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Distribuição de ocorrência e percentuais das características desejadas no processo de seleção do engenheiro de produção.....	17
Tabela 2 - Quantidade de alunos que responderam os questionários em relação a quantidade de alunos que não participaram.	47
Tabela 3 - Identificação dos alunos que apresentaram menores notas na primeira tentativa de responder os testes semanais, de acordo com cada tema, em ordem decrescente.....	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Passos utilizados como direcionamento na preparação dos problemas dialogados.	35
Quadro 2 - Escala Likert com níveis de concordância.	41
Quadro 3 - Questões aplicadas aos estudantes, objetivos análise indicadores.	42
Quadro 4 - Temas das aulas que foram avaliadas e conceitos que os alunos apresentaram menor desempenho na resolução.....	52

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1.	Sistema atual do ensino de engenharia.....	16
2.2.	Perfil do engenheiro atual	16
2.3.	Dificuldades dos alunos de engenharia	18
2.4.	Metodologias ativas de ensino-aprendizagem.....	18
2.5.	Novas diretrizes curriculares nacionais.....	19
2.6.	Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom)	20
2.7.	Instrução entre Pares (Peer Instruction)	22
2.8.	Ensino híbrido	26
2.8.1.	Vantagens e desvantagens do ensino híbrido	28
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1.	Atividades propostas	29
3.1.1.	Cronograma da disciplina.....	30
3.1.2.	Critérios avaliativos da disciplina	31
3.1.3.	Sala de Aula Invertida no ENPE.....	31
3.1.3.1.	Questionários avaliativos	32
3.1.3.2.	Problemas dialogados.....	34
3.1.4.	Instrução entre Pares	35
3.2.	Indicadores Adotados Para a Avaliação do Sucesso da Aplicação das Metodologias	40
3.2.1.	Sala de Aula Invertida.....	40
3.2.2.	Instrução entre Pares	40
3.2.3.	Questionário avaliativo final: Percepção dos alunos.....	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
4.1.	Sala de aula invertida	47
4.1.1.	Questionários avaliativos	47
4.1.1.1.	Participação nas atividades da metodologia.....	47
4.1.1.2.	Discussão sobre conteúdos avaliados nos questionários	52
4.1.2.	Problemas dialogados.....	54
4.2.	Instrução entre pares (Peer Instruction).....	56
4.2.1.	Análise e discussão da metodologia Instrução entre Pares de acordo com relatório do aplicativo 56	
4.2.1.1.	Unidade de aprendizagem: Reatores contínuos múltiplos.....	56
4.2.1.2.	Unidade de aprendizagem: Reações catalíticas heterogêneas	62
4.3.	Percepção dos alunos sobre as metodologias ativas Sala de Aula Invertida e Instrução entre Pares 63	
5.	CONCLUSÃO	73

REFERÊNCIAS	75
ANEXO 1 – Resumo com as principais características e avanços proporcionados pelas novas DCNs, de acordo com a Resolução CNE/CES N° 2/2019.	80
APÊNDICE A - Questionário Reatores Semi Contínuos e Membrana.....	82
APÊNDICE B – 2º Exemplo comentado sobre Reatores Contínuos Ideais Tubulares e Reciclo	84
APÊNDICE C - Questões utilizadas na primeira aula de Instrução entre Pares	90
APÊNDICE D - Questões utilizadas na segunda aula de Instrução entre Pares	93

1. INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, as transformações têm sido marcadas por um ritmo acelerado, alavancadas principalmente por meio dos avanços tecnológicos. Hábitos e tradições que pareciam imutáveis vêm se transformando, assim como as demandas da sociedade pelos profissionais das diferentes áreas, e têm colocado em discussão a eficácia dos métodos de ensino tradicional para atingir a formação desejada, especificamente de engenheiros, no caso deste estudo.

O ensino tradicional de engenharia muitas vezes culmina num ambiente de aprendizado onde o aluno é passivo e receptor do conhecimento, e o professor, o portador do conhecimento a ser perfeita e tecnicamente repassado. As necessidades do mundo contemporâneo colocam este “modelo de ensino” em xeque.

Visto a necessidade de renovação do ambiente de ensino, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia foram reformuladas pelo Ministério da Educação, em 2019, de acordo com o avanço das demandas do mundo contemporâneo e do perfil dos estudantes. As novas DCNs trazem uma visão mais flexível em relação ao conteúdo do curso e mais orientada para metodologias ativas de ensino, incentivando os alunos a irem além do desenvolvimento das competências técnicas.

Atualmente, as competências exigidas dos profissionais das diversas áreas de engenharia têm sido cada vez mais elevadas. Se antes era esperado que o engenheiro fornecesse uma solução técnica para a resolução de um dado problema, hoje se demanda que o engenheiro também possua vasta gama de conhecimentos e competências (visão holística e humanista, formação técnica forte, visão multidisciplinar; comprometimento com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável, conhecimento sobre os aspectos econômicos, manipulação de restrições orçamentárias, capacidade de negociação com empresas, além de exercer valores de formação humana, como conduta ética, capacidade de iniciativa, criatividade, atitude empreendedora, entre outros). Especialistas em ensino-aprendizagem vêm identificando que o sistema tradicional falha no desenvolvimento das habilidades e competências citadas e apontam a necessidade de buscar metodologias diferenciadas para alcançar as competências essenciais para o perfil de profissional atual.

De acordo com diversos especialistas, o emprego de metodologias ativas de ensino-aprendizagem apropriadas para cada área de conhecimento é uma estratégia eficaz para desenvolver harmonicamente habilidades desejadas e, então, em conjunto, alcançar as competências mencionadas, trazendo diversos benefícios aos alunos dispostos a participar

ativamente e minimizando os problemas existentes no sistema de ensino tradicional das engenharias.

No presente trabalho foi realizado o acompanhamento de uma turma de 37 alunos na disciplina de Cinética e Reatores Químicos do curso de graduação em Engenharia Química da UFSCar, ofertada no período de Ensino Não Presencial Emergencial (ENPE) no segundo semestre letivo de 2020. A docente responsável já vinha identificando nas metodologias ativas uma estratégia para aperfeiçoar o ensino da sua disciplina (antes essencialmente no formato presencial e com algum auxílio de plataformas virtuais), melhorando a qualidade do ensino-aprendizagem e a própria relação entre os alunos e o professor.

O período ENPE foi estruturado para ser aplicado de maneira completamente remota, composto por atividades avaliativas e material de estudo assíncrono, disponibilizados no sistema Moodle, e encontros síncronos para explicação dos conceitos e esclarecimento das dúvidas. A disciplina foi organizada por Unidades de Aprendizagem, de acordo com o conteúdo programático da matéria, com o uso da metodologia Sala de Aula Invertida em todas as aulas e a Instrução entre Pares para abordagem de alguns temas pré-determinados.

Com o objetivo de permitir uma aprendizagem mais significativa do conteúdo exigido, incentivar o estudo ativo e prévio dos conceitos de forma assíncrona, aumentar a motivação dos alunos, fomentar o desenvolvimento de algumas das habilidades e competências desejadas no mundo contemporâneo pelos estudantes, propiciar um melhor aproveitamento do tempo de aula síncrona para esclarecimento de dúvidas e interação, melhorar o desempenho dos alunos na disciplina, além de possibilitar uma redução dos índices de reprovação e evasão, duas metodologias ativas de aprendizagem e ensino foram aplicadas em conjunto, na forma de uma intervenção pedagógica: a Sala de Aula Invertida (*Flipped Classroom*) durante quase todo o semestre de ENPE, e, em combinação com a primeira, em duas unidades de aprendizagem, a metodologia de Instrução entre Pares (*Peer Instruction*). Ao longo do presente trabalho serão apresentados e discutidos os modelos dessas metodologias ativas escolhidas, assim como a sua adaptação e aplicação na turma objeto deste estudo, os indicadores quali e quantitativos levantados para avaliar a eficácia dos métodos e uma discussão a respeito das vantagens, limitações e dos pontos de melhoria para melhor utilização da metodologia, assim como habilidades e competências trabalhadas.

Por meio da observação do comportamento dos alunos nos questionários pré aula e problemas dialogados (Sala de Aula Invertida), e seu reflexo nas aulas síncronas com a professora, na execução das tarefas e avaliações, assim como da performance na atividade interativa da Instrução entre Pares com o aplicativo Nearpod somados ao questionário avaliativo

da disciplina para coletar *feedbacks* dos alunos a respeito da aplicação das metodologias foi possível avaliar os métodos sob a ótica qualitativa.

Por sua vez, para se investigar a questão sob o ponto de vista quantitativo, computaram-se os indicadores definidos para cada metodologia ativa (por exemplo, a relação entre quantidade de acessos nos materiais disponíveis e o desempenho nos questionários semanais). A partir dos dados quantitativos e qualitativos, foi possível analisar cada metodologia individualmente e a intervenção pedagógica por completo, permitindo a avaliação das metodologias ativas como estratégia para aperfeiçoar o ensino em uma sala de aula de engenharia e preparar estudantes mais motivados e preparados para os desafios existentes no mercado de trabalho contemporâneo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistema atual do ensino de engenharia

As transformações ao redor do mundo que tem ocorrido em um ritmo acelerado, devido principalmente aos avanços tecnológicos, nas áreas de tecnologia, colocam em questão o processo de ensino tradicional de formação de engenheiros (PERUZZI et al., 2018).

Longo e Telles (1998) ressaltam que essas mudanças têm afetado o homem como nunca antes. As novas tecnologias têm alterado hábitos e tradições que pareciam improváveis de serem alterados, gerando impactos enormes nas instituições.

Nesse momento, verifica-se a necessidade de romper com os conceitos da educação tradicional, na qual o aluno é visto como alguém que apenas recebe o conhecimento, e o professor, aquele que detém o conhecimento. Dessa forma, a tecnologia pode ser vista como uma ferramenta capaz de democratizar a educação (BELLONI, 2005).

De acordo com Barbosa e Moura (2014), o ensino de Engenharia deve ter como objetivo permitir uma aprendizagem eficaz, com propósito e orientada para o uso das tecnologias atuais, desenvolvendo a capacidade de resolver problemas e desenvolver projetos.

Para Ribelles (2000) a escola de Engenharia não deveria buscar preparar os alunos para um tipo particular de trabalho, pois a quantidade de atividades que o futuro engenheiro pode trabalhar é muito maior do que a quantidade de conteúdo teórico que é possível aprender durante os anos de graduação.

Com a mesma linha de raciocínio, Ribeiro (2007) afirma que os cursos de engenharia devem formar alunos preparados para desenvolver carreiras em muitas direções e saibam como aprender novos conhecimentos durante toda a carreira profissional.

2.2. Perfil do engenheiro atual

De acordo com Nose e Rebelatto (2001), as mudanças industriais e econômicas aumentaram a competitividade dentro das empresas, onde a concorrência está cada vez mais acirrada. Por isso, os profissionais que se encontram dentro do mercado de trabalho precisam se adequar a essa nova realidade, em que as competências exigidas são cada vez mais maiores.

Além das competências técnicas, segundo Barbosa e Moura (2014), é importante que o profissional de Engenharia seja capaz de exercer valores como conduta ética, atitude empreendedora, capacidade de iniciativa, criatividade, expressão oral e escrita, flexibilidade, autocontrole, comunicação, dentre outros.

Nose e Rebelatto (2001) citaram em seu trabalho alguns atributos que são desejados no perfil do engenheiro na sociedade atual a partir de algumas entrevistas que fizeram com empresas da cidade, como mostra na Tabela 1.

Tabela 1- Distribuição de ocorrência e percentuais das características desejadas no processo de seleção do engenheiro de produção.

Características Privilegiadas	Nº de referências	%
Profissionais que trabalham em equipe	3	15
Cada caso avaliado especificamente	3	15
Experiência	2	10
Profissionais capazes de administrar mudanças	2	10
Formação em boa universidade	2	10
Profissionais com espírito de liderança	1	5
Profissionais com capacidade de negociação	1	5
Profissionais capazes de trabalhar sobre pressão	1	5
Profissionais capazes de administrar conflitos	1	5
Profissionais com facilidade de tomar decisões	1	5
Profissionais flexíveis	1	5
Profissionais que estagiaram	1	5
Profissionais com iniciativa	1	5
Total	20	100

Fonte: NOSE; REBELLATO, 2001.

E concluíram que as características visadas pelos processos seletivos feito pelas empresas entrevistadas seriam (NOSE; REBELLATO, 2001):

- Trabalho em equipe;
- Trabalhar seguindo a ética;
- Ter conhecimentos técnicos para tomar decisões;
- Ser capaz de lidar com mudanças;
- Ter espírito de liderança;
- Conseguir trabalhar sobre pressão;
- Ser um bom negociador;
- Ser capaz de tomar decisões;
- Ser flexível;
- Ter iniciativa;
- Ser capaz de trabalhar com pessoas;
- Ter habilidade e conhecimento da língua inglesa;
- Ter conhecimentos de informática.

2.3. Dificuldades dos alunos de engenharia

Entretanto, ao analisar as habilidades técnicas básicas é preocupante observar que algumas delas ainda não são bem desenvolvidas nos cursos de áreas de tecnologia. Goldberg (2009) afirma que, segundo sua observação no ensino ao longo de 19 anos, os alunos de Engenharia costumam ter dificuldades em:

- Fazer boas perguntas;
- Modelar processos e sistemas;
- Decompor problemas complexos em problemas menores;
- Coletar dados para análise;
- Visualizar soluções e gerar novas ideias;
- Comunicar soluções de forma oral e por escrito.

2.4. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem

Atualmente, os métodos usados para ensinar são tão importantes quanto o próprio conteúdo que se deseja passar ao aluno.

Mitre et al. (2008) explicam que as metodologias ativas de ensino-aprendizagem são um processo que enxerga o aluno como forma ativa no ambiente relacionado à sua futura profissão, durante a sua formação, fazendo-o perceber que ele é o responsável por conseguir as respostas dos problemas propostos, o que possibilita que seja colocado em prática ainda na graduação, sua capacidade de reflexão e análise.

Por meio de situações reais ou simuladas, os estudantes são capazes de resolver os desafios que surgirem por meio dos problemas a eles apresentados em diferentes contextos (BERBEL, 2011). A aprendizagem ativa é favorecida quando o aluno realiza atividades que o levem a refletir sobre o que está fazendo, estando atento a resolução dos problemas e no desenvolvimento de projetos, seja lendo, escrevendo, perguntando e discutindo (SILBERMAN, 1996).

Para Freire (1996), a aplicação de metodologias ativas proporcionam a descoberta de novos conhecimentos e experiências, o que contribui na construção da capacidade de aprender. Freire (1996) defende que as metodologias ativas são capazes de incentivar a aprendizagem em adultos, a superação na resolução de problemas e a construção de um novo conhecimento a partir dos conhecimentos e experiências prévias.

Há professores que defendem a ideia de que a presença dos alunos em aula já pode ser considerada como participação ativa, simplesmente pela participação assistindo a uma aula

expositiva. Entretanto, Paiva et al. (2016) destacam a importância da postura ativa e do estímulo da curiosidade do educando para que o processo de ensino-aprendizagem seja efetivo.

Na visão de Barbosa e Moura (2014), em uma sala de aula que visa a aprendizagem ativa, o professor deve atuar como orientador e facilitador do processo de aprendizagem, não apenas como a única fonte de conhecimento. Independente da estratégia escolhida para promover a aprendizagem ativa, é essencial que o aluno pense, raciocine, observe, e entenda.

De acordo com Berbel (2011), as atividades de ensino-aprendizagem ativas permitem que os alunos ascendam do senso comum a conhecimentos elaborados, desenvolvendo, no caminho, habilidades intelectuais de diferentes níveis de complexidade, tais como a observação, a síntese, a análise, a argumentação. Ao desenvolver as habilidades desejadas, os alunos se tornam mais seguros para tomarem decisões, capazes de tomar novas iniciativas e, conseqüentemente, são mais motivados.

Reeve (2009) explica a importância de um ensino autônomo para que os discentes obtenham um aprendizado mais efetivo. Por meio de sua pesquisa, enfatiza que alunos que se percebem autônomos em seu aprendizado apresentam melhores desempenhos em relação: (i) à motivação (maior competência, autocontrole, pertencimento, curiosidade); (ii) ao engajamento (com emoções positivas, menos desânimo, presença nas aulas, com menores taxas de reprovação ou evasão); (iii) ao desenvolvimento (demonstrando autoestima, criatividade, preferência por desafios maiores); (iv) à aprendizagem (melhores estratégias e melhor entendimentos dos conceitos envolvidos); (v) à melhoria nas notas; e (vi) ao estado psicológico (maior bem-estar, satisfação com a vida e com os estudos).

É relevante ressaltar que existem algumas fragilidades na implementação das metodologias ativas de ensino-aprendizagem. Segundo Marin et al. (2010), pela ótica dos estudantes, a abrupta mudança de método de ensino gera insegurança, requer grande esforço dos alunos envolvidos no processo e exige mudança de comportamento, maturidade e organização dos mesmos.

2.5. Novas diretrizes curriculares nacionais

Diante da alta competitividade e da busca pela valorização de setores tecnológicos e inovação do mercado atual, tem aumentado a busca por profissionais que sejam mais capacitados, principalmente nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Science, Technology, Engineering, and Mathematics - STEM) (WATANABE et al., 2019).

Dessa forma, novas iniciativas são necessárias para atualizar o ensino dos cursos das áreas STEM. Para auxiliar esse processo de renovação, as Diretrizes Curriculares Nacionais

(DCNs) dos Cursos de Graduação em Engenharia foram reformuladas pelo Ministério da Educação, em abril de 2019, de acordo com o avanço das demandas do mundo contemporâneo e do perfil dos estudantes.

A comissão que ajudou o Conselho Nacional de Educação (CNE) e Câmara de Educação Superior (CES) durante a criação das novas DCNs de Engenharia confirmaram que suas premissas foram: (i) aumentar a qualidade do ensino em Engenharia no país; (ii) flexibilizar a estruturação dos cursos de Engenharia, permitindo que as instituições de ensino inovem seus modelos de formação; (iii) reduzir a taxa de evasão nos cursos de Engenharia; e (iv) oferecer atividades que desenvolvam os estudantes de Engenharia de acordo com as demandas futuras do mercado (MOURA et al., 2019).

De acordo com Moura et al. (2019), a diferença mais notável que as novas diretrizes trouxeram em relação à versão anterior é uma maior flexibilidade em termos de conteúdo do curso e mais orientada para metodologias ativa de ensino.

A partir da Resolução CNE/CES N° 2/2019, as principais características e avanços proporcionados pelas novas DCNs são apresentadas de forma resumida no Anexo 1.

Os pontos destacados ressaltam que o maior desafio é a mudança de um ensino tradicional, baseado em atividades curriculares com elevada carga horária presencial e centrada no professor, para um modelo de ensino que combine carga horária presencial menor com atividades mais autônomas e centradas nos estudantes. A possibilidade de disponibilizar uma porcentagem da carga horária à distância e aplicar metodologias ativas de aprendizagem são alternativas viáveis de aplicação das Novas Diretrizes Curriculares (WATANABE et al., 2019).

Watanabe et al. (2019) citam que as novas DCNs tem o grande desafio de que a formação seja baseada em competências e não mais em conteúdos. É preciso se atentar para que as atividades propostas ao longo do curso permitam que os alunos desenvolvam as competências exigidas, seja por meio de trabalhos multidisciplinares e/ou em equipe, estratégias abordadas em metodologias ativas de ensino.

2.6. Sala de Aula Invertida (Flipped Classroom)

A sala de aula invertida é baseada no formato *e-learning*, em que o aluno tem acesso ao conteúdo e as instruções da aula on-line antes do momento da aula, sendo que neste local será onde vão colocar praticar os conteúdos que já estudaram com atividades práticas, como resolução de problemas, com discussões em grupo. O tipo de material ou atividades que o professor irá disponibilizar on-line e na sala de aula aos alunos variam de acordo com a proposta sendo implantada (VALENTE, 2014). O objetivo é que o tempo utilizado pelo professor para

abordar o assunto em sala de aula seja curto, cerca de 20-30 minutos, somente para tirar dúvidas e reforçar a aprendizagem, e o restante do tempo de aula seja gasto na resolução de problemas em grupo (MORAROS et al., 2015).

O relatório Flipped Classroom Field Guide (2014) apresenta algumas regras básicas para aplicar a metodologia de sala de aula invertida, são elas: (i) as atividades escolhidas para serem aplicadas em aula precisam gerar questionamentos e possibilitar a resolução de problemas ou de outras atividades de aprendizagem ativa, estimulando o aluno a revisar os conceitos, aplicar e ampliar o conhecimento aprendido on-line; (ii) estimular os alunos a participar das atividades on-line e das presenciais, computando as notas dessas atividades na avaliação formal do aluno; (iii) dar *feedback* aos alunos imediatamente após a sua participação; (iv) disponibilizar um bom material para ser utilizado como estudo prévio.

Para dez palestras presenciais, El Sayad e El Raouf (2013) variaram os tipos de materiais disponibilizados com antecedência, alternando entre visualizar um formato baseado em vídeo e um material com narrativa em *PowerPoint*, com aprendizagem medida por meio de questionários e exames e, no final do período, obtiveram resultados positivos semelhantes em ambos os métodos. Essa conclusão está de acordo com Clark (1983, 1994), que expõe a teoria de que o recurso escolhido pelo docente é apenas um portador de conteúdo e, independente de sua escolha, a aprendizagem não é afetada. Qualquer vantagem obtida no desempenho dos alunos se deve ao tempo liberado de aula presencial para realizarem a aprendizagem ativa (DELOZIER, 2016).

McLaughlin et al. (2014) fez o uso de *clickers* para que seus alunos respondessem algumas questões em relação ao conteúdo estudado previamente (vídeo aulas e leituras) e, com base em suas respostas, o professor já forneceria um *feedback* e responderia as dúvidas que surgiriam. Além disso, no final das aulas, os alunos tinham que responder questionários curtos sobre o conteúdo abordado naquele dia, individualmente ou em pares.

Pode-se verificar que não somente aplicar e avaliar atividades durante ou após a aula trazem benefícios, mas também a aplicação de questionários logo no início das aulas sobre os materiais estudados. Dessa forma, é possível utilizar o *feedback* para auxiliar a forma como as aulas serão conduzidas, adaptando o conteúdo que seria abordado em sala de acordo com os temas que apresentaram maiores dúvidas (FLYNN; MORAROS, 2015).

Moraros (2015) relata que os *quizzes* aplicados no início de suas aulas tinham pouca duração, entre 10 e 15 minutos, e eram preenchidos por cada aluno individualmente, elaborados com questões de verdadeiro ou falso, correspondência, resposta curta e questões de múltipla escolha.

Uma outra possibilidade interessante é usar o ambiente de Sala de Aula Invertida para combinar vários métodos de aprendizagem ativa (DELOZIER, 2016). Flynn (2015) aplicou uma variedade maior de métodos de aprendizagem ativa e relatou que a sua turma apresentou um resultado positivo em seu desempenho, com redução das taxas de desistência e reprovação e aumento da pontuação nos exames.

Avaliando os resultados obtidos com a aplicação da metodologia, Ferreira et al. (2018) relata que o uso de metodologias ativas de ensino-aprendizagem nas matérias propostas (Cálculo 2 e Resistência dos Materiais) melhorou os índices de aprovação e de frequência nas aulas por parte dos alunos.

Na aplicação feita por Moraros (2015), os alunos que participaram da experiência acharam a metodologia tem alta eficácia. Eles afirmaram que as maiores vantagens da Sala de Aula Invertida foram que conseguiram trabalhar em seu próprio ritmo durante as aulas, que havia mais tempo para praticar e participar de forma colaborativa nas atividades e que ganharam melhor familiaridade com o tipo de material de teste por meio dos questionários semanais. Já os professores afirmaram que a metodologia facilitou estimular o engajamento dos alunos e transformá-los em participantes ativos.

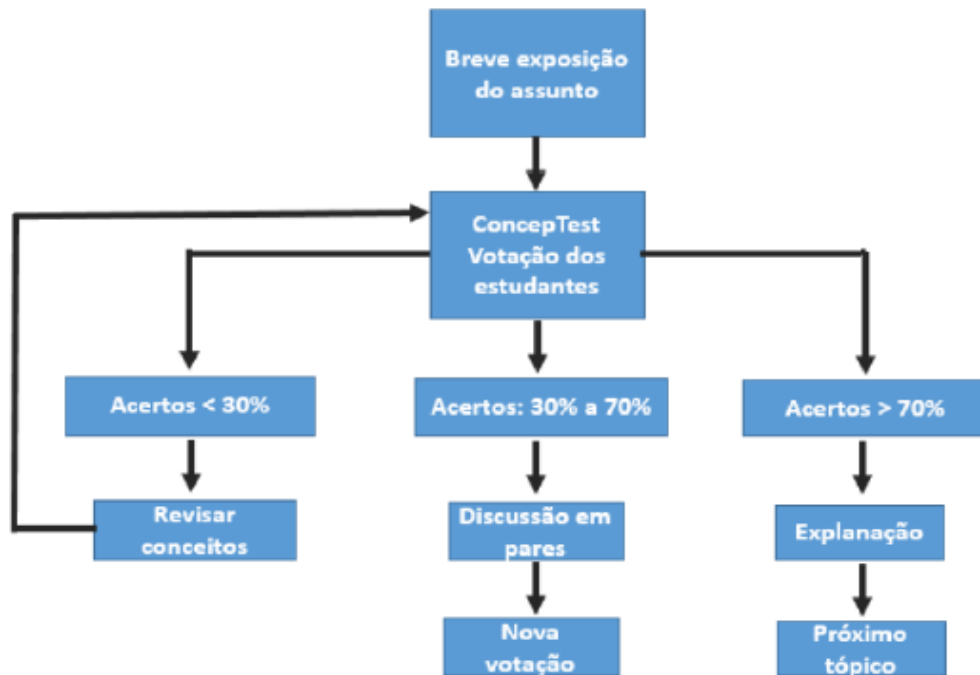
2.7. Instrução entre Pares (Peer Instruction)

A metodologia Instrução entre Pares envolve os alunos durante a aula por meio de atividades que exigem os eles estudem conceitos básicos que forem apresentados e, em seguida, fixem esse conteúdo com a experiência de explicar esses conceitos para seus colegas. Ao contrário da prática tradicional de ensino, na qual os alunos são questionados informalmente ao longo da aula, em que apenas pouco alunos participam, o processo de questionamento mais estruturado da metodologia ativa de ensino envolve todos os alunos da classe (CROUCH; MAZUR, 2001).

Mazur e Somers (1999) desenvolveram a metodologia para sua turma do curso introdutório de Física porque, mesmo que seus alunos estivessem apresentando um bom desempenho em sua disciplina, ao optar por preparar seus testes avaliativos com questões qualitativas simples e questões quantitativas difíceis, os alunos conseguiam resolver as questões quantitativas difíceis, mas tinham uma grande dificuldade para desenvolver as questões conceituais simples. Eles associaram esse fato com a capacidade dos alunos para memorizar algoritmos de resolução de questões quantitativas, porém sem realmente dominar o conceito abordado.

Decididos a mudar essa concepção do ensino, Mazur e Somers (1999) criaram a metodologia *Peer Instruction*, que tem por objetivo explorar a interação entre os discentes durante as aulas e ampliar o conhecimento dos estudantes em conceitos fundamentais. A Figura 1 esquematiza o formato de um ciclo de discussão do *Peer Instruction*.

Figura 1 - Estrutura de um ciclo de discussão da metodologia *Peer Instruction*.



Fonte: ROCHA; LEMOS, 2014.

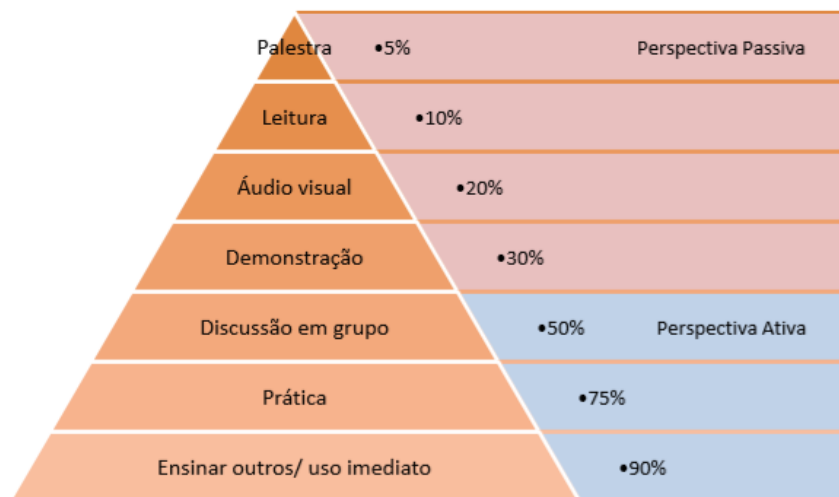
Assim como mostra a Figura 1, uma aula que se baseia na proposta de ensino-aprendizagem de Mazur e Somers (1999) é iniciada com o professor ministrando uma apresentação oral curta a respeito dos elementos centrais dos conceitos teóricos importantes por cerca de 20 minutos. Em seguida, é disponibilizado aos alunos uma pergunta de múltipla escolha, geralmente conceitual, para avaliar o entendimento da teoria apresentada na exposição oral anterior. Os alunos têm alguns minutos para pensarem silenciosamente sobre a questão apresentada, escolher uma resposta e mostrar ao professor utilizando algum sistema de registro de resposta (*clickers* ou *flashcards*, por exemplo). De acordo com os resultados das respostas dos alunos, o professor pode aplicar a discussão entre pares (quando a quantidade de acertos estiver entre 35% e 70% da turma), ou dar uma breve explicação e passar diretamente para uma nova questão ou novo tópico (quando a quantidade de acertos for superior a 70% da turma). No primeiro caso, quando é necessário aplicar a discussão entre pares, os alunos se reúnem em duplas e discutem a questão por um curto período (cerca de três minutos) e registram sua nova

resposta. De acordo com o novo desempenho dos alunos, o professor avalia se é possível seguir para um novo tópico ou se é necessário revisar o conceito ensinado anteriormente.

A metodologia Instrução entre Pares é baseada no princípio da Sala de Aula Invertida, visto que os estudantes devem se preparar antecipadamente para a aula. A metodologia promete um alto índice de retenção de conhecimento (em torno de 90%), como previsto na Pirâmide de Aprendizagem (MOREIRA; RIBEIRO, 2016), visto que os alunos tem a experiência de ensinar uns aos outros.

Percebe-se que quanto mais ativo o estudante for em suas práticas acadêmicas, maior é a possibilidade de aprendizagem efetiva e desenvolvimento das competências técnicas e sociais exigidas pelo mercado, como mostra a Figura 2 (LALLEY; MILLER, 2007).

Figura 2 - Estrutura da Pirâmide da Aprendizagem.



Fonte: MOREIRA; RIBEIRO, 2016.

Além disso, o *Peer Instruction* é uma metodologia que faz uso de diversos elementos e ferramentas, dando forma a sua estrutura. Muller et al. (2017) avaliaram as abordagens de diversos trabalhos e concluíram que alguns deles tiveram como foco elementos específicos do método, como o tipo de sistema de votação utilizado, o tipo de interação que ocorre na etapa de discussão entre os colegas, a importância das atividades prévias às aulas, o tempo de submissão das respostas dos estudantes ou a opção de apresentação dos resultados da primeira rodada de votação.

A respeito das vantagens do método, Meltzer e Manivannan (2002) reportaram que a aplicação do PI favorece no desenvolvimento de habilidade de resolução de problemas de Eletricidade. Os autores analisaram o desempenho dos estudantes nas questões aplicadas no

exame de final de curso e obtiveram resultados positivos. Os estudantes que participaram do modelo de ensino PI tiveram, em média, um escore consideravelmente superior aos estudantes que tiveram aulas tradicionais. Da mesma forma, Gok (2013) utilizou de análises estatísticas em um teste, composto de 20 problemas quantitativos de múltipla escolha, para mostrar que o grupo experimental submetido a aulas com a metodologia Instrução entre Pares apresentou um desempenho superior ao grupo submetido a aulas tradicionais, quando comparadas as médias do pós-teste.

Rao e Dicarlo (2000) constataram que a porcentagem de respostas corretas nas questões propostas em sala aumentou significativamente após a discussão em pares. A metodologia aumentou também a capacidade de estudantes de um curso de ensino superior a aplicarem conceitos teóricos vistos em aula em situações do mundo real. (JONES et al., 2012).

A variação na intensidade de interação entre os estudantes em relação a forma de pontuação atribuída às questões conceituais foi investigada por James (2006). Quando os estudantes são avaliados com uma nota maior pelo acerto, tendem a concordar mais com os colegas. Em contrapartida, quando a nota é dada apenas pela participação, independente se a resposta está correta ou não, os estudantes tendem a manter diálogos mais produtivos, onde a opinião de ambos os alunos é considerada, gerando uma maior dispersão nas respostas apresentadas durante a segunda rodada de votação, o que indica que os participantes votaram de acordo com suas convicções, sem medo de errar.

O processo de resolução de problemas que a Instrução entre Pares proporciona também ajuda no desenvolvimento de habilidades específicas. Gok (2011) obteve resultados por meio da aplicação de um teste ao final da disciplina, contendo cinco problemas quantitativos, apontando que os estudantes que tiveram aulas com o método tiveram um desempenho superior em comparação aos estudantes que tiveram aulas tradicionais, levando em consideração as três etapas de resolução de um problema: (1) identificação dos fundamentos, (2) resolução da questão e (3) revisão e análise da resolução.

Na mesma linha, Brook e Koretsky (2011) desenvolveram os seus estudos com turmas de ensino superior de Química, Biologia e Engenharia Química, e concluíram que, após a interação entre os grupos de dois ou três alunos, a qualidade das explicações para as respostas melhora consideravelmente. Outro ponto observado por Brook e Koretsky (2011) foi o aumento no nível de confiança dos estudantes nas respostas após a interação entre os colegas.

Além disso, a aplicação da Instrução entre Pares aumenta a quantidade de alunos que finalizam a disciplina em relação a turmas em que aulas tradicionais são ministradas. (LASRY et al., 2008). Segundo Lasry et al. (2008), menos de 5% dos estudantes que tiveram aulas com

o método de ensino ativo não finalizaram o curso. Em contrapartida, 20,5% dos estudantes que participaram da disciplina na turma de ensino tradicional desistiram do curso antes de finalizar. Esses índices apontam que o uso da metodologia pode ser um fator que contribui para a diminuição do número de alunos desistentes das disciplinas realizadas.

Entretanto, é de grande importância que os alunos executem as atividades disponibilizadas previamente às aulas para que a metodologia seja efetiva. Segundo a pesquisa de Lucas (2012), o desempenho dos estudantes nos Testes Conceituais em aula é maior quando eles se preparam previamente às aulas e chegam em sala preparados para participar de maneira efetiva.

Gok (2013) ainda ressalta que os alunos devem ter o tempo necessário para compreender os conceitos, explorar os princípios e transferir conhecimento durante discussões com seus pares no PI. O instrutor deve gerenciar o tempo e a aula, interagir com os alunos e dar feedback a eles durante a discussão.

Alguns pontos de atenção ao optar pela aplicação da metodologia foram identificados por Meltzer e Manivannan (2002), como: i) a indispensabilidade dos professores serem assertivos na escolha dos tópicos que vão abordar e aprofundar em suas aulas interativas, devido ao tempo necessário de ser dispendido para realizar esse tipo de abordagem; ii) alguns alunos podem ter uma dificuldade para se adaptar ao método, visto a necessidade de dedicação intensa aos estudos e, por isso, o método deve ser aplicado desde o início do período para evitar que se acomodem na rotina de uma aula tradicional; iii) a importância de que os alunos sejam avaliados de maneira consistente com os problemas resolvidos em sala; iv) a demanda do professor que irá preparar e aplicar atividades e aulas interativas é alta, por isso é necessário que ele se prepare antecipadamente e fique atento a participação dos alunos.

2.8. Ensino híbrido

Gadotti (2000) cita que as novas tecnologias criaram novos espaços do conhecimento. Agora, além da escola, também a empresa, a casa e espaços sociais tornaram-se educativos. Cada dia mais pessoas estudam em casa, pois podem acessar o ciberespaço de aprendizagem a distância de maneira remota, buscar a informação disponível, permanentemente presente e em renovação.

O método de ensino conhecido como Ensino Híbrido se baseia na combinação de tecnologia com ensino tradicional. Diante da realidade de constante conexão dos alunos com a internet, os professores estão direcionando a essa tendência para os trabalhos escolares. O objetivo é que os alunos façam pesquisas, assistam a vídeos e participem de discussões

colaborativas de forma on-line, visando uma aprendizagem mais efetiva (BARSEGHIAN, 2011).

Barseghian (2011) explica que os professores podem aplicar o método de maneiras diferentes. Alguns atribuem questionários interativos e projetos colaborativos on-line em casa, alguns usam o tempo do computador na aula, alguns pedem que os alunos assistam vídeos e palestras em casa e usam o tempo da aula para projetos práticos, alguns colocam a maior parte do currículo on-line e trabalham individualmente com os alunos em sala de aula.

É fundamental que a educação proporcionada pelo método Ensino Híbrido vá de encontro aos modelos tradicionais e traga em si todas as possibilidades que as tecnologias digitais trazem: a flexibilidade no estudo, o compartilhamento de informação, comunicação facilitada entre os participantes e desenvolvimento de projetos em grupo ou individuais (MORAN, 2017).

Frantz et al. (2018) aplicou o Ensino Híbrido em uma turma do oitavo semestre da Licenciatura em Física, no ano de 2018 e desenvolveu seu trabalho a partir dessa aplicação. A primeira parte do conteúdo da disciplina, ministrado de maneira tradicional, apresentou um baixo rendimento por parte dos alunos. Dessa forma, foi feita uma proposta de ensino híbrido que abrangia uma revisão dos conteúdos já ministrados e da segunda parte do conteúdo.

Antes da aula presencial, a turma teve acesso ao conteúdo teórico, como conceitos, definições e propriedades, por meio de livros e videoaulas disponibilizadas no ambiente virtual da disciplina (Ambiente Moodle).

Em sala, os alunos resolveram exercícios em grupo e atividades propostas pelo professor para aplicação dos conceitos vistos previamente. O papel do docente durante a aula foi o de orientador, auxiliando nas dúvidas do grupo em relação aos conceitos teóricos e na interpretação dos problemas. A instituição não disponibilizou recursos computacionais, porém os estudantes podiam utilizar os próprios computadores para auxiliar na resolução dos exercícios.

Após a aplicação do modelo híbrido, foi aplicado um teste de três questões discursivas para avaliação do entendimento dos alunos. Além disso, no final do período foi proposto aos alunos a resolução de um problema relacionado aos tópicos abordados na disciplina, o qual deveria ser solucionado em duplas, filmado e postado no ambiente Moodle o vídeo com a resolução.

As atividades desenvolvidas pelos alunos resultaram em uma melhora significativa no aproveitamento médio dos alunos nas provas, com aumento de 46% para aproximadamente 70% (FRANTZ et al., 2018).

2.8.1. Vantagens e desvantagens do ensino híbrido

Em um contexto geral, cada escola que pensa em desenvolver um modelo de ensino híbrido pode personalizá-los conforme suas possibilidades, de acordo com os recursos disponíveis. Segundo Schiehl e Gasparini (2016), essa busca é particular e variável de acordo com cada instituição, que precisam definir um plano estratégico de como fará essas mudanças. Há fatores que limitam muitas escolas a adotarem modelos mais disruptivos, normalmente relacionados à necessidade de mudanças físicas, como construir ambientes dedicados ao modelo, ou pedagógicas, como mudanças nos planos de ensino e metodologias de ensino e aprendizagem. Quando discute-se os possíveis fatores limitantes, é importante mencionar que ainda existirão outros obstáculos a serem vencidos, especialmente para as escolas públicas. Desta forma, a aplicação de modelos menos disruptivos é o primeiro passo para o ensino híbrido ser implantado. No entanto, mesmo esses modelos, geram a necessidade de pequenas adaptações. Cada escola precisa observar o que é importante reestruturar antes de iniciar uma personalização dos modelos existentes (SCHIEHL; GASPARINI, 2016).

A aplicação do Ensino Híbrido, quando adaptado de acordo com as possibilidades de cada instituição, traz contribuições importantes para a o desenho de soluções atuais para os estudantes de hoje (MORAN, 2017). Matheos (2012) verifica as contribuições do método para o aprendizado do aluno em sua pesquisa sobre ensino híbrido e as lista, como:

- Melhoria no ensino-aprendizagem;
- Maior flexibilidade;
- Maior satisfação dos alunos;
- Melhor desempenho dos alunos;
- Otimização de recursos.

De acordo com Moran (2017), para um melhor funcionamento da metodologia de ensino é necessário que os participantes se organizem e estejam familiarizados com as ferramentas online, principalmente os docentes e tutores que não estão adaptados aos ambientes virtuais ou não tem a disciplina necessária para gerenciar as plataformas. O mesmo é observado por parte dos alunos, com perfil pouco autônomo e, muitas vezes, com deficiências na formação básica. Muitos discentes ainda não tem a disciplina e gestão do tempo necessárias, não conseguindo acompanhar as etapas de ensino previstas (síncrona e assíncrona) e demoram para adaptar-se aos ambientes virtuais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Atividades propostas

O presente trabalho trata-se de um estudo do tipo intervenção pedagógica planejado inicialmente pela docente responsável pela disciplina objeto deste estudo para o primeiro semestre presencial de 2020. Porém, devido à suspensão do semestre, a metodologia foi aplicada no semestre ENPE, no segundo semestre de 2020.

A intervenção foi planejada com a aplicação de duas metodologias ativas de ensino aprendizagem ao longo do semestre ENPE: a Sala de Aula Invertida e a Instrução entre Pares. A autora e a professora da disciplina fizeram as adaptações que julgaram necessárias para elaboração dos métodos visto a necessidade de realização do semestre inteiramente a distância devido ao período em andamento estar no formato ENPE.

Além dos dados da participação dos alunos coletados diretamente do ambiente virtual de aprendizagem via Moodle (AVA 2 UFSCar) e do uso do aplicativo Nearpod para aulas invertidas interativas, foi preparado um questionário com base na literatura para coletar *feedbacks* que permitissem a avaliação dos resultados e da execução da intervenção com metodologias ativas de acordo com a perspectiva e opinião dos alunos de forma anônima. Os resultados do questionário são apresentados e discutidos na seção 4 do presente trabalho.

Em cada Unidade de Aprendizagem, questionários conceituais de múltipla escolha com *feedback* imediato (ferramenta do próprio Moodle) para aplicação prévia à aula síncrona e problemas dialogados disponibilizados previamente para auxiliar na compreensão do assunto pelos alunos foram as duas principais estratégias adotadas no método Sala de Aula Invertida. Prepararam-se e disponibilizaram-se estes materiais antecipadamente no AVA 2.

Para realizar o método Instrução entre Pares as questões foram previamente elaboradas e testaram-se alguns aplicativos de celulares para aplicação do método na sala de aula presencial: o Quizmaker, o Quizzer, o Testmaker e o Nearpod. O objetivo do aplicativo é promover aulas interativas, fomentando a participação e avaliação instantânea dos alunos e utilizando recursos tecnológicos, preferencialmente com uma interface simples e prática.

O questionário final, de avaliação de ambas as metodologias, foi formulado com a ferramenta Google Forms e disponibilizado de forma on-line ao final do semestre letivo. Foi utilizada a escala de Likert nas questões de caráter qualitativo, baseando-se no trabalho de Fragelli (2015) e Batista (2019), além de uma questão aberta, para colher os testemunhos dos estudantes de forma anônima.

Diante do objetivo de analisar os resultados da aplicação das citadas metodologias ativas, faz-se necessário apresentar as adaptações realizadas para aplicação destas metodologias

ativas na turma objeto deste estudo e no semestre ENPE e os indicadores escolhidos para avaliar a implementação dos métodos. A definição das metodologias ativas empregadas para cada Unidade de Aprendizagem da disciplina e da estruturação do formato de aplicação foram realizadas pela docente da disciplina e orientadora do presente trabalho. Para cada conteúdo a ser abordado e suas respectivas metodologias ativas de ensino, desenvolveram-se diferentes atividades que estão descritas adiante, separadas por metodologia:

- a) aprofundamento e discussão a respeito das metodologias por meio da literatura (artigos e publicações científicas especializadas);
- b) elaboração de planos de ação e adaptações para implementá-las, especialmente no ENPE;
- c) preparação de materiais, questionários e exercícios sobre os conteúdos de Cinética e Reatores Químicos para disponibilizar aos estudantes,
- d) escolha de indicadores para avaliar as metodologias ativas aplicadas e o desempenho dos alunos;
- e) elaboração do questionário avaliativo final;
- f) coleta dos resultados e *feedbacks*;
- g) organização e compilação dos dados obtidos através de planilhas de MS Excel®;
- h) análise do desempenho dos alunos nas atividades propostas de acordo com os indicadores escolhidos, bem como os *feedbacks* recebidos dos estudantes.

3.1.1. Cronograma da disciplina

A disciplina foi organizada por Unidades de Aprendizagem, de acordo com o conteúdo programático da ementa, sendo elas: Introdução, cinética e estequiometria; Reatores ideais descontínuos e equações projeto; Reatores ideais contínuos (CSTR); Reatores ideais contínuos tubulares (PFR) e reciclo; Reatores contínuos múltiplos; Reações múltiplas; Obtenção e análise de parâmetros cinéticos; Reatores semicontínuos; Reações catalíticas heterogêneas, não elementares, enzimáticas e HEPE; Reatores de leito fixo e queda de pressão.

A metodologia Sala de Aula Invertida foi aplicada em todas as aulas, enquanto o método Instrução entre Pares foi aplicado apenas nos temas Reatores Contínuos Múltiplos e Reações Catalíticas Heterogêneas, visto a complexidade dos temas e possibilidade de discussão sobre o conteúdo para ajudar na aprendizagem dos conceitos.

3.1.2. Critérios avaliativos da disciplina

A nota da disciplina foi estruturada para ser medida como mostra a Equação 1 abaixo, definida pela professora da disciplina.

$$[(0,25*P1) + (0,25*P2) + (0,20*P3)] + [(0,1*NC) + (0,1*NT) + (0,1*NP)] \quad (1)$$

Sendo:

P1, a nota da primeira avaliação, escala de 0,0 a 10,0;

P2, a nota da segunda avaliação, escala de 0,0 a 10,0;

P3, a nota da terceira avaliação, escala de 0,0 a 10,0;

NC, a nota de conceito, escala de 0,0 a 10,0;

NT, a nota das tarefas, escala de 0,0 a 10,0;

NP, a nota individual da participação das etapas do projeto PBL, escala de 0,0 a 10,0.

As metodologias Sala de Aula Invertida e Instrução entre Pares, englobando os questionários semanais (atividade assíncrona) e a participação da aula interativa com uso do aplicativo Nearpod (atividade síncrona), foram avaliadas como Nota de Conceito e também computadas como medidor de frequência. É importante ressaltar que as metodologias ativas estudadas não são ferramentas de avaliação do aprendizado, sendo a Nota de Conceito uma valorização da participação dos alunos nestas atividades, valendo até um ponto da nota final. Essas metodologias buscam promover maior interatividade dos estudantes nas aulas, tornando-os mais ativos no processo de ensino-aprendizagem e as aulas mais dinâmicas e mais bem aproveitadas, resultando em maior aprendizado de conteúdos e desenvolvimento de competências e habilidades, os quais devem ser demonstrados com melhores resultados dos estudantes nas demais avaliações.

Vale comentar que o projeto PBL, mencionado na Equação 1, está relacionado a aplicação da metodologia PBL na disciplina, sendo que sua aplicação e resultados não foram aprofundados no presente trabalho.

3.1.3. Sala de Aula Invertida no ENPE

O período ENPE foi estruturado em um formato em que a cada semana uma nova Unidade de Aprendizagem era abordada, de acordo com o cronograma da disciplina, explicado no item 3.1.1. O semestre era composto pelo estudo e participação de atividades assíncronas e encontros síncronos semanais, para discussão do conteúdo da respectiva Unidade de Aprendizagem, além de encontros semanais de monitoria via Google Meets.

Semanalmente todo o material com o conteúdo da Unidade de Aprendizagem daquela semana foi disponibilizado previamente na aula anterior à do encontro síncrono, com o objetivo

de incentivar o estudo prévio do aluno nos temas da Unidade. O material é composto de uma apresentação em PowerPoint® com slides resumindo o conteúdo, indicação de referências bibliográficas, uma videoaula com a explicação da professora sobre o assunto, exemplos resolvidos e comentados (problemas dialogados), lista de exercícios recomendados e exercícios propostos como tarefas a serem entregues no prazo de uma semana. Em alguns Unidades também se fez uso de *links* de materiais complementares disponíveis na internet. Além disso, as unidades contêm um questionário conceitual com correção automática sobre o tema da Unidade ou uma aula interativa usando a metodologia de Instrução entre Pares e o aplicativo Nearpod. Também foi disponibilizada a recuperação paralela de todas as atividades da Unidade, com prazo de entrega de mais uma semana e valendo 50% da nota da referida atividade proposta.

3.1.3.1. Questionários avaliativos

A preparação dos questionários foi feita consultando-se as referências bibliográficas da disciplina (FOGLER, 1992; SCHMAL, 2010) e outras literaturas, buscando cobrir todo o conteúdo da Unidade de Aprendizagem, relacioná-lo com as Unidades anteriores e balancear o nível de aprofundamento das questões. Os questionários não têm um número de questões definido, podendo variar de acordo com o conteúdo em si e a percepção da necessidade observados. As questões são de múltipla escolha ou resposta aberta, com nível de complexidade baixo ou moderado, mas buscando-se preferencialmente questões simples que abordassem os conceitos essenciais para a compreensão da disciplina, abrangendo perguntas qualitativas e quantitativas. Os alunos podiam responder as questões quantas vezes julgassem necessário, para que pudessem visitar aquelas que tivessem errado na primeira tentativa e tentar refazer de forma correta, permitindo um aprendizado mais efetivo. A participação na atividade foi computada na Nota de Conceito e Frequência de cada semana.

Os primeiros noventa minutos da aula síncrona foram sempre reservados (com exceção das aulas planejadas para aplicação da metodologia Instrução entre Pares) para os estudantes responderem um questionário conceitual com correção automática sobre o tema da Unidade, para incentivar o acesso e estudo dos alunos desses materiais e testar os conceitos estudados, consolidando uma sala de aula invertida. O questionário sempre foi aberto 24h antes da aula síncrona e os estudantes poderiam respondê-lo antecipadamente (como atividade prévia assíncrona), conforme suas conveniências de horários de estudos, ou mesmo respondê-lo mais vezes, quantas desejassem, para maior compreensão de alguns pontos. Dessa forma, a professora obtinha um *feedback* das respostas dos alunos por meio da ferramenta antes da aula

e poderia entender quais conceitos tinham gerado maior dificuldade de entendimento e dar mais ênfase na explicação desses assuntos, além de esclarecer possíveis dúvidas que poderiam surgir a respeito do assunto.

Os relatórios de participação e acesso dos alunos a esses materiais e do desempenho deles nos questionários semanais foram escolhidos como um dos indicadores para avaliar a eficácia da metodologia.

Para os alunos que não puderam responder o questionário dentro do prazo estipulado, antes do início da aula síncrona, poderiam respondê-lo como Recuperação Paralela no prazo de mais alguns dias, valendo 50% da nota. Essa opção, embora não colabore para a efetividade da sala de aula invertida, permite que os alunos que eventualmente tiveram alguma dificuldade para acessar o material ou qualquer imprevisto, tivessem mais tempo disponível para estudar a Unidade de Aprendizagem e realizar o questionário, aproveitando, pelo menos, esta parte da atividade proposta.

A Figura 3 e a Figura 4 mostram exemplos de questões utilizadas nos testes semanais, na qual a primeira foi respondida de maneira correta e a segunda de maneira incorreta. Dessa forma, é possível observar a *feedback* imediato que o sistema Moodle fornece aos alunos. Um modelo de questionário aplicado foi apresentado no Apêndice A.

Figura 3 - Exemplo de uma questão do questionário da aula com o tema Reatores Semicontínuos e de Membrana respondida corretamente.

Questão 1
Correto
Atingiu 1,00 de 1,00
⚑ Marcar questão
✎ Editar questão

A respeito dos reatores semicontínuos, escolha a alternativa incorreta:

- a. Nos reatores semicontínuos, é necessário que se preveja a concentração e a conversão em função do tempo, considerando que os mesmos operam em regime não estacionário.
- b. Uma das vantagens dos reatores semicontínuos é permitir um bom controle de temperatura, especialmente no caso de reações altamente exotérmicas, através da manutenção de uma baixa concentração de um dos reagentes.
- c. Uma das vantagens dos reatores semicontínuos é a capacidade de minimizar reações laterais indesejáveis, através da manutenção de uma baixa concentração de um dos reagentes, no caso, aquele que é inicialmente carregado no tanque. ✓
- d. Nos reatores semicontínuos, é necessário que se preveja a concentração e a conversão em função do tempo, considerando que os mesmos operam com volume e composição da mistura reacional variáveis, dependendo das formas de alimentação e/ou saída.
- e. Os reatores semicontínuos possuem volume e composição da mistura reacional variáveis, dependendo das formas de alimentação e/ou saída, pois são operados em bateladas tanto com entradas ou saídas contínuas durante o processo.

Sua resposta está correta.
A resposta correta é:
Uma das vantagens dos reatores semicontínuos é a capacidade de minimizar reações laterais indesejáveis, através da manutenção de uma baixa concentração de um dos reagentes, no caso, aquele que é inicialmente carregado no tanque.

Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 - Exemplo de uma questão do questionário da aula com o tema Reatores Semicontínuos e de Membrana respondida erroneamente.

Questão 4

Incorreto

Atingiu 0,00 de 1,00

⚑ Marcar questão

[Editar](#)

[Puxar](#)

4. A respeito dos reatores de membrana, escolha a alternativa correta:

- a. Apresentam como vantagens a economia na sua estruturação e manutenção, o que só é necessário quando caminhos preferenciais se formam. ✘
- b. Permitem o aumento da conversão em relação aos reatores tubulares convencionais, podendo ser utilizados para reações em fase líquida ou gasosa, além de que os reatores tubulares convencionais são muito mais caros, específicos e sensíveis à temperatura.
- c. A quantidade de uma espécie química que se difunde através da membrana, saindo pelos lados do reator à medida que escoar através dele, é proporcional ao coeficiente global de transferência de massa dessa espécie naquele tipo de membrana e a concentração desta espécie, em unidades de vazão molar, sendo desprezível no balanço molar desta espécie para projeto do reator.
- d. A temperatura não é um fator que interfere no equilíbrio das reações que ocorrem no interior dos reatores de membrana, visto que o equipamento é termodinamicamente limitado.
- e. Permitem o aumento da conversão em relação aos reatores tubulares convencionais, visto a alta seletividade de reações múltiplas através da catálise ou desfavorecimento de reações reversas em sistemas reversíveis, por meio da difusão de um dos produtos para fora da membrana semipermeável.

Sua resposta está incorreta.

A resposta correta é:
 Permitem o aumento da conversão em relação aos reatores tubulares convencionais, visto a alta seletividade de reações múltiplas através da catálise ou desfavorecimento de reações reversas em sistemas reversíveis, por meio da difusão de um dos produtos para fora da membrana semipermeável.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.3.2. Problemas dialogados

Os problemas dialogados têm o propósito de ajudar os alunos a desenvolverem seu raciocínio lógico e compreenderem de maneira eficaz o conteúdo da disciplina, assim como revisarem alguns temas e se tornarem capazes de relacionar conceitos fundamentais básicos apresentados em disciplinas anteriores com temas mais complexos abordados na atual disciplina, desenvolvendo nos alunos a capacidade de aprender a aprender.

São exercícios resolvidos com passo a passo detalhado de forma a auxiliar na aprendizagem dos conceitos por parte dos alunos, procurando “dialogar” com o estudante leitor durante a resolução.

No Quadro 1 listaram-se os passos que foram utilizados para nas resoluções das questões propostas procurando “dialogar” com o estudante enquanto o direciona na resolução, para chegar não somente ao resultado quantitativo esperado, mas também compreendendo-o fisicamente. No Apêndice B foi exemplificado um modelo de problema dialogado utilizado na disciplina.

Quadro 1 - Passos utilizados como direcionamento na preparação dos problemas dialogados.

Passo	Descrição
1	Ler o problema.
2	Rer o problema, extraindo todas as informações dadas direta e indiretamente e identificar o que se deseja calcular.
3	Desenhar o problema para visualizá-lo melhor.
4	Uniformizar as unidades dos dados do problema.
5	Escrever a equação química da reação envolvida, balancear e classificar a reação.
6	Escrever a tabela estequiométrica para a reação em função da variável de interesse.
7	Escrever a lei de velocidade da reação.
8	Obter todas os parâmetros cinéticos necessários, caso não estejam informados.
9	Analisar e relacionar as informações obtidas nos passos anteriores.
10	Escrever a equação de balanço de massa do reator em função da variável desejada.
11	Combinar a equação de projeto do reator com a lei de velocidade de reação.
12	Fazer as substituições numéricas e os cálculos.
13	Analisar o resultado numérico e redigir uma conclusão do problema.

Fonte: Elaborado pela autora.

3.1.4. Instrução entre Pares

No ensino remoto ENPE, a aplicação da metodologia Instrução entre Pares foi estruturada como: i) os alunos foram organizados em grupos no Google Meets; ii) apresentou-se os conceitos brevemente e sanou-se as dúvidas na sala de aula virtual com todos os alunos; iii) uma questão de múltipla escolha sobre o conteúdo foi exibida para ser respondida primeiramente de forma individual, via Nearpod, com tempo limitado; iv) a professora avaliou o número de acertos das respostas, por meio do aplicativo; v) quando a maior parte dos alunos escolheu a resposta correta, a professora confirmou e seguiu para a próxima questão; vi) quando constatou-se uma grande divergência nas respostas, a professora permitiu que os alunos tivessem alguns minutos para discutir a resposta com os colegas de seu grupo; vii) depois das discussões, uma nova votação foi feita para avaliar se as respostas convergiram ou não; viii) se houvesse uma grande convergência para a resposta correta na segunda votação, a professora seguia para a próxima questão e, caso não houvesse, ela explicaria o conceito novamente.

A respeito da avaliação das questões, esta pode ser feita com ajuda de algum aplicativo de celular ou, quando aplicado presencialmente, de forma lúdica na sala de aula. Com o uso do aplicativo se tem a vantagem de ter um *feedback* instantâneo das respostas e uma exatidão maior na porcentagem de alunos que acertaram ou que erraram as questões. Entretanto, tem-se a desvantagem de precisar ter um aparelho que permita a instalação, ficando expostos lentidão ou dificuldade para realizar a votação. Realizar a metodologia de maneira lúdica em sala de aula tem a vantagem de ser um processo mais simples, onde todos participam, sem necessidade de uso do celular, mas o *feedback* é mais incerto, visto que a professora analisa visualmente a quantidade de acertos e erros na aplicação da metodologia.

Para a aplicação da metodologia Instrução entre Pares em um semestre inteiramente realizado a distância, no formato ENPE, a opção do aplicativo para interação em tempo real entre os alunos e a professora se tornou a única alternativa.

Os aplicativos de celulares testados para aplicação do método Instrução entre Pares na sala de aula presencial a priori, foram: o Quizmaker, o Quizzer, o Testmaker e o Nearpod (QUIZMAKER, 2020; QUIZZER, 2020; TESTMAKER, 2020; NEARPOD, 2020).

Dentre os aplicativos analisados para serem aplicados na metodologia Instrução entre Pares, somente o Nearpod atendeu as necessidades do método. Os outros três aplicativos testados permitem a criação das questões e o registro das respostas dos alunos em tempo real, porém apresentaram algumas desvantagens. O Quizmaker não mostra a porcentagem de erros e acertos das questões respondidas pelos alunos, o que é uma desvantagem, visto a importância desses dados para saber se a turma respondeu a questão corretamente para dar ou não prosseguimento à aula ou à discussão em grupo e revisão do conceito. O Quizzer não é disponível para dispositivos IOS, dessa forma, alguns alunos não conseguiriam acessar, fator que o torna inviável para a aplicação, devido a necessidade de participação de todos. O Testmaker tinha sua linguagem em japonês e, por mais que o aplicativo fosse muito intuitivo em seu funcionamento, poderia gerar dúvidas nos estudantes.

O aplicativo Nearpod foi selecionado dentre os demais pois é uma ferramenta de aprendizagem em que os professores podem criar, personalizar e compartilhar com os estudantes as apresentações de suas aulas de forma interativa, por meio de computadores, tablets ou smartphones. É um aplicativo gratuito que pode ser facilmente baixado e acessado nos diversos sistemas operacionais disponíveis atualmente. Ainda permite que a produção de uma aula multimídia por parte do docente, a avaliação do engajamento dos alunos em tempo real e o monitoramento da participação e do rendimento dos alunos por meio de relatórios produzidos automaticamente. É possível criar quadros em que os alunos podem adicionar comentários,

questões para respostas abertas, múltipla escolha, desenhos, como mostram as Figuras 5, 6 e 7. A Figura 8 mostra a tela do professor quando disponibiliza uma questão de alternativas, mostrando a porcentagem de acertos, erros e alunos que não responderam.

Figura 5 - Questão de múltipla escolha (verdadeiro ou falso) para alunos responderem no aplicativo Nearpod.



True or False: Heat and temperature are the same thing.

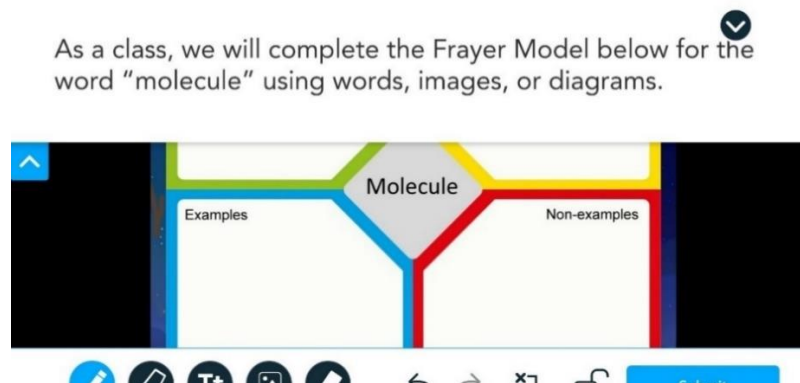
A. True

B. False

Submit

Fonte: Nearpod.

Figura 6 - Questão de desenho para alunos responderem no aplicativo Nearpod.



As a class, we will complete the Frayer Model below for the word "molecule" using words, images, or diagrams.

Examples

Molecule

Non-examples

Submit

Fonte: Nearpod.

Figura 7 - Questão para resposta aberta no aplicativo Nearpod.



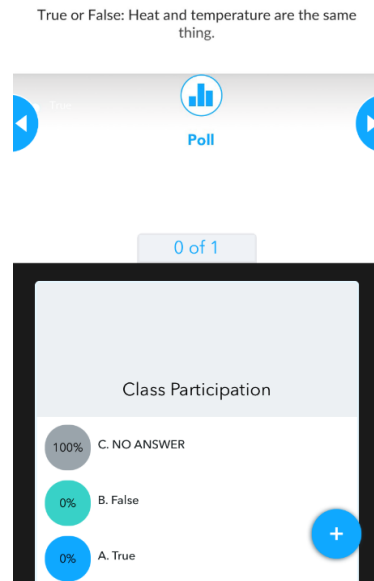
How do you define 'heat' and 'temperature'? Write your own definitions.

Ready? Enter your answer here.

Submit

Fonte: Nearpod.

Figura 8 - Tela com o *feedback* instantâneo que o professor tem das questões de múltipla escolha.

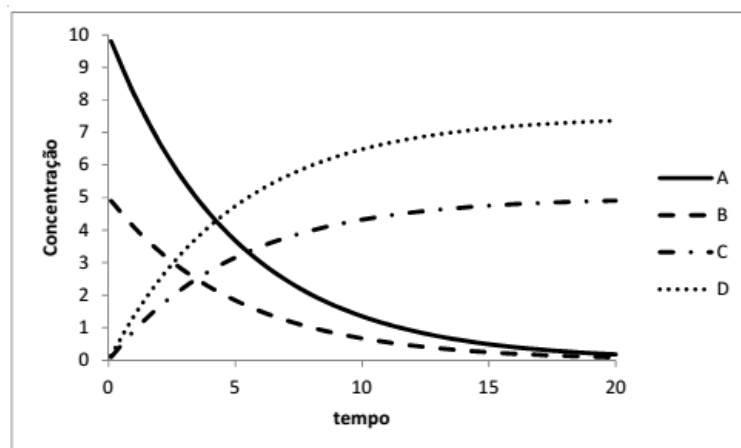


Fonte: Nearpod.

Diante das várias possibilidades de tipos de questões que a ferramenta permite, optou-se por formular perguntas de múltipla escolha e de desenho de gráficos. A Figura 9 mostra um exemplo de questão aplicada na metodologia e no Apêndice C temos todas as questões que foram usadas na aula de Instrução entre Pares.

Figura 9 - Questão utilizada para metodologia Instrução entre Pares.

Questão 1: A figura a seguir mostra as curvas típicas de concentração-tempo para um esquema de reações. De acordo com as informações da figura, a sequência correta é:



- A. $A + B > C > D$
- B. $A > B > C + D$
- C. $A > B + C > D$
- D. $A + B > C + D$

Fonte: Concurso público – UFRN.

O material para estudo prévio composto pelo conteúdo da aula escolhida para aplicação da metodologia foi disponibilizado com antecedência para que todos os alunos pudessem estudar antes do encontro síncrono. A participação na atividade foi computada na Nota de Conceito e Frequência da respectiva semana, sendo que aqueles que não puderam participar, tiveram a oportunidade de fazer uma atividade como Recuperação Paralela.

A metodologia foi aplicada utilizando três interfaces tecnológicas simultaneamente: a sala de aula virtual via Google Meets com todos os alunos da sala e a professora; a sala virtual de discussão via Google Meets composta pelos grupos de alunos organizados pela professora, compostos de cerca de 4 alunos; e o aplicativo Nearpod, tela na qual os alunos acompanharam e responderam as questões.

A aula foi iniciada através de uma sala virtual do Google Meets, com a presença de todos os alunos da turma e a professora para breve apresentação do funcionamento da metodologia e do conteúdo da aula, em um curto período, de 20 a 30 minutos. Em seguida, iniciaram-se as questões propostas, para as quais os alunos tinham cerca de 3 minutos para respondê-las.

A cada questão, um *feedback* instantâneo do desempenho dos discentes é gerado pelo aplicativo em forma de gráfico, ao comando da professora. Quando as respostas geraram pouca divergência e a maior parte da turma escolheu a alternativa correta, a professora comentava brevemente o resultado e seguia com o andamento da aula, para uma próxima questão. Ao contrário, se as respostas dos alunos divergiram consideravelmente entre si, a professora os orientava para migrarem para as salas específicas de seus grupos e discutirem por cerca de 5 minutos a fim de concluírem sobre a alternativa correta, explicando uns aos outros seus entendimentos e dúvidas.

Após o tempo dado para a discussão em grupos, os alunos eram chamados pela professora para que voltassem para a sala de aula geral para responderem novamente à questão. Os alunos podiam manter a mesma resposta que deram inicialmente, caso estivessem convictos da mesma. Então, depois da nova votação, era verificado se as respostas passaram a convergir mais significativamente para a opção correta ou não. Finalmente, de acordo com o resultado obtido instantaneamente via Nearpod após a nova enquete, quando necessário, a professora discutia a questão e as alternativas, explicando a resolução.

Em todos os momentos da aula, independente se a questão gerava muita discussão ou não, a professora estava disponível para tirar qualquer dúvida ou fornecer uma explicação mais completa, caso algum aluno julgasse necessário e a questionasse.

3.2. Indicadores Adotados Para a Avaliação do Sucesso da Aplicação das Metodologias

Para que fosse possível avaliar as metodologias ativas de ensino aplicadas nesta disciplina, alguns indicadores foram definidos de acordo com os dados disponíveis nos relatórios do Moodle e aplicativo Nearpod.

3.2.1. Sala de Aula Invertida

A partir dos questionários respondidos pelos alunos e dos materiais de estudo semanais disponibilizados no ambiente virtual da disciplina Cinética e Reatores Químicos, o sistema Moodle UFSCar permite a emissão de um relatório de participação e desempenho daqueles que participaram das atividades, com o nome, a data e horário de acesso ao material, a quantidade de acessos e a nota.

Com base nessas informações é possível tem-se indicadores para: (i) identificar se todos os alunos acessaram o material disponibilizado previamente e responderam as questões dentro do prazo inicial ou na recuperação paralela; (ii) identificar dentro de cada questionário os conceitos que os alunos apresentaram maior dificuldade para entender e responder corretamente; (iii) verificar quais os conteúdos que tiveram maior quantidade de acessos; (iv) verificar possíveis relações entre a quantidade de acessos e o desempenho dos alunos nos questionários; (v) observar se existe um padrão entre os alunos com menor desempenho.

Para os dados numéricos, as análises foram feitas em planilhas de MS Excel® e gráficos foram preparados para ajudar na interpretação dos resultados.

3.2.2. Instrução entre Pares

Com o relatório emitido pelo aplicativo Nearpod é possível verificar a eficácia da aplicação da metodologia Instrução entre Pares.

O indicador escolhido diz respeito à convergência para a resposta correta pelos alunos nos casos em que houve uma divergência considerável entre as respostas na primeira enquete e os alunos foram direcionados à discussão em grupos e nova votação.

3.2.3. Questionário avaliativo final: Percepção dos alunos

Como forma de avaliar a aplicação das metodologias ativas Sala de Aula Invertida e Instrução entre Pares de acordo com a visão dos alunos, optou-se por aplicar aos discentes um questionário estruturado na ferramenta do Google Forms, disponibilizado via Moodle. Decidiu-se por utilizar a escala Likert para estruturar as questões por ser uma boa ferramenta para ser aplicada em casos de necessidade de avaliar ou obter *feedbacks* a respeito da satisfação daqueles

que são submetidos a um determinado serviço. (MINDMINERS, 2017). Optou-se por escolher esse método de avaliação por ser uma escala fácil de ser elaborada pelo autor e de fácil resposta pelos pesquisados. Por ser muito visual, a pessoa entrevistada compreende rapidamente a lógica da escala e facilmente pode comparar os itens preenchidos e escolher a opção que mais se adequa a sua opinião sobre o assunto. A estrutura é formada por perguntas compostas por escalas de 5, 7 ou 9 pontos, como uma escala de satisfação, que varia de uma atitude extrema a outra, desde um “muito satisfeito” até um “insatisfeito”, incluindo uma opção moderada ou neutra. (MINDMINERS, 2017). Dessa forma, a análise dos dados pode ser feita de acordo com as respostas dos participantes.

Esse modelo de escala deve ser formado por frases afirmativas sobre os pontos que se deseja avaliar, para analisar o nível de concordância ou discordância dos respondentes a respeito das afirmações feitas. Portanto, o uso da escala permite descobrir graus de opinião, o que pode facilitar o entendimento sobre o feedback recebido e indicar as áreas passíveis de melhoria. (MINDMINERS, 2017).

No Quadro 2 demonstrou-se o formato da escala Likert, composta por 5 pontos de nível de concordância, de 1 a 5, desde “Discordo totalmente” a “Concordo totalmente”, com uma resposta neutra, disponibilizadas como respostas do questionário.

Quadro 2 - Escala Likert com níveis de concordância.

Escala Likert
1. Discordo totalmente
2. Discordo parcialmente
3. Indiferente
4. Concordo parcialmente
5. Concordo totalmente

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 3, temos as questões elaboradas pela autora que, após avaliação da professora da disciplina, foram aplicadas aos alunos da turma no meio do semestre. O objetivo de discussão de cada uma das questões do questionário avaliativo das disciplinas também foi explicado para guiar as discussões feitas na sequência. A Questão 9 é a única que não segue a escala Likert, pois se deseja com ela obter comentários e *feedbacks* mais detalhados da percepção do aluno quanto ao desenvolvimento da disciplina e os métodos de ensino-aprendizagem ativa ao longo do semestre.

Quadro 3 - Questões aplicadas aos estudantes, objetivos análise indicadores.

Questões aplicadas aos estudantes	Objetivo	Indicador
<p>1. A aplicação de questionários com <i>feedback</i> imediato semanalmente incentivou o estudo prévio dos temas abordados nas aulas.</p>	<p>Analisar se a aplicação de questionários com <i>feedback</i> imediato semanais incentivou os alunos a acessarem o material disponibilizado previamente via Moodle e comparar com os dados de acesso obtidos através do relatório do sistema.</p>	<p>Eficiência do questionário na sala de aula invertida e do comportamento mais ativo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.</p>
<p>2. A aplicação de questionários com <i>feedback</i> imediato semanalmente contribuiu para minha compreensão dos temas abordados nas aulas.</p>	<p>Verificar o grau de dificuldade percebido pelos alunos e se a aplicação de questionários com <i>feedback</i> imediato mostrou-se uma ferramenta útil e compatível com tais dificuldades; analisar se o estudo prévio (pela inversão da sala de aula) foi capaz de contribuir com o aprendizado nos momentos de discussão síncrona.</p>	
<p>3. Eu me preparei adequadamente estudando o material das aulas disponibilizado antes de responder o questionário e participar dos encontros síncronos.</p>	<p>Avaliar se os alunos consideram que se dedicaram nas atividades que as metodologias (Sala de Aula Invertida, Questionários e Instrução entre Pares) demandaram e comparar a auto-avaliação deles com os dados de</p>	

	acesso aos materiais disponibilizados.	
4. Os problemas dialogados (ou exemplos comentados) disponibilizados no Moodle em todos os temas abordados nas aulas contribuíram efetivamente para o meu aprendizado.	Analisar se os problemas dialogados foram eficientes na proposta de ajudar os alunos na compreensão dos conteúdos da disciplina.	Eficiência dos problemas dialogados na sala de aula invertida.
5. Os problemas dialogados (ou exemplos comentados) disponibilizados no Moodle em todos os temas abordados ajudaram a desenvolver o raciocínio necessário para resolver os exercícios.	Analisar se os problemas dialogados foram eficientes na proposta de ajudar os alunos no desenvolvimento de raciocínio lógico para resolução de problemas de Cinética e Reatores Químicos.	
6. Gostei do uso do aplicativo Nearpod como ferramenta para auxiliar numa aula interativa, compondo a estratégia do ensino-aprendizagem ativo.	Analisar se os alunos consideraram o aplicativo escolhido para a aula interativa e aplicação da metodologia “Instrução entre Pares” eficaz diante da sua proposta de proporcionar um ambiente de ensino-aprendizagem ativo.	Efeito da atividade interativa “Instrução entre Pares” no ENPE.

<p>7. O <i>feedback</i> imediato dos questionários no Moodle, assim como durante a aula interativa usando as ferramentas do aplicativo Nearpod são ferramentas muito significativas para o amadurecimento do meu aprendizado.</p>	<p>Analisar a percepção dos alunos em relação aos seus aprendizados sobre o <i>feedback</i> imediato em diferentes ferramentas.</p>	<p>Importância do <i>feedback</i> imediato em diferentes ferramentas.</p>
<p>8. A metodologia de ensino-aprendizagem “Instrução entre Pares” (que foi aplicada nas questões interativas com o Nearpod) foi uma forma dinâmica, interessante e eficiente de esclarecer dúvidas e amadurecer meu aprendizado, sem necessidade de uma exposição detalhada de conteúdo pelo professor antecipadamente.</p>	<p>Verificar se os alunos aprovaram e se identificaram com metodologia, e se ela atingiu seu propósito.</p>	<p>Eficiência da atividade interativa “Instrução entre Pares” no comportamento mais ativo dos alunos no processo de ensino-aprendizagem.</p>
<p>9. Metodologias de ensino-aprendizagem como “Sala de Aula Invertida” e “Instrução entre Pares” deveriam ser utilizadas em outras disciplinas.</p>	<p>Verificar se os alunos aprovaram e se identificaram com tais metodologias, e se as consideram úteis e viáveis para compor as estratégias de ensino de outras disciplinas.</p>	<p>Aprovação/identificação das metodologias aplicadas.</p>

<p>10. Metodologias de ensino-aprendizagem como “Sala de Aula Invertida” e “Instrução entre Pares” fizeram muita diferença no meu aprendizado no formato de ENPE e podem ser utilizadas em qualquer formato de ensino: presencial, híbrido ou remoto.</p>	<p>Verificar se os alunos consideram que tais metodologias foram diferenciais para o ensino desta disciplina no ENPE e se as consideram úteis e viáveis para compor as estratégias de ensino em qualquer modalidade.</p>	
<p>11. Metodologias de ensino-aprendizagem como “Sala de Aula Invertida” e “Instrução entre Pares” me deixaram mais confiante para fazer as avaliações, pois ao mesmo tempo que tive autonomia para dar o meu ritmo aos estudos, também tinha suporte.</p>	<p>Verificar se a aplicação das metodologias ativas ajudou os alunos a se sentirem mais confiantes a respeito do conhecimento adquirido para fazer as avaliações e como se sentiram envolvidos nestes métodos.</p>	<p>Avaliação da mudança para um comportamento de estudante mais ativo.</p>
<p>12. A ajuda do monitor na disciplina de Cinética e Reatores Químicos tem sido essencial, especialmente devido ao formato de ENPE.</p>	<p>Avaliar a contribuição da monitoria para os alunos em razão do formato de ENPE.</p>	<p>Efeito da monitoria no ENPE.</p>

<p>13. Quais seus comentários finais sobre os métodos “Sala de Aula Invertida” e Instrução entre Pares? Conte como foi a experiência no seu ponto de vista. Críticas e elogios são bem-vindos.</p>	<p>Coletar <i>feedbacks</i> positivos e/ou negativos dos alunos participantes da disciplina a respeito da sua experiência ao participar de uma disciplina baseada no uso de metodologias ativas de ensino e encontrar pontos de melhorias para futuras aplicações.</p>	<p>Embasamento dos indicadores.</p>
--	--	-------------------------------------

Fonte: Elaborado pela autora.

Após o recebimento das respostas dos alunos, foi feita uma análise dos dados juntamente com a discussão dos resultados. A discussão realizada abordou uma comparação das respostas fornecidas pelos alunos nesse questionário com os dados de desempenho observados nos relatórios obtidos via Moodle UFSCar e Nearpod.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Sala de aula invertida

4.1.1. Questionários avaliativos

Como forma de incentivar o estudo dos conteúdos da disciplina previamente às aulas e para identificar os conteúdos que os alunos tiveram maior dificuldade de compreensão, foram preparados questionários com perguntas a respeito dos fundamentos essenciais para compreensão dos temas de cada unidade de aprendizagem e disponibilizados no moodle previamente aos encontros síncronos semanais, como apresentado no item 3.1.3.1. Os questionários permitiram feedback imediato no próprio moodle.

No item 4.1.1.1 será avaliado e discutido o nível de participação dos alunos nos questionários avaliativos semanais, enquanto no item 4.1.1.2 serão identificados os conteúdos que os alunos apresentaram maior dificuldade de compreensão, assim como formas de sanar essas dúvidas e permitir uma aprendizagem efetiva.

4.1.1.1. Participação nas atividades da metodologia

Com o intuito de observar se os alunos responderam os questionários semanais, a Tabela 2 mostra a quantidade de alunos que responderam no período normal, no período de Recuperação Paralela e aqueles que não responderam a atividade ao longo do semestre, dentre os 37 alunos cadastrados na disciplina.

Tabela 2 - Quantidade de alunos que responderam os questionários em relação a quantidade de alunos que não participaram.

Aula	Tema	Quantidade de alunos que responderam no prazo normal	Quantidade de alunos que responderam na Recuperação Paralela	Quantidade de alunos que não responderam
UA1	Introdução	37	0	0
UA2	Batelada	37	0	0
UA3	CSTR	35	2	0
UA4	PFR	34	2	1
UA5	Reatores Múltiplos	35	0	2
UA7	Parâmetros Cinéticos	22	10	5
UA8	Reatores Semicontínuos	33	2	2

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que a adesão dos discentes a responder os questionários foi alta, visto que na aplicação dos três primeiros testes, todos os alunos responderam a atividade, dentro do prazo normal ou da Recuperação Paralela.

Ao longo do semestre a quantidade de alunos que respondeu a atividade no prazo normal diminuiu levemente, enquanto a quantidade de alunos que respondeu na Recuperação Paralela ou que não respondeu aumentou, fato que pode estar relacionado com a sobrecarga dos discentes com as atividades do final do semestre, visto a alta demanda desta e de outras disciplinas. Segundo dados obtidos com a Coordenação de Curso da Engenharia Química UFSCar, a turma estudada no presente trabalho estava inscrita em uma média de 24 créditos (horas aula/semana) nesse semestre. Isso indica que os alunos se inscreveram em uma grande quantidade de disciplinas, sendo que havia sido indicado que eles se inscrevessem em no máximo de três disciplinas, cerca de 12 créditos, o que comprova a sobrecarga dos estudantes.

Outro fator que pode ter contribuído com a diminuição da participação pode ser o semestre no formato integralmente de ENPE, com uma rotina com a qual os alunos não estão acostumados, exigindo uma maior organização deles.

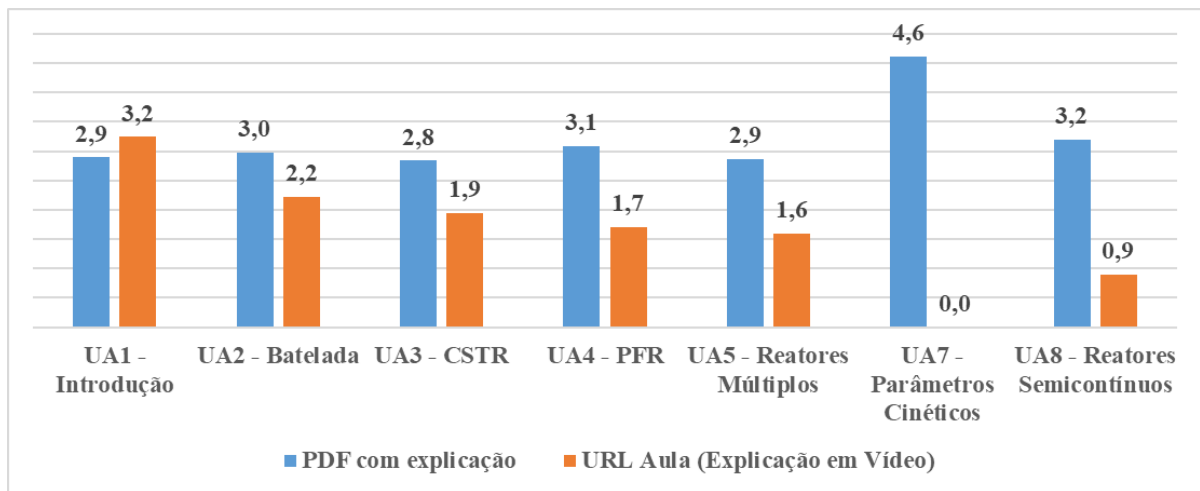
Na aula síncrona de Cálculo de Parâmetros Cinéticos, na qual os alunos tiveram uma quantidade muito menor de respostas ao questionário (UA7), eles relataram que estavam com atividades acumuladas e no período de recesso do semestre, o que pode, também, ter atrapalhado o ritmo dos estudos e afetado a quantidade de acessos ao material.

Já o aumento na quantidade de acessos ao questionário referentes a Unidade de Aprendizagem 8 pode estar relacionado com o fato de o período de aplicação ter sido véspera da segunda avaliação da disciplina. Esses são momentos em que os estudantes se dedicam mais ao estudo, de acordo inclusive com as percepções do monitor.

É importante mencionar que a possibilidade de responder os questionários fora do prazo normal foi bem recebida pelos alunos, uma vez que boa parte concluiu as atividades no período de Recuperação Paralela mesmo que o teto da nota fosse menor, permitindo que tivessem a chance de treinar e fixar o quanto aprenderam do conteúdo da disciplina.

Para acompanhar o quanto os alunos acessaram os materiais disponibilizados no Moodle antes dos encontros síncronos, foram registradas as médias de acessos da turma ao material textual em formato PDF e as médias de acesso da turma ao material em vídeo que a professora da disciplina disponibilizou semanalmente, como se pode analisar na Figura 10.

Figura 10 - Média de quantidade de acessos da turma nos materiais em PDF e em vídeo disponibilizados semanalmente no sistema Moodle.



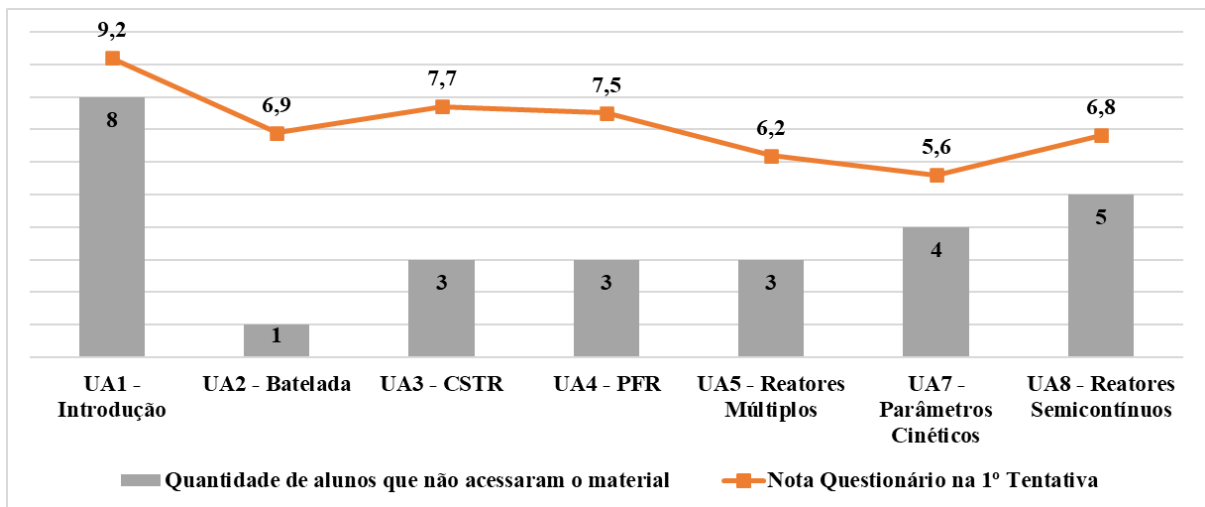
Fonte: Elaborado pela autora.

Verifica-se que ao longo do semestre os alunos tiveram uma média razoavelmente constante de acessos ao material textual em PDF até a UA5 (para a UA6 foi usada outra metodologia), enquanto a média de acessos ao material em vídeo diminuiu ao longo do tempo. Na unidade de aprendizagem UA7 não foi disponibilizado material em vídeo, apenas o textual e outros complementares e observou-se um significativo aumento de acessos ao material textual. Seguindo o mesmo comportamento observado no início do semestre, a média de acessos na UA8 apresentou uma média de acessos ao material textual semelhante ao das primeiras unidades de aprendizagem, com uma queda na média de acessos ao material em vídeo.

É possível associar esse comportamento à adaptação dos alunos para estudarem previamente e sozinhos o material e, conforme foram se familiarizando com o conteúdo da disciplina, a metodologia e com o ENPE, passaram a utilizar apenas o material escrito. Além disso, a alta demanda de tempo para assistir aos vídeos (com duração de aproximadamente 40 minutos cada) e o excesso de atividades avaliativas no período final do semestre podem ter sido fatores que diminuíram a quantidade de acessos.

Mas nem todos os alunos que responderam os questionários durante o período normal ou da Recuperação Paralela acessaram o material proposto para estudo prévio. A Figura 11 busca verificar se existe uma relação entre a quantidade de alunos que não acessaram o material previamente e o desempenho da turma nos questionários semanais.

Figura 11 - Quantidade de alunos que não acessou o material antes de responder o questionário avaliativo prévio de cada semana em relação a média das notas da turma em cada teste.



Fonte: Elaborado pela autora.

Na primeira unidade de aprendizagem, quando os temas introdutórios foram revisados no questionário, mesmo com vários alunos não visualizando o material previamente, a turma alcançou uma boa nota média, possivelmente porque os conteúdos já tinham sido abordados em disciplinas anteriores. Já na segunda unidade de aprendizagem, quando o primeiro modelo de reator foi introduzido, houve uma queda de 25% da média de nota, mesmo com apenas um deles não tendo acessado o material. Por ser realmente o primeiro contato com o conteúdo novo, já era esperado que surgissem mais dúvidas e dificuldades, podendo culminar num desempenho relativamente mais baixo. Ao longo do semestre, a quantidade de alunos que pararam de acessar o material de estudo prévio (e, conseqüentemente, de se preparar devidamente para a Sala de Aula Invertida) aumentou gradativamente e a média das notas diminuiu (19% da UA2 para a UA7). A quantidade de alunos que não acessaram o material da UA8 foi maior em comparação às semanas anteriores, porém a turma teve uma média de desempenho maior. Essa observação está relacionada com o desempenho muito melhor daqueles que acessaram o material, compensando as notas baixas daqueles que não acessaram, aumentando a média da turma.

Dessa forma, é possível inferir que quando os alunos se dedicaram ao estudo prévio dos materiais, eles tiveram melhor desempenho nos testes, corroborando com a metodologia da Sala de Aula Invertida para a aprendizagem (FERREIRA et al. (2018).

Os dados indicam que o acesso e estudo do material disponibilizado semanalmente é essencial para o bom funcionamento da metodologia e aprendizagem efetiva dos alunos sobre o tema, como discutido na literatura por Lucas (2012). Como Marin (2010) também aborda em seu trabalho, para que a aplicação das metodologias ativas tenha sucesso, é necessário grande esforço dos alunos, exigindo uma mudança de comportamento e maior organização.

Com o gráfico da Figura 11 também é possível identificar quais foram os assuntos que os alunos tiveram maior dificuldade para entender os conceitos. Os alunos obtiveram as menores notas e, portanto, mais dúvidas, nos questionários a respeito do reator tipo Batelada, Reatores Múltiplos e Cálculo de Parâmetros Cinéticos. O monitor da disciplina também relatou a sua percepção a respeito da dificuldade dos alunos na compreensão desses temas. Para Reatores Múltiplos, as maiores dúvidas foram a respeito dos balanços para os casos de reações em série e em paralelo, em que por vezes se demanda a resolução de EDO's. Já para o Cálculo de Parâmetros Cinéticos a maior dificuldade foi a compreensão dos diversos métodos utilizados para os cálculos dos parâmetros em pouco tempo. Como o programa da disciplina é muito denso, não há tempo o suficiente para aprofundar em cada um e o ideal seria a possibilidade de resolver mais problemas e colocar em prática todo o conteúdo estudado. (MORAROS et al., 2015). Essa conclusão do monitor está de acordo com os dados obtidos sobre o desempenho dos alunos nos questionários. Desse modo, seria interessante analisar a possibilidade de reestruturação do cronograma da disciplina, visando o aumento de tempo disponível para abordagem desses conceitos e resolução de exercícios, para garantir a aprendizagem efetiva dos temas.

Com o intuito de analisar se o baixo desempenho nos questionários avaliativos poderia estar relacionado com lacunas de aprendizagem desses alunos, com a falta de preparação prévia para respondê-los ou se há outras razões atreladas a essas notas, verificou-se se os alunos com menores notas eram sempre os mesmos. Para isso os alunos foram identificados com números de 1 a 37, para manter seu anonimato. Verificaram-se quais deles tiveram as menores notas na primeira tentativa de responder cada questionário, como mostra a Tabela 3, em ordem decrescente das notas, identificando em vermelho aqueles que não acessaram o material de estudo prévio antes de responder os respectivos questionários.

Tabela 3 - Identificação dos alunos que apresentaram menores notas na primeira tentativa de responder os testes semanais, de acordo com cada tema, em ordem decrescente.

Aula	Tema	Alunos com menores notas		
UA1	Introdução	2	28	31
UA2	Batelada	16	37	25
UA3	CSTR	25	30	37
UA4	PFR	27	18	25
UA5	Reatores Múltiplos	8	28	37
UA7	Parâmetros Cinéticos	3	8	14
UA8	Reatores Semicontínuos	32	16	29

Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que dois alunos apresentaram um baixo desempenho em três dos seis questionários disponibilizados (o 25 e o 37), enquanto outros três receberam uma baixa pontuação em dois testes (o 8, 16 e o 28) e o restante dos alunos com menores notas variou. Com a identificação dos alunos que não acessaram o material antes de responder os questionários (em vermelho), é possível verificar que os dois estudantes que apresentaram menor desempenho em um maior número de avaliações não acessaram o material de estudo previamente, o que pode ter acarretado em um menor desempenho. Além disso, esses alunos podem apresentar falta de conhecimento de alguns conceitos introdutórios fundamentais ou não terem se adaptado bem ao sistema de aplicação de questionários, enquanto o restante da turma apresentou dificuldades pontuais na resolução dos testes.

4.1.1.2. Discussão sobre conteúdos avaliados nos questionários

A partir dos relatórios que o sistema Moodle UFSCar fornece com o desempenho de cada aluno nas questões, pode-se verificar quais conceitos teriam que ser revistos durante a explicação da professora da disciplina no encontro síncrono. Dessa forma, os fundamentos que geraram maiores dúvidas nos questionários também foram identificados no Quadro 4 e discutidos na sequência para que esses pontos sejam apresentados com mais ênfase e revisados nas aulas em uma futura aplicação.

Quadro 4 - Temas das aulas que foram avaliadas e conceitos que os alunos apresentaram menor desempenho na resolução.

Unidade de Aprendizagem	Conceitos das questões que tiveram menor desempenho
--------------------------------	--

Introdução, Definições, Cinética e Estequiometria	Termodinâmica	Determinação de parâmetros cinéticos	Equilíbrio Químico
Reatores Descontínuos Ideais (Batelada)	Dedução da equação de projeto do reator	Determinação de parâmetros cinéticos do reator	Características do processo em fase gasosa
Reatores Contínuos Ideais (CSTR)	Cálculo das velocidades de consumo e formação dos produtos, a partir das concentrações de entrada e saída	Cálculo do volume do reator a partir de uma conversão desejada	Tempo de residência
Reatores Contínuos Ideais Tubulares e Reciclo	Funcionalidade e comparação dos reatores (Batelada, CSTR e PFR)	Regime de escoamento no PFR, tempo de residência e tempo espacial	Conceito de variação de concentração e taxa de reação ao longo do reator
Reatores Contínuos Múltiplos	Efeitos das reações em série e em paralelo na conversão	Características da concentração, volume e tempo espacial em um sistema com reatores em série	Cálculo de nova conversão em uma proposta de sistema em série
Obtenção e Análise de Parâmetros Cinéticos	Avaliação da aplicabilidade dos métodos de obtenção de parâmetros cinéticos	Conceito do Método das Velocidades Iniciais	Cálculo da concentração do reagente, equação da velocidade e tempo de meia vida
Reatores Semicontínuos	Conceitos sobre a equação de projeto de um reator semicontínuo	Avaliação das vantagens dos reatores semicontínuos	Conceitos sobre reator de membrana

Como se pode observar, ao longo do desenvolvimento da disciplina e explicação dos novos conceitos, foi exigido dos alunos conhecimento de assuntos introdutórios do curso de Engenharia Química, abordados em disciplinas anteriores, assim como a aprendizagem de novos conceitos. Ambos os temas geraram dúvidas nos alunos ao responder os questionários.

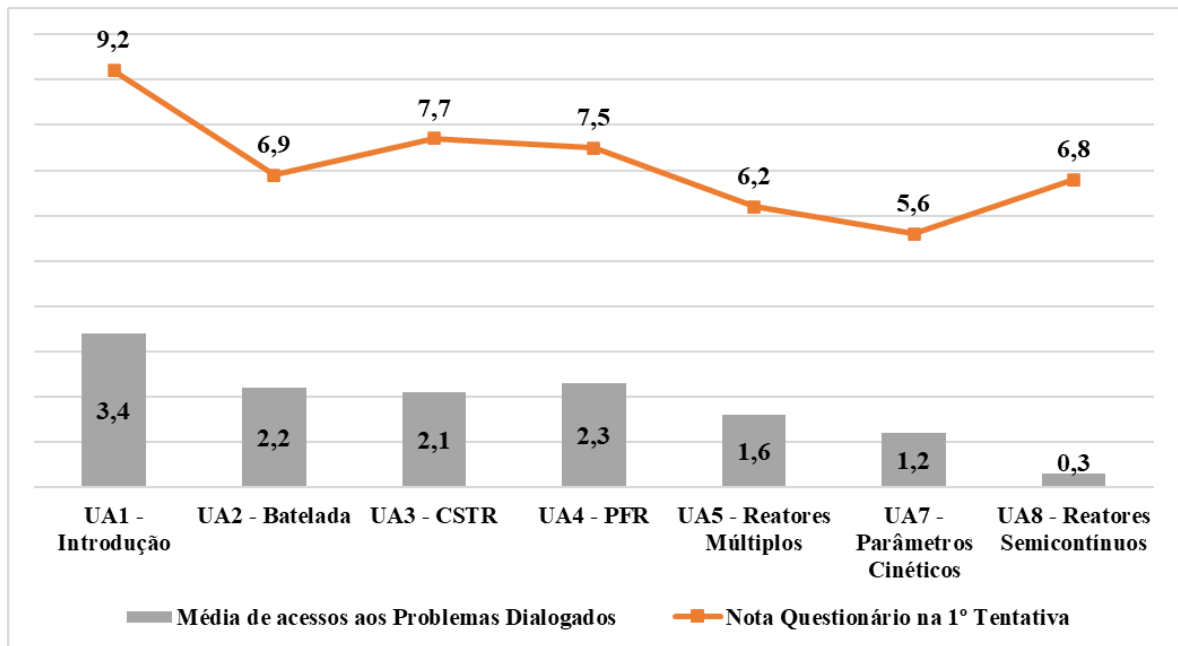
Para o tema da primeira unidade de aprendizagem, os assuntos que mais geraram dúvidas foram a termodinâmica, a determinação de parâmetros cinéticos e o equilíbrio químico. Isto indica que a base de conhecimento nesses fundamentos nos alunos não é sólida e revela lacunas na aprendizagem desses tópicos. Como forma de sanar essa dificuldade, sugere-se adicionar um material textual complementar com abordagem desses conteúdos de forma mais completa no sistema Moodle logo no início do semestre, com uma revisão dos conceitos fundamentais e alguns exemplos resolvidos, solidificando a base dos alunos para acompanharem a disciplina de reatores sem dificuldades.

Antes do início das aulas, a professora da disciplina extraía o relatório diretamente do sistema Moodle e direcionava sua explicação para sanar os pontos que os alunos tinham apresentado maior dificuldade, assim como sugerido na literatura. (MCLAUGHLIN et al., 2014). Era comum que, no encontro síncrono, os alunos trouxessem para discussão os conceitos abordados nas questões que não tinham entendido, enriquecendo a troca de conhecimento e tornando mais efetivo o processo de ensino-aprendizagem.

4.1.2. Problemas dialogados

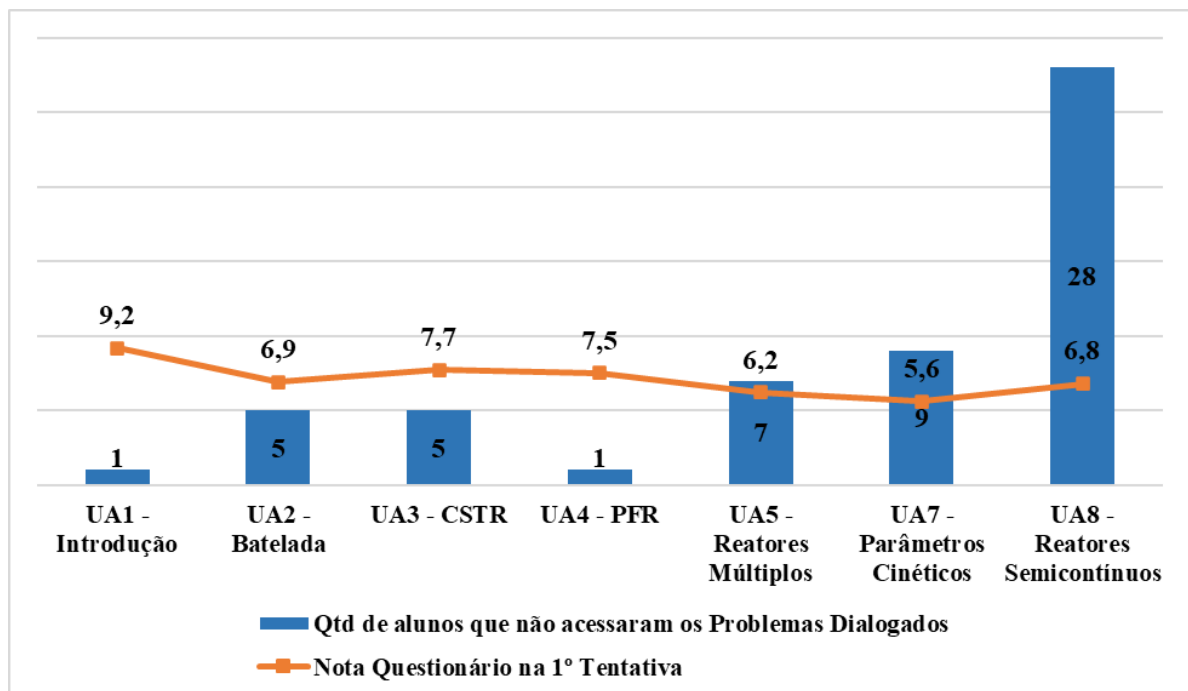
Para verificar a adesão dos alunos no acesso aos exercícios selecionados com resolução feita passo a passo de maneira dialogada (metodologia no item 3.1.3.2), foram coletadas as médias por aluno de acessos aos problemas resolvidos de cada tema e esses números foram comparados com as notas dos questionários semanais, como mostra a Figura 12. A relação entre as notas médias obtidas em cada questionário e a quantidade de alunos que não acessaram os problemas resolvidos também foi comparada na Figura 13.

Figura 12 - Relação entre as médias por aluno de acessos aos problemas dialogados de cada Unidade de Aprendizagem em relação à nota média da turma nos questionários.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 13 - Relação entre a quantidade de alunos que não acessaram os problemas dialogados de cada tema em relação à nota média da turma nos questionários.



Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da análise dos gráficos acima, pode-se afirmar que pode existir uma relação entre a média de quantidade de acessos aos problemas dialogados com a média das notas dos

questionários semanais. Ao longo do semestre, conforme os alunos passaram a acessar menos ou até mesmo não acessar os problemas dialogados, observou-se uma queda nas notas dos testes, o que confirma a efetividade do material em seu objetivo de auxiliar na aprendizagem. Apenas no último questionário aplicado, mesmo com grande quantidade de alunos que não acessaram o material, houve um aumento da média das notas da turma em relação à semana anterior. Esse aumento pode ser justificado com o fato de que os alunos que tiveram um bom desempenho se prepararam acessando apenas o material escrito, visto que as questões foram baseadas nas informações desse material.

O comportamento e resultados dos alunos vai ao encontro das discussões feitas por Lucas (2012) e Marin (2010), que ressaltam a importância da dedicação dos alunos nos estudos prévios para o sucesso da metodologia de ensino.

4.2. Instrução entre pares (Peer Instruction)

4.2.1. Análise e discussão da metodologia Instrução entre Pares de acordo com relatório do aplicativo

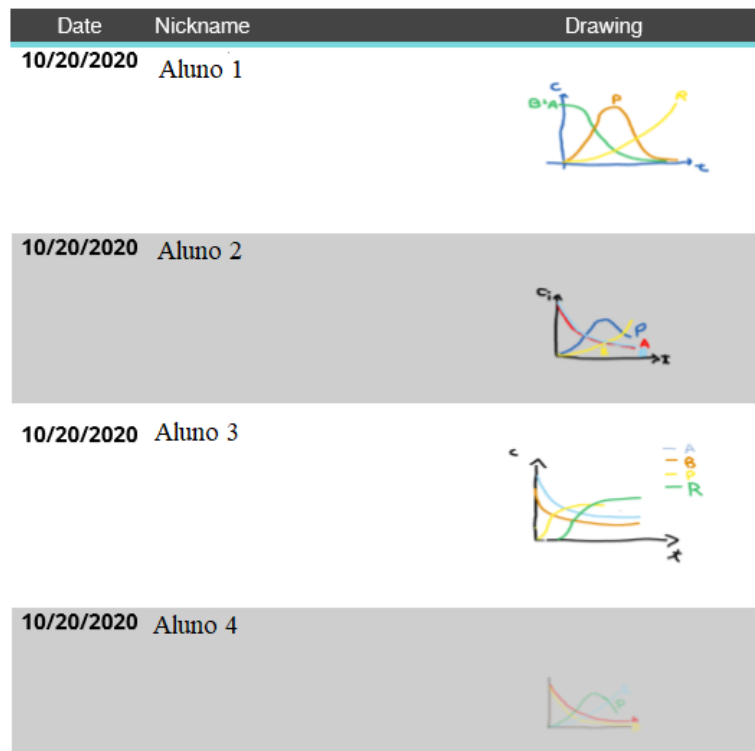
4.2.1.1. Unidade de aprendizagem: Reatores contínuos múltiplos

A partir do relatório extraído do aplicativo foi possível constatar que 34 alunos estavam presentes no momento da primeira aula interativa. Todas as questões utilizadas nessa aula estão no Apêndice C.

Para começar a aula e como forma de promover a interatividade com e entre os alunos, além da familiaridade com o aplicativo Nearpod, a professora apresentou um exercício de baixa complexidade para que os alunos pudessem responder utilizando a ferramenta “Drawing” do aplicativo Nearpod.

A primeira questão solicitou o desenho de uma curva de concentração-tempo equivalente ao comportamento da reação (do tipo $A + B \rightarrow P \rightarrow R$). A Figura 14 mostra algumas das respostas dos alunos.

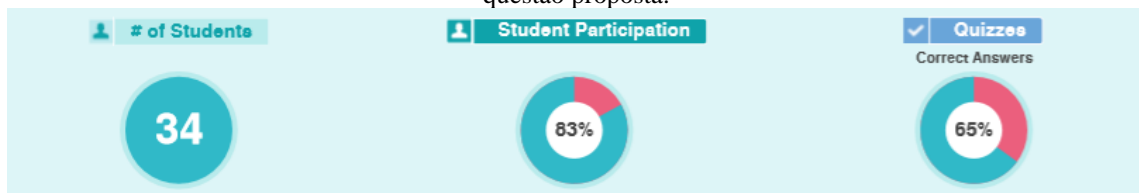
Figura 14 - Respostas dos alunos à primeira questão proposta.



Fonte: Nearpod.

A Figura 15 abaixo mostra que 34 alunos estavam presentes nesta aula síncrona interativa, porém apenas 83% deles responderam à primeira questão (embora deve-se lembrar que houve casos de duplo login) e 65% deles a responderam de forma correta. Como foi uma pergunta usada como teste, a professora discutiu com todos os alunos na sala virtual o formato correto da curva da reação, sem a etapa de discussão em grupos, e explicou brevemente o conceito antes de prosseguir com a aula e a metodologia.

Figura 15 - Relatório com quantidade de alunos presentes, participação e porcentagem de acertos na primeira questão proposta.

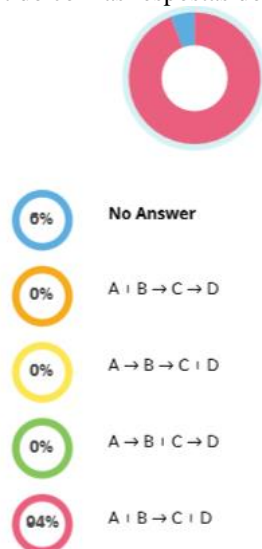


Fonte: Nearpod.

Visto que a classe entendeu o funcionamento da ferramenta e a proposta da metodologia, a professora apresentou na sequência as outras questões previstas para a discussão dos principais conceitos da aula.

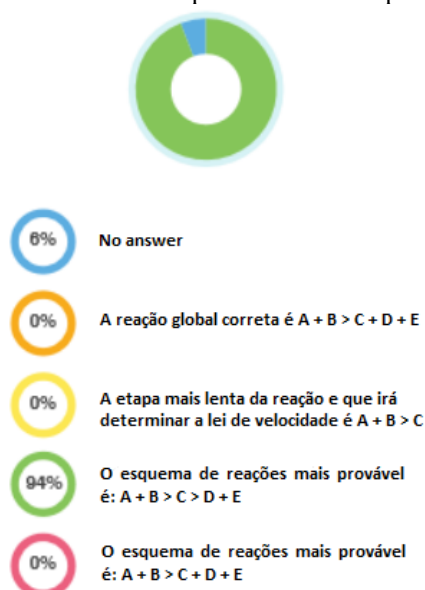
As três questões que foram apresentadas para a turma em seguida (Questões 1, 2 e 3) não geraram grande divergência em suas respostas, como mostra as Figuras 16, 17 e 18. Por isso, os alunos não precisaram discutir em grupos, pois se concluiu que todos haviam compreendido o tema. Dessa forma, a professora ressaltou a resposta correta com uma breve explicação e continuou com a aula. Pode-se considerar que as primeiras questões eram de menor complexidade, com a abordagem de conceitos mais simples e já vistos em disciplinas anteriores e, por isso, a convergência das respostas ocorreu mais facilmente.

Figura 16 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a primeira questão.



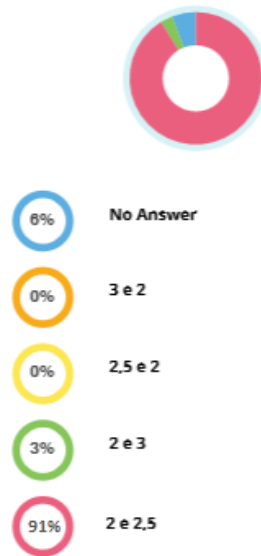
Fonte: Nearpod – Adaptado pela autora.

Figura 17 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a segunda questão.



Fonte: Nearpod – Adaptado pela autora.

Figura 18 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a terceira questão.

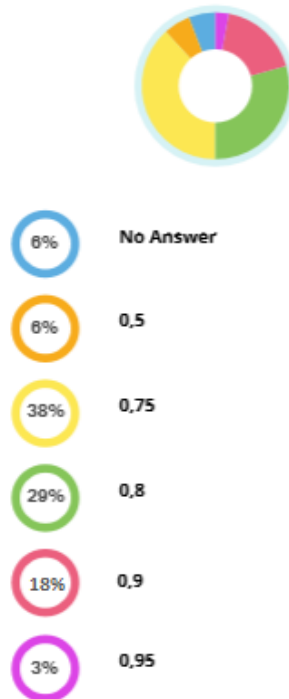


Fonte: Nearpod – Adaptado pela autora.

Percebe-se que o número de pessoas que não responderam foi o mesmo para todas as questões, aproximadamente 6%, número que se pode associar a quantidade de alunos que possam ter tido alguma dificuldade para acessar a plataforma e registrar suas respostas ou acessos duplicados, o que pode indicar que alguns estudantes apresentaram uma falta de habilidade para trabalhar com a ferramenta online.

Para a questão 4, a professora estipulou quatro minutos (a rigor, a metodologia sugere 3 minutos, a depender da questão) para que os alunos pudessem pensar e escolher a alternativa que julgassem correta. Após o término do tempo, como pouco alunos tinham respondido, a professora permitiu mais alguns minutos para que pudessem responder, visto a necessidade de se adaptar o método de acordo com a complexidade da questão. (MULLER, et al., 2017). Quando todos concluíram a questão foi possível observar uma divergência considerável na escolha das alternativas, como mostra a Figura 19: 6% dos alunos escolhendo a opção A, 38% a opção B, 29% a opção C, 18% a opção D e 3% a opção E. Assim a professora prosseguiu com a metodologia, solicitando que os alunos se dirigissem para salas virtuais do Google Meets, específicas para os grupos previamente criados, a fim de discutirem a questão entre os pares por mais alguns minutos, para posteriormente fazer nova votação.

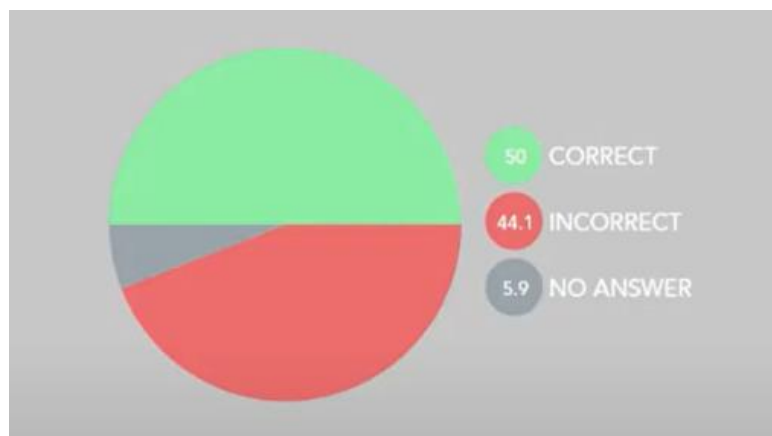
Figura 19 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos para a quarta questão.



Fonte: Nearpod – Adaptado pela autora.

Em seguida, os alunos voltaram para a sala de aula geral e responderam novamente à questão, como mostra a Figura 20. Na segunda votação, cerca de 50% dos alunos escolheram a resposta correta (alternativa D), enquanto 44% escolheram alternativas incorretas (B e C).

Figura 20 - Gráfico obtido com as respostas dos alunos na segunda votação da quarta questão.



Fonte: Nearpod – Adaptado pela autora.

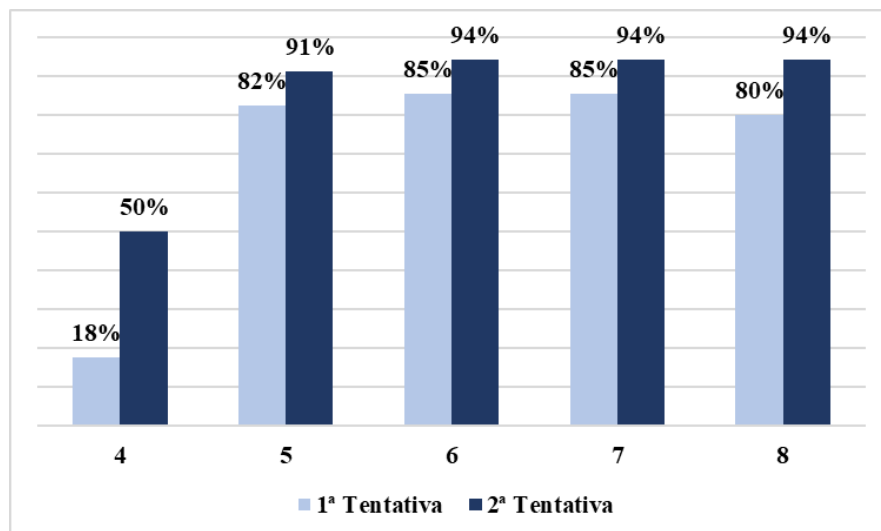
Como as respostas não convergiram para a alternativa certa em uma porcentagem acima de 70% da turma, como indicado por Mazur e Somers (1999), a professora pediu para que algum aluno que tivesse acertado a questão explicar para a turma, como uma oportunidade de estimular

a aprendizagem ativa de todos. O aluno que se propôs a explicar esclareceu como chegou na resposta correta utilizando o conceito de estequiometria das reações e de seletividade previamente estudados e revisados pela professora. Após a explicação dada, a docente perguntou se ainda havia alguma dúvida sobre o assunto. Algumas pessoas não conseguiram seguir o raciocínio da questão e, então, a professora decidiu explicar a resolução desenhando manualmente o passo a passo para chegar no resultado de forma mais detalhada.

De acordo com a metodologia Instrução entre Pares, os alunos possuem várias possibilidades de aprendizagem durante a resolução do exercício, seja na resolução individual, em grupo ou na oportunidade de uma explanação da resposta final para todos. Mesmo após todas essas etapas, se ainda existirem dúvidas quanto à resolução, a professora tem a oportunidade de detalhar a resolução do exercício. De maneira consolidada, a aprendizagem se dá em diversas esferas durante a aplicação do método (desde o estudo prévio de preparação para a aula interativa), o que comprovadamente aumenta a retenção de conhecimento e informação pelos alunos. (MELTZER; MANIVANNAN, 2002; GOK, 2013).

Da mesma forma, os exercícios 5, 6, 7 e 8 também geraram divergência nas respostas escolhidas na primeira tentativa de votação. A professora seguiu o mesmo procedimento que foi realizado para a questão 4, incentivando os alunos a discutirem em grupos o raciocínio que tinham utilizado para escolha de sua resposta. Após a discussão, eles voltavam para a sala de aula geral e realizavam uma nova votação. A Figura 21 mostra a porcentagem de acertos dos alunos na primeira e na segunda tentativa de resposta, antes e depois da discussão em grupo, respectivamente.

Figura 21 - Desempenho dos alunos nas tentativas de responder as questões propostas, antes e após discussão em grupo.



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se com o gráfico que em todos os casos as respostas coletadas após a discussão em grupo convergiram para a alternativa correta, próximo da totalidade da turma, visto que a quantidade de alunos que estava participando era aproximadamente 94%, excluindo os usuários que não estavam votando (próximo de 6%). Dessa forma, pode-se concluir que a metodologia Instrução entre Pares aumentou significativamente a porcentagem de respostas corretas após discussão em grupo. (RAO; DICARLO, 2000).

Durante a aplicação da metodologia ativa, um dos alunos se pronunciou dizendo que ao longo da aula surgiram algumas dúvidas em relação ao tema “Cálculos de Conversão”, conteúdo que pertence a matérias introdutórias do curso. Diante da ocasião, a docente explicou detalhadamente o assunto para mitigar qualquer lacuna de aprendizagem. Importante citar que, mesmo quando os índices de acerto são altos, dúvidas podem surgir ao longo da aula, em especial quando as perguntas questionam várias afirmações e, conseqüentemente, testam diversos conceitos fundamentais requisitadas pela disciplina. Dito isso, a explicação final da professora sobre a resolução do exercício foi fundamental para consolidar a aprendizagem dos alunos.

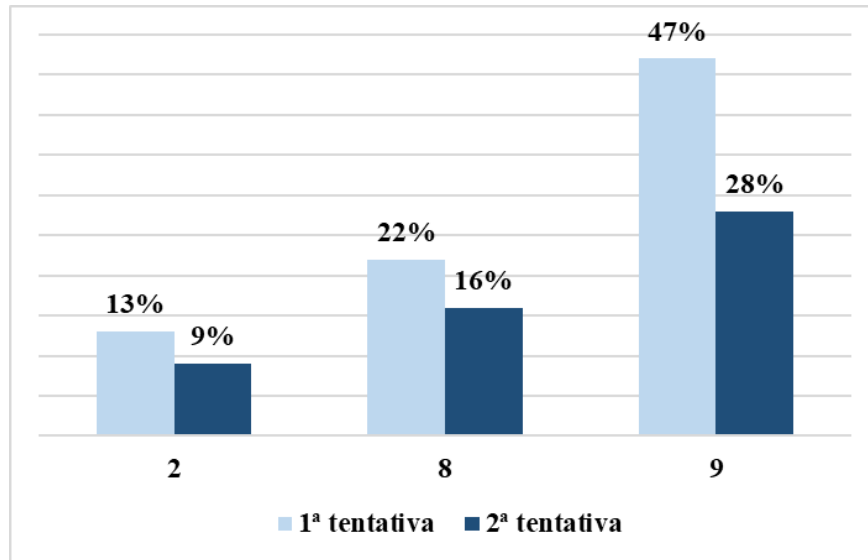
4.2.1.2. Unidade de aprendizagem: Reações catalíticas heterogêneas

A partir do relatório extraído do aplicativo foi possível constatar que 32 alunos estavam presentes no momento da segunda aula interativa. Todas as questões utilizadas nessa aula estão no Apêndice D.

Na segunda aplicação da metodologia Instrução entre Pares, a estruturação da aula foi semelhante à primeira aplicação. A aula iniciou com uma breve explicação da professora sobre o conteúdo, onde ela permitiu que os alunos expusessem suas dúvidas. Em seguida, as questões preparadas foram disponibilizadas via Nearpod para votação, respeitando o tempo de três minutos para analisar e responder cada pergunta.

Dentre as 10 questões aplicadas, somente três delas geraram divergência considerável entre as alternativas escolhidas pelos estudantes e foram discutidas em grupos. Então, uma nova votação foi feita para avaliar o entendimento dos alunos a respeito do conceito. A Figura 22, mostra a porcentagem de acertos dos alunos na primeira e na segunda tentativa de resposta, antes e depois da discussão em grupo, respectivamente.

Figura 22 - Desempenho dos alunos nas tentativas de responder as questões propostas, antes e após discussão em grupo.



Fonte: Elaborado pela autora.

É possível observar que nas três questões que houve divergência entre as respostas na primeira votação e os alunos foram instruídos a discutirem em grupos, os resultados foram inferiores na segunda votação.

A questão 2, em que houve uma pequena porcentagem de alunos que alterou sua resposta certa para uma alternativa incorreta, pode estar relacionado com o fato de que o conceito abordado pela questão não estava claro para esses alunos. Com isso, no momento da discussão, eles podem ter sido influenciados pelos outros integrantes do grupo a mudarem sua resposta. (JAMES, 2006).

Nas questões 8 e 9, a diminuição do desempenho se deu a partir da formulação da questão, que tinha alternativas ambíguas e gerou confusão nos alunos. Isso vai ao encontro do estudo de Meltzer e Manivannan (2002), que ressalta a importância de preparar questões claras e coerentes na aplicação da metodologia Instrução entre Pares.

4.3. Percepção dos alunos sobre as metodologias ativas Sala de Aula Invertida e Instrução entre Pares

Com a aplicação do formulário para coletar a percepção e os relatos dos alunos a respeito da aplicação das ferramentas de Sala de Aula Invertida, 29 alunos responderam, cerca de 78% da turma, e os resultados foram organizados e discutidos abaixo.

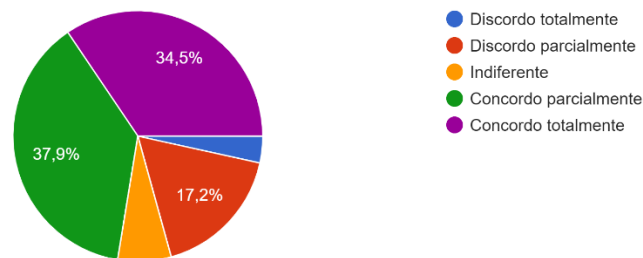
A primeira pergunta visava captar a percepção do estudante quanto à efetividade dos questionários diante do objetivo de incentivar o estudo prévio do material disponibilizado via

Moodle. Conforme a Figura 23, os resultados foram positivos, com a maior parte da turma, cerca de 72%, concordando parcialmente ou totalmente e apenas uma minoria, de aproximadamente 20%, discordando da afirmação. Essa observação vai ao encontro dos dados das médias de acessos ao material, como discutido na seção 4.1.1.1, onde foi mostrado que a média de acessos foi considerável e poucos alunos não acessaram o material.

Figura 23 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 1.

1. A aplicação de questionários com feedback imediato semanalmente incentivou o estudo prévio dos temas abordados nas aulas.

29 respostas



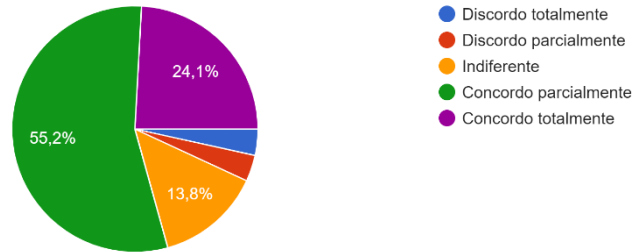
Fonte: Dados via Google Forms.

A segunda pergunta, como mostra a Figura 24, tinha como objetivo complementar a questão anterior, permitindo verificar se a aplicação dos questionários com *feedback* imediato foi considerada uma ferramenta útil, capaz de suprir as dificuldades dos alunos, contribuir com o aprendizado e fomentar as discussões nos encontros síncronos. De acordo com os resultados, cerca de 24% dos estudantes concordam totalmente e 55% concordam parcialmente, indicando que a maior parte da turma acredita que a ferramenta colaborou com a aprendizagem, o que está em linha com a afirmação de Flynn (2015), Ferreira (2018) e Moraros (2015), que identificaram diversas vantagens na aplicação dos questionários no início das aulas para o desenvolvimento dos estudantes.

Figura 24 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 2.

2. A aplicação de questionários com feedback imediato semanalmente contribuiu para minha compreensão dos temas abordados nas aulas.

29 respostas



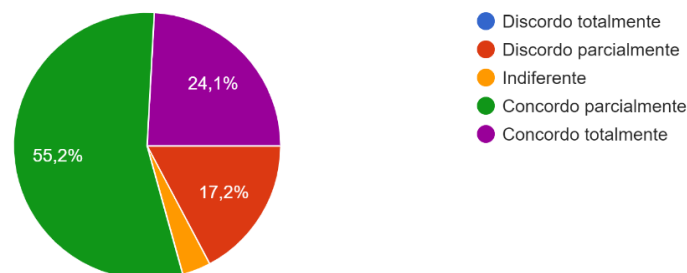
Fonte: Dados via Google Forms.

Para averiguar o quanto os alunos consideraram que se prepararam antecipadamente para responder os questionários e participar das discussões realizadas nos encontros síncronos, assumindo um comportamento ativo nos estudos, foi elaborada a terceira pergunta, na Figura 25. O gráfico mostra que cerca de 79% dos estudantes considerou que se preparou para as atividades propostas e se manteve firme ao plano de ensino proposto no início do semestre. Outros 17% afirmaram que discordam da afirmação e, portanto, não se prepararam o suficiente. Esses dados estão alinhados com os números de acesso ao material previamente aos testes, discutidos anteriormente, em que o número de alunos que acessou o material no início semestre foi relativamente constante e poucos alunos não o acessaram. Porém a porcentagem de alunos que discordou da afirmação pode ser alinhada ao aumento da quantidade de pessoas que deixou de acessar o material em vídeo ou PowerPoint® no decorrer do semestre.

Figura 25 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 3.

3. Eu me preparei adequadamente estudando o material das aulas disponibilizado antes de responder o questionário e participar dos encontros síncronos.

29 respostas



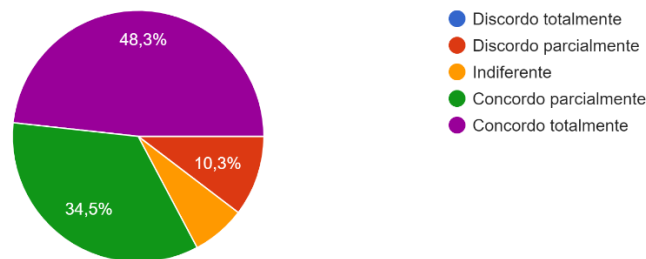
Fonte: Dados via Google Forms.

Com o intuito de analisar se os problemas dialogados, com resolução detalhada atingiram o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de raciocínio lógico e compreensão dos conceitos por parte dos alunos, as perguntas 4 e 5 foram feitas aos estudantes, como mostra as Figuras 26 e 27. Aproximadamente 83% dos alunos afirmaram que acreditam que os problemas dialogados contribuíram efetivamente em seu aprendizado, enquanto uma porcentagem ainda maior, cerca de 86%, declararam que as resoluções disponibilizadas ajudaram no desenvolvimento do raciocínio lógico. Os resultados concordam com o estudo de Jones et al. (2012) que observa em sua turma de estudo uma melhora na capacidade lógica e de aplicação dos conceitos teóricos em situações reais, a partir de aulas baseadas em metodologias ativas e materiais de estudo bem estruturados. Além disso, a partir dos dados se pode observar que os problemas dialogados cumpriram o papel a que se propuseram, no auxílio do aprendizado e desenvolvimento dos alunos.

Figura 26 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 4.

4. Os problemas dialogados (ou exemplos comentados) disponibilizados no Moodle em todos os temas abordados nas aulas contribuíram efetivamente para o meu aprendizado.

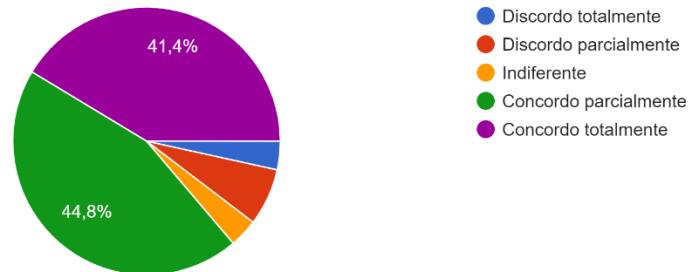
29 respostas



Fonte: Dados via Google Forms.

Figura 27 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 5.

5. Os problemas dialogados (ou exemplos comentados) disponibilizados no Moodle em todos os temas abordados ajudaram a desenvolver o raciocínio necessário para resolver os exercícios.
29 respostas

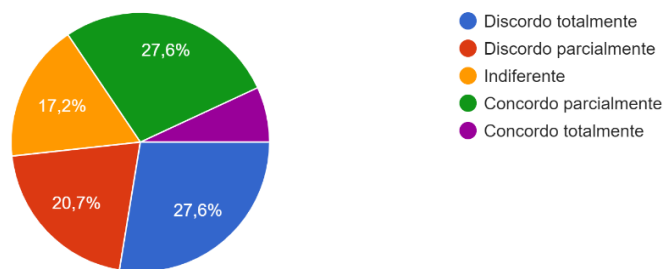


Fonte: Dados via Google Forms.

Para analisar a funcionalidade e eficácia do aplicativo Nearpod na possibilidade de permitir um ambiente de ensino-aprendizagem interativo e a importância dos *feedbacks* imediatos nas atividades propostas, via Moodle ou Nearpod, foram feitas as sexta, sétima e oitava perguntas aos alunos, como mostra a Figura 28, 29 e 30.

Figura 28 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 6.

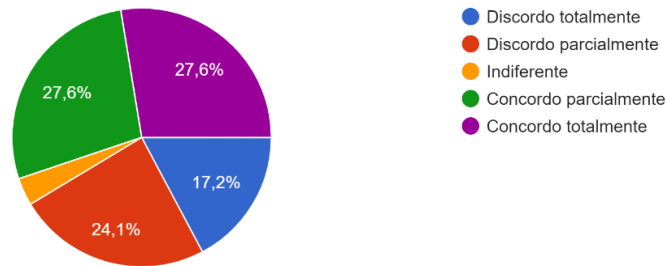
6. Gostei do uso do aplicativo Nearpod como ferramenta para auxiliar numa aula interativa, compondo a estratégia do ensino-aprendizagem ativo.
29 respostas



Fonte: Dados via Google Forms.

Figura 29 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 7.

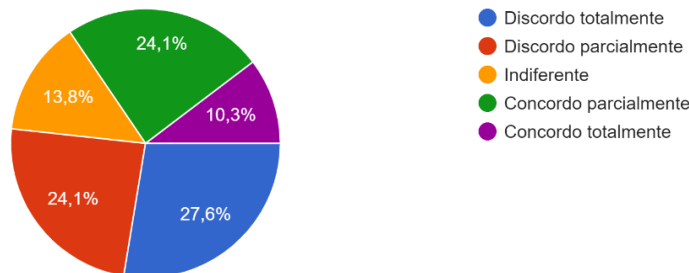
7. O feedback imediato dos questionários no Moodle, assim como durante a aula interativa usando as ferramentas do aplicativo Nearpod são ferram...tivas para o amadurecimento do meu aprendizado.
29 respostas



Fonte: Dados via Google Forms.

Figura 30 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 8.

8. A metodologia de ensino-aprendizagem “Instrução por Pares” (que foi aplicada nas questões interativas com o Nearpod) foi uma forma dinâmi...ada de conteúdo pelo professor antecipadamente.
29 respostas



Fonte: Dados via Google Forms.

Os resultados revelam que houve uma heterogeneidade na percepção de cada estudante a respeito do uso do aplicativo Nearpod para a metodologia Instrução entre Pares. Como mostra a Figura 28, na questão 6, cerca de 48% dos alunos discordaram e 17% foram indiferentes a respeito da afirmação sobre a eficácia do aplicativo. A grande parte dos alunos (aproximadamente 66%) também discordou ou foi indiferente a afirmação de que a utilização do aplicativo foi uma forma dinâmica e eficiente de esclarecer dúvidas e contribuir com o aprendizado, referente a questão 8. De acordo com os relatos dos estudantes a respeito de suas experiências, coletados na questão 13, os dados podem ser justificados visto que alguns relataram que gostaram da aplicação da metodologia Instrução entre Pares com uso do Nearpod, porém acharam que a aula foi muito longa, o que diminuiu a capacidade de absorver o conteúdo. Alguns relatos indicaram que não houve uma discussão tão efetiva quando os grupos se

juntavam, o que evidencia a necessidade de atenção para que seja feito um emparelhamento dos grupos de maneira eficaz. (MULLER et al, 2015). Outros acharam que a metodologia funcionaria melhor se fosse feita presencialmente, enquanto outros ainda afirmaram que o uso do aplicativo sobrecarregou o sistema de navegador utilizado, relatando a dificuldade do uso da internet.

Outra justificativa para os resultados negativos das questões 6 e 8 seria a dificuldade de alguns alunos para se adaptar ao método, visto a necessidade de dedicação intensa aos estudos, principalmente previamente às aulas, como abordado no trabalho de Meltzer e Manivannan (2002). Paralelamente, tem-se que considerar que é a primeira experiência dos alunos num ensino integralmente remoto, com uso excessivo de tecnologias de informação, plataformas e ferramentas digitais. Assim, é possível que tal saturação interfira no interesse e desempenho dos alunos fazendo uso deste método e do aplicativo.

A partir dos dados da sétima questão foi possível perceber que por volta de 55% dos alunos acharam que o *feedback* imediato disponibilizado pelos questionários semanais e pelo aplicativo do Nearpod foi importante para auxiliar na aprendizagem, concordando com a discussão de Flynn (2015) a respeito da eficácia do uso de *feedbacks* instantâneos como guia de estudos e dos encontros síncronos. Os outros 45% da turma podem ter sentido que o retorno imediato não foi efetivo pelos outros pontos de melhoria que julgaram necessários na aplicação da metodologia, e não pelo modelo de *feedback* em si.

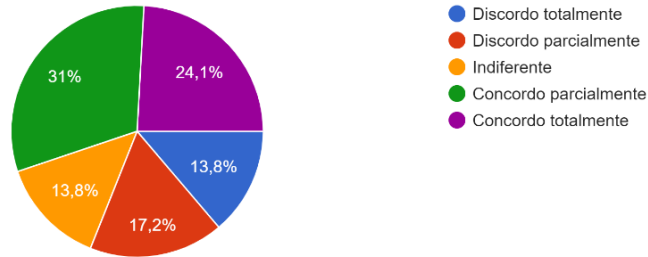
Vale ainda ressaltar que esta foi a primeira vez que a metodologia Instrução entre Pares com uso do Nearpod foi utilizada na disciplina neste formato de ENPE, naturalmente sendo preciso uma revisão dos seus pontos frágeis, onde os *feedbacks* dos alunos são muito importantes para o aprimoramento da mesma, fazendo com ela se torne mais eficaz e interessante para os alunos.

As questões 9, 10 e 11, representadas nas Figuras 31, 32 e 33, tinham como objetivo avaliar a viabilidade para aplicação das metodologias de ensino em outras disciplinas, se os métodos foram importantes no período de ensino remoto ENPE e se as metodologias deixaram os alunos mais confiantes a respeito do conhecimento que adquiriram para realizarem as avaliações, respectivamente.

Figura 31 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 9.

9. Metodologias de ensino-aprendizagem como “Sala de Aula Invertida” e “Instrução por Pares” deveriam ser utilizadas em outras disciplinas.

29 respostas

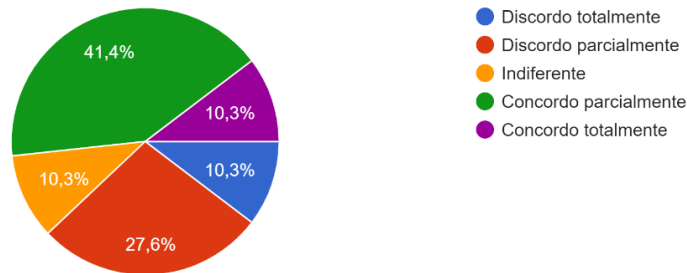


Fonte: Dados via Google Forms.

Figura 32 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 10.

10. Metodologias de ensino-aprendizagem como “Sala de Aula Invertida” e “Instrução por Pares” fizeram muita diferença no meu aprendizado no formato de ensino: presencial, híbrido ou remoto.

29 respostas

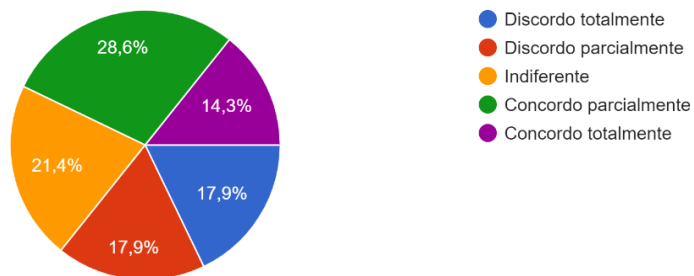


Fonte: Dados via Google Forms.

Figura 33 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 11.

11. Metodologias de ensino-aprendizagem como “Sala de Aula Invertida” e “Instrução por Pares” me deixaram mais confiante para fazer as avaliações e o meu ritmo aos estudos, também tinha suporte.

28 respostas



Fonte: Dados via Google Forms.

Percebe-se uma grande divergência nas respostas das três questões mostradas acima, em que aproximadamente metade da turma concorda com as afirmações.

Para a nona pergunta, cerca de 55% da turma concorda que as metodologias poderiam ser utilizadas em outras disciplinas, enquanto 31% discordaram da afirmação e o restante se manteve indiferente. O número de pessoas que discordaram não é inesperado, visto que o curso de Engenharia Química é composto por semestres muito densos em créditos de disciplinas e o tempo que as metodologias ativas demandam dos estudantes é muito alto, causando uma sobrecarga de atividades. Isso sugere que, para a aplicação desses métodos, não só a forma de ensinar precisaria mudar, mas toda a infraestrutura e os padrões já bem estabelecidos na Universidade deveriam ser revistos, com um foco em aprendizagem sistêmica e efetiva. Isso é tema para discussão em futuros trabalhos de reorganização metodológica.

Na décima questão, cerca de 52% da turma concorda que as metodologias fizeram muita diferença no aprendizado, visto que estavam no formato de ENPE, e que poderiam ser utilizadas em qualquer formato de ensino, seja presencial, híbrido ou remoto, enquanto 38% discordaram da afirmação e o restante se manteve indiferente. Os dados podem ser justificados visto que houve relatos de alunos que ficaram interessados na aplicação das metodologias no formato presencial, porém alguns permaneceram receosos, visto a alta demanda necessária de estudo para eficácia dos métodos.

Já na pergunta 11, cerca de 43%, concordou com a afirmação de que a aplicação das metodologias ativas os ajudou a se sentirem mais confiantes a respeito do conhecimento adquirido para fazer as avaliações, enquanto aproximadamente 36% discordaram e o restante permaneceu indiferente. É possível interpretar essas informações relacionando os alunos que não conseguiram acompanhar o andamento das atividades da metodologia aos que não se sentiram mais confiantes a respeito do conhecimento que adquiriram, devido a relatos coletados na questão 13, em que alguns estudantes afirmaram que estar fora do ritmo de estudo exigido pela disciplina os deixaram mais ansiosos e inseguros.

Alguns alunos ressaltaram que um ponto de melhoria para a aplicação da metodologia seria a organização de uma programação de todas as atividades previstas para a disciplina para se organizarem melhor, visto que estavam cursando várias matérias em paralelo.

Muitos reconhecem que o período de ensino totalmente remoto ENPE traz consigo diversas dificuldades e que, mesmo que as metodologias demandem um empenho maior dos estudantes, essas foram uma boa forma de auxiliar em seus aprendizados, o que vai ao encontro com os estudos sobre ensino híbrido da literatura. (MORAN, 2017).

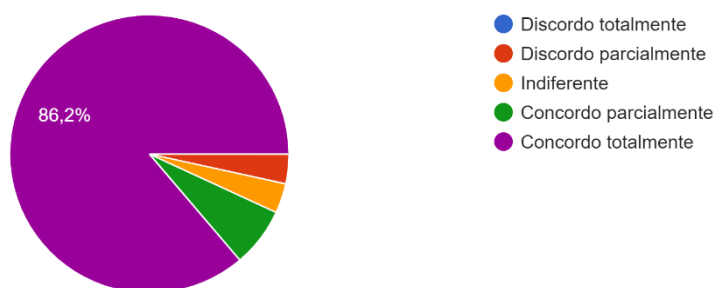
A maior vantagem do método, que foi muito elogiada pelos discentes, foi a liberdade e a flexibilidade que é trazida na organização (MATHEOS, 2012), uma vez que eles podem realizar as atividades no período que julgarem mais adequado.

Por fim, a Figura 34 mostra o resultado obtido com a questão 12, que teve o objetivo de verificar se os alunos acharam que a presença de um monitor, em encontros semanais, foi importante para a compreensão efetiva dos conteúdos da disciplina.

Figura 34 - Questionário de avaliação da disciplina – Questão 12.

12. A ajuda do monitor na disciplina de Cinética e Reatores Químicos tem sido essencial, especialmente devido ao formato de ENPE.

29 respostas



Fonte: Dados via Google Forms.

Pode-se verificar que quase a totalidade da turma, cerca de 93% dos alunos que responderam o questionário, concordaram que a presença do monitor foi essencial para a disciplina de Cinética e Reatores Químicos no período ENPE. Segundo os relatos dos alunos, registrados na questão 13, a forma simples do monitor explicar o assunto, a paciência para ensinar, ter a visão e a vivência de aluno, foram alguns dos fatores determinantes para que os estudantes conseguissem resolver a prova com mais segurança e tivessem um melhor desempenho, segundo eles.

O número de alunos que foram indiferentes ou discordaram da afirmação, aproximadamente 7% podem ser aqueles que optaram por não participar dos encontros, visto que, segundo os registros do monitor, uma média de 10 alunos participavam semanalmente de suas monitorias, com um aumento desse número para até 18 alunos nos encontros que ocorriam antes das provas, porém alguns alunos não participaram de nenhuma monitoria.

5. CONCLUSÃO

Os alunos tiveram uma alta participação na resolução dos questionários e no acesso aos materiais de estudo prévio (apresentações em PowerPoint®, videoaulas ou problemas dialogados), porém a média de acessos e respostas diminuíram ao longo do semestre. Esse comportamento da participação dos estudantes refletiu no desempenho nos questionários, o que comprova a importância do empenho nas atividades propostas para bom aprendizado dos conceitos abordados na disciplina. Foi observado também que alguns alunos apresentaram um constante baixo rendimento em algumas das atividades propostas, o que pode estar relacionado com a falta de estudo prévio do material disponibilizado, lacunas de aprendizagem de conceitos introdutórios importantes ou a má adaptação na resolução de questionários.

A aplicação dos questionários permitiu identificar as Unidades de Aprendizagem e os conceitos relacionados em que os alunos apresentaram maior dificuldade de compreensão. Observa-se a necessidade de revisitar e aprofundar os temas introdutórios para garantir que o aprendizado da disciplina seja efetivo, com a possibilidade de reestruturação do cronograma da disciplina, com a destinação de um tempo maior para abordagem desses conceitos e resolução de exercícios.

O *feedback* dos alunos mostra que os problemas dialogados e a presença de um monitor foram consideradas ótimas ferramentas para dar suporte no entendimento e a sanar dúvidas sobre os conceitos de cada Unidade de Aprendizagem, suprimindo as dificuldades que a distância entre a professora e os alunos pode ter causado.

A aplicação da atividade de Instrução entre Pares no formato remoto, com a utilização do aplicativo Nearpod, indica que a discussão em grupo foi efetiva em seu objetivo de permitir a troca de opiniões entre os colegas e aumentar a compreensão deles a respeito dos pontos que não haviam entendido inicialmente, visto que a convergência para a resposta correta aumenta após as discussões. Porém é muito importante se atentar para que a formulação das questões seja feita de maneira clara e objetiva, evitando gerar confusão nos alunos.

Com o resultado do questionário avaliativo final pode-se afirmar que o contexto de excesso de atividades da graduação no decorrer do semestre, o formato remoto do período e a alta dedicação necessária para realizar as tarefas são fatores que podem ter gerado desmotivação de alguns alunos e prejudicado a percepção deles a respeito de algumas metodologias ativas, como a Instrução entre Pares.

As vantagens da aplicação das metodologias ativas foram comprovadas com os dados coletados, assim como demonstrado na literatura. Porém, as metodologias demandam uma

grande dedicação dos envolvidos em sua aplicação. Isso reforça a importância da manutenção constante da motivação do professor e dos alunos, além de uma boa estruturação da disciplina. Assim, como as grades curriculares dos cursos de Engenharia no Brasil possuem uma elevada carga horária de aulas e uma grande quantidade de atividades fora da sala, evita-se alterações desnecessárias do cronograma e um excesso de atividades no decorrer do semestre. Verifica-se também a necessidade de se trabalhar com os alunos a resistência à aplicação das metodologias, uma vez que estão acostumados com o sistema tradicional em que permanecem apenas como receptores de informação.

A título de sugestões de trabalhos futuros, pode-se apontar uma reestruturação da quantidade e do cronograma das atividades cobradas dos alunos, visando evitar a sobrecarga e disponibilizando mais tempo para abordagem e resolução dos exercícios referentes aos temas que os estudantes tiveram maior dificuldade. Para a aplicação de questionários semanais, sugere-se que estes sejam formulados com questões mais simples e conceituais, com o intuito de incentivar os alunos a estudarem previamente, mas sem gerar um grande gasto de tempo para respondê-los. Para a aplicação da Instrução entre Pares, pode-se mencionar como formas de melhoria: a aplicação da metodologia com o uso do aplicativo Nearpod, mas no ambiente da sala de aula; a programação de uma aula mais curta, com a discussão de uma quantidade menor de questões; um emparelhamento dos pares mais efetivo e organizado, buscando gerar uma discussão mais produtiva. (MULLER et al, 2015).

REFERÊNCIAS

- BACICH, L.; NETO, A. T.; TREVISANI, F. de M. **Ensino Híbrido: Personalização e Tecnologia na Educação.** Tecnologias, Sociedade e Conhecimento, Campinas, vol. 3, n. 1, dez. 2015.
- BARSEGHIAN, T. **Three Trends That Define the Future of Teaching and Learning.** Disponível em <http://blogs.kqed.org/mindshift/2011/02/three-trends-thatdefine-the-future-of-teaching-and-learning/>. Acesso em: 4 nov. de 2020.
- BELLONI, Maria Luiza. **Educação a Distância e Inovação Tecnológica.** Trabalho, Educação e Saúde, v. 3 n. 1, p. 187-198, 2005.
- BERBEL, N. A. N. **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes.** Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.
- BARBOSA, E.; MOURA, D, de; **Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia.** XIII International Conference on Engineering and Technology Education, 2014.
- BROOKS, B. J.; KORESTKY, M. D. **The Influence of Group Discussion on Students' Responses and Confidence during Peer Instruction.** Journal of Chemical Education, v. 88, p. 1477–1484, 2011.
- CESGRANRIO. Engenheiro Júnior, Petrobrás, 2011. Disponível em: tecconcursos.com.br/questoes/357221. Acesso em: 29 nov 2020.
- CESGRANRIO. Engenheiro de Processamento Júnior, 2011. Disponível em: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/8919db61-d0>. Acesso em: 29 nov 2020.
- CESGRANRIO. Engenheiro de Processamento Júnior, Petrobrás, 2011. Disponível em: <https://www.qconcursos.com/questoes-de-concursos/questoes/01b965a9-da>. Acesso em: 29 nov 2020.
- CHRISTENSEN, C. M.; HORN, M. B.; STAKER, H. **Ensino Híbrido: uma Inovação Disruptiva? Uma introdução à teoria dos híbridos.** Disponível em: <http://www.christenseninstitute.org/publications/ensino-hibrido/> Acesso em: 4 nov. de 2020.
- CLARK, R. E. **Reconsidering research on learning from media.** Review of Educational Research, 53, p. 445–459, 1983.
- CLARK, R. E. **Media will never influence learning.** Educational Technology Research and Development, 42, p. 21–29, 1994.
- CROUCH, C. H.; MAZUR, E. **Peer Instruction: Ten years of experience and results.** American Journal of Physics, v. 69, p. 970-977, 2001.
- DELOZIER, S. J.; RHODES, M. G. **Flipped Classrooms: a Review of Key Ideas and Recommendations for Practice.** Educ Psychol Rev 29, p. 141–151, 2016.

EL SAYAD, R.; EL RAOULF, S. **Video-based lectures: an emerging paradigm for teaching human anatomy and physiology to student nurses.** Alexandria Journal of Medicine, p. 215–222, 2013.

FERREIRA, M. G. P., *et al.* **Metodologias ativas de aprendizagem aplicadas no ensino da engenharia.** Congresso Internacional de Educação e Tecnologias, 2018.

FLIPPED CLASSROOM FIELD GUIDE. **Portal Flipped Classroom Field Guide.** Disponível em: <https://tlc.uic.edu/files/2016/02/Flipped-Classroom-Field-Guide.pdf>. Acesso em: 2 nov. de 2020.

FLYNN, A. B. **Structure and evaluation of flipped chemistry courses: organic & spectroscopy, large and small, first to third year, English and French.** Chemistry Education Research and Practice, p. 198–211, 2015.

FOGLER, H. S. **Elements of Chemical Reaction Engineering**, 2 a 4ª Ed., Prentice Hall, 1992.

FRANTZ, D. S. F., *et al.* **Ensino Híbrido com a utilização da plataforma Moodle.** Revista Thelma, v. 15, n. 3, pg. 1175-1186, 2018.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GADOTTI, M. **Perspectivas atuais da educação.** São Paulo em perspectiva, v. 14, n. 2, 2000.

GOLDBERG, D. E., **The Missing Basics & Other Philosophical Reflections for the Transformation of Engineering Education**, PhilSciArchive. Disponível em: <http://philsci-archive.pitt.edu/4551/>. Acesso em 20 abril de 2020.

GOK, T. **The impact of Peer Instruction on college students beliefs about physics and conceptual understanding of electricity and magnetism.** International Journal of Science and Mathematics Education, v. 10, p. 417-436, 2011.

GOK, T. **A comparison of students performance, skill and confidence with Peer Instruction and formal education.** Journal of Baltic Science Education. v. 12, n. 6, 2013.

Instituto Federal Rio Grande do Norte. Concurso Público, 2010. Disponível em: <http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/concursos/ifrn2010docente/provas/422.pdf>. Acesso em: 29 nov 2020.

ITA. 2010. Disponível em: https://www.olimpogo.com.br/olimpogo_resolve/wp-content/uploads/2020/01/Arquivo-final-ITA-2010-4%C2%BA-DIA-QUIMICA-SITE.pdf. Acesso em: 29 nov 2020.

JAMES, M. C. **The effect of grading incentive on student discourse in Peer Instruction.** American Journal of Physics, v. 74, p. 689-691, 2006.

JONES, M. E., *et al.* **The impact of collaborative and individualized student response system strategies on learner motivation, metacognition, and knowledge transfer.** Journal of Computer Assisted Learning, v. 28, p. 477, 2012.

LALLEY, James; MILLER, Robert H. **The Learning Pyramid: Does it point teachers in the right direction?** *Education*, v.128, n.1, p.64-79, 2007.

LASRY, N.; MAZUR, E.; WATKINS, J. **Peer instruction: From Harvard to the two-year college.** *American Journal of Physics*, v. 76, p. 1066-1069, 2008.

LONGO, W. P.; TELLES, M. O. **Programa de desenvolvimento das engenharias: situação atual,** *Revista de Ensino de Engenharia*, n. 19, p. 74-82, 1998.

LUCAS, A. R. **Using WebWork, a WebBased Homework Delivery and Grading System, to Help Prepare Students for Active Learning.** *PRIMUS*, 22:2, p. 97-107, 2011.

MARIN, M. J. S., *et al.* **Aspectos das fortalezas e fragilidades no uso das Metodologias Ativas de Aprendizagem.** *Revista Brasileira de Educação Médica*, p. 13-20, 2010.

MATHEOS, K. **Ensino híbrido na educação superior do Canadá: reflexões, conquistas e desafios.** In *Simpósio Internacional de Ensino a Distância*. Disponível em: <http://sistemas3.sead.ufscar.br/ojs/Apresentacao_SIED_EnPED_Kathleen%20Matheos.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2020.

MAZUR, E.; SOMERS, M. D. **Peer Instruction: A User's Manual.** *American Journal of Physics*, v. 67, p. 359-361, 1999.

MCLAUGHLIN, J. E., *et al.* **The flipped classroom: a course redesign to foster learning and engagement in a health professions school.** *Academic Medicine*, p. 236–243, 2014.

MELTZER, D. E.; MANIVANNAN, K. **Transforming the lecture-hall environment: The fully interactive physics lecture.** *American Journal of Physics*, v. 70, p. 639-654, 2002.

MINDMINERS. **Entenda a escala Likert e como aplicá-la em sua pesquisa.** Disponível em: <https://mindminers.com/blog/entenda-o-que-e-escala-likert/> Acesso em: 24 nov. 2020.

MITRE, S. M., *et al.* **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais.** *Ciência & Saúde Coletiva*, 13 (Sup 2), p. 2133-2144, 2008.

MORAN, J. **Metodologias ativas e modelos híbridos na educação.** YAEGASHI, Solange e outros (Orgs). *Novas Tecnologias Digitais: Reflexões sobre mediação, aprendizagem e desenvolvimento*, p. 23-35, 2017.

MORAROS, J. *et al.*, **Flipping for success: evaluating the effectiveness of a novel teaching approach in a graduate level setting.** *BMC Medical Education*, p. 15-27, 2015.

MOREIRA, J. R.; RIBEIRO, J. B. P. **Prática pedagógica baseada em metodologia ativa: aprendizagem sob a perspectiva do letramento informacional para o ensino na educação profissional.** *Periódico Científico Outras Palavras*, v. 12, n. 2, pg 93, 2016.

MOURA, D. B. A., *et al.* **Contribuições da cultura maker para o ensino de engenharia de produção no contexto das novas diretrizes curriculares.** XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Santos, 2019.

MULLER, M. G., *et al.* **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.

NEARPOD. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.panareadigital.Nearpod&hl=pt_BR&gl=US Acesso em: 29 nov 2020.

NOSE, M. M.; REBELATTO, D. A. N. **O perfil do engenheiro segundo as empresas.** Porto Alegre, RS: Anais ABENGE, 2001.

PAIVA, M., *et al.* **Metodologias ativas de ensino-aprendizagem: Revisão integrativa.** Sanare, Sobral, v.15 n.02, p.145-153, 2016.

PERUZZI, A. P. *et al.* **A formação de um novo perfil de engenheiro para um novo perfil de sociedade.** ca. 2018.

QUIZ MAKER. Criar questionário, quiz e teste. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.devup.qcm.maker&hl=pt_BR&gl=US. Acesso em: 29 nov 2020.

QUIZZER. Gerador de questionários e exames. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sergioyanes.quizzer&hl=pt&gl=US>. Acesso em: 29 nov 2020.

RAO, S. P.; DICARLO, S. E. **Peer Instruction improves performance on quizzes.** Department of Physiology, Wayne State University, v. 24, n. 1, 2000.

REEVE, J. **Why Teachers Adopt a Controlling Motivating Style Toward Students and How They Can Become More Autonomy Supportive.** Department of Educational Psychology, Wisconsin, p. 159–175, 2009.

RIBELLES, I. L. **Some ideas about the application of the project learning methodology in engineering education.** In: Pouzada, A. S. (Ed.). Project-Based Learning: project-led education and group learning. Guimarães: Editora da Universidade do Minho, p. 51-55, 2000.

RIBEIRO, L. R. C. **Radiografia de uma aula em engenharia.** Edufscar, 2007.

ROCHA, H. M.; LEMOS, W. M. **Metodologias ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento.** IX Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Comunicação. Resende, Brasil: Associação Educacional Dom Bosco, v. 12, 2014.

SCHIEHL, E. P.; GASPARINI, I. **Contribuições do Google Sala de Aula para o Ensino Híbrido.** Novas Tecnologias na Educação. CINTED, 2016. v. 14, n. 2.

SCHMAL, M. **Cinética e Reatores. Aplicação na Engenharia Química.** Rio de Janeiro: Synergia Editora. COPPE/UFRJ: FAPERJ, 2010.

SILBERMAN, M. **Active learning: 101 strategies do teach any subject.** Massachusetts: Ed. Allyn and Bacon, 1996.

TEST MAKER. Create your own test. Disponível em: https://play.google.com/store/apps/details?id=sergeiv.testmaker&hl=en_US&gl=US. Acesso em: 29 nov 2020.

UFRN. Concurso Público, 2011. Edital n. 018/2017. Disponível em: http://www.comperve.ufrn.br/conteudo/concursos/ufrn_201718/provas/105.pdf. Acesso em: 29 nov 2020.

VALENTE, J. A. **Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida**. Educar em Revista: Curitiba. Editora UFPR. Edição Especial n. 4, p. 79-97, 2014.

WATANABE, F. Y., *et al.* **As novas DCNs de Engenharia: Desafios, oportunidades e proposições**. Congresso de Ensino de Graduação (Conegrad), Ufscar, 2019.

ANEXO 1 – Resumo com as principais características e avanços proporcionados pelas novas DCNs, de acordo com a Resolução CNE/CES Nº 2/2019.

Tópico	Análise
Perfil do egresso (Art. 3º)	Perfil consonante com as atuais necessidades de formação em Engenharia e compreende as seguintes características: visão holística e humanista, formação técnica forte; aptidão para a pesquisa e desenvolvimento de forma inovadora e empreendedora; atenção às necessidades do usuário; visão multidisciplinar e transdisciplinar; preocupação com aspectos globais; e comprometimento com a responsabilidade social e o desenvolvimento sustentável.
Competências do egresso (Art. 4º)	Além de competências técnicas e de gestão, abrangem outras mais gerais associadas à comunicação, trabalho em equipe, ética profissional e aprendizagem autônoma. Os cursos devem ser organizados não mais em função de conteúdo, mas com foco no desenvolvimento de competências explicitadas nas novas DCNs.
Áreas de atuação (Art. 5º)	Dependendo do perfil e das competências dos egressos, previstas no Projeto Pedagógico de Curso (PPC), os engenheiros podem atuar nos contextos de projeto e inovação e/ou de empreendimento e gestão, e/ou ainda, na formação acadêmica e atualização profissional
Estrutura do PPC (Art. 6º)	Os itens principais que devem compor o PPC são explicitados nas novas DCNs de Engenharia, reforçando sua importância para a estruturação do curso com base em atividades de aprendizagem que articulem teoria, prática, projeto, aprendizagem ativa, contexto de aplicação, pesquisa, extensão e ambiente profissional, ensejando o desenvolvimento das competências estabelecidas no perfil do egresso.
Acolhimento e nivelamento (Art. 7º)	Considerando a heterogeneidade dos ingressantes, tanto em termos de conhecimentos básicos quanto em aspectos psicopedagógicos, devem ser previstos sistemas de apoio, visando melhorar as condições permanência e a diminuição de retenção e evasão dos ingressantes.
Carga horária e tempo de integralização (Art. 8º)	Explicitados nas novas DCNs ao remeter à Resolução CNE/CES Nº 2 de 2007. Indicam ainda os diferentes tipos de atividades acadêmicas curriculares e a possibilidade de articulação com programas de pósgraduação stricto sensu.
Conteúdo do PPC (Art. 9º)	São listados apenas os conteúdos básicos obrigatórios, possibilitando a definição dos conteúdos específicos e profissionais de forma

	mais flexível, mas destacando a necessidade de se prever atividades práticas e de laboratório.
Atividades Complementares (Art. 10)	Devem contribuir efetivamente para o desenvolvimento das competências previstas no PPC.
Estágio curricular obrigatório (Art. 11)	Com carga horária mínima de 160 horas, deve envolver efetivamente situações reais que contemplem o universo da Engenharia, nos ambientes profissional e acadêmico.
Projeto Final de Curso - PFC (Art. 12)	A adoção da nova terminologia “Projeto”, em substituição a “Trabalho”, remete à atividade primordial de um engenheiro. O PFC ser desenvolvido de forma individual ou em equipe e deve demonstrar a capacidade de articulação das competências inerentes à formação do engenheiro.
Avaliação das atividades (Art. 13)	A avaliação da aprendizagem e das competências dos estudantes deve ser organizada como parte indissociável das atividades acadêmicas, e o processo avaliativo deve ser diversificado e adequado às diferentes atividades do curso.
Corpo docente (Art. 14)	O corpo docente deverá estar alinhado com o previsto no PPC e, para tanto, indica-se a necessidade de formação pedagógica específica; além disso, as IES deverão definir indicadores de avaliação e valorização do trabalho docente nas atividades de graduação.
Implantação e desenvolvimento das DCNs (Art. 15)	Além dos processos de avaliação e regulação conduzidos pelo MEC, a implantação e o desenvolvimento das novas DCNs de Engenharia devem ser acompanhados, monitorados e avaliados pelas próprias IES.
Prazo para implementação das DCNs (Art. 16)	As novas DCNs devem ser implementadas pelos cursos de Engenharia em um prazo de 3 anos, a partir de 24/4/2019, de forma gradual ou imediatamente, com a devida anuência dos alunos.
Instrumentos de avaliação de curso (Art. 17)	Indica-se a necessidade de adequação dos instrumentos de avaliação de curso em função das alterações das novas DCNs de Engenharia.

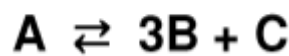
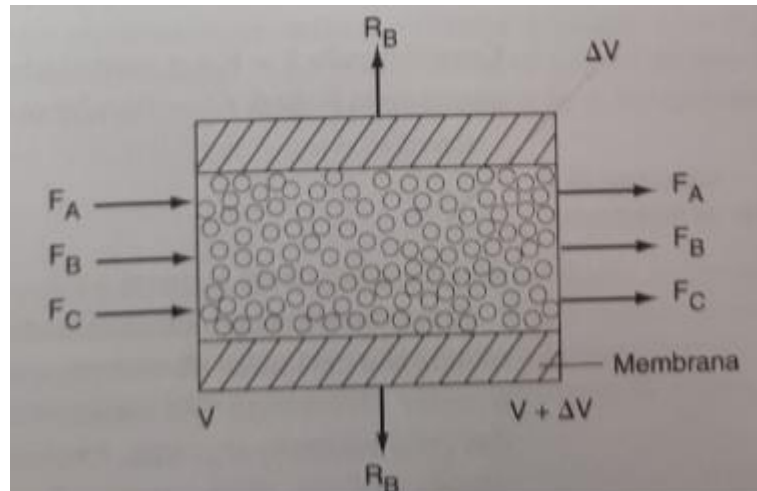
APÊNDICE A - Questionário Reatores Semi Contínuos e Membrana

1. A respeito dos reatores semi contínuo, escolha a alternativa **incorreta**:
 - a) Os reatores semi contínuos são operados tanto com entradas ou saídas em bateladas, com volume e composição variáveis ou constantes, dependendo das formas de alimentação e saída.
 - b) Possuem as vantagens de permitir um bom controle de temperatura e a capacidade de minimizar reações laterais indesejáveis através da manutenção de uma baixa concentração de um dos reagentes.
 - c) Os reatores permitem um bom controle de temperatura, mas não tem a capacidade de minimizar reações laterais indesejáveis semi contínuos, visto que tem volume e composição constantes ao longo do tempo.
 - d) Permite que se preveja a concentração e a conversão em função do tempo, considerando que o volume e a composição da mistura são controlados com o controle das correntes.

2. Sobre uma equação de projeto de um reator semi contínuo, em fase líquida, carregado com A puro e com alimentação molar constante de B, pode-se afirmar que:
 - a) A equação de projeto é obtida através do balanço de A (sem entradas e saídas no processo) e, posteriormente, o termo de volume do reator pode ser encontrado a partir do balanço global de massa de todas as espécies.
 - b) A equação de projeto é obtida através do balanço de B (reagente que está sendo carregado constantemente no processo) e, posteriormente, o termo de volume do reator pode ser encontrado a partir do balanço global de massa de A, por ser o reagente fixo.
 - c) A equação de projeto é obtida através do balanço de A (reagente que está sendo carregado constantemente no processo) e, posteriormente, o termo de volume do reator pode ser encontrado a partir do balanço global de massa dos produtos formados (C e D).
 - d) A equação de projeto é obtida através do balanço de A (sem entradas e saídas no processo) e, posteriormente, o termo de volume do reator pode ser encontrado a partir do balanço global de massa dos produtos formados (C e D), considerando a geração de massa do processo.

3. A respeito dos reatores de membrana, escolha a alternativa **correta**:
 - a) Apresentam como vantagens a economia na sua estruturação e manutenção, sem precisar trocar as membranas em intervalos regulares, apenas quando caminhos preferenciais se formarem.
 - b) Permitem o aumento da conversão em relação aos reatores tubulares convencionais, visto a alta seletividade de reações múltiplas através da catálise.
 - c) A temperatura não é um fator que interfere no equilíbrio das reações que ocorrem no interior dos reatores de membrana, visto que o equipamento é termodinamicamente limitado.
 - d) Permitem o aumento da conversão em relação aos reatores tubulares convencionais, podendo ser utilizados para reações em fase líquida ou gasosa.

4. De acordo com a imagem abaixo, escolha a alternativa **incorreta**:



- O balanço de massa para B no leito catalítico da membrana é feito sobre o elemento de volume diferencial, considerando a vazão molar de B que sai através dos lados do reator por volume unitário de reator.
- O reagente B se difunde através da membrana, saindo pelos lados do reator à medida que escoar através dele, enquanto o reagente A e o produto C escoam até a saída do reator, indicando a seletividade.
- Deve-se usar vazões mássicas para analisar reatores de membrana, pois a vazão mássica de B de uma reação reversível não considera a quantidade de B que sai pelas laterais.
- Pode-se observar que uma alta conversão será obtida na reação desejada, visto que a reação reversível está sendo direcionada para a direita, com a saída lateral de B.

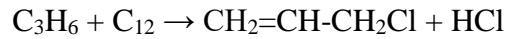
5. Uma das vantagens dos reatores semicontínuos é:

- A capacidade de minimizar reações laterais indesejáveis através da manutenção de uma baixa concentração de um dos reagentes, no caso, aquele que é inicialmente carregado no tanque, conforme indicado pela seletividade instantânea do produto desejado em relação ao indesejado;
- A capacidade de favorecer a formação do produto desejado em relação ao indesejado quando ocorrem reações laterais indesejáveis, alimentando continuamente o reator com o reagente para o qual a cinética da reação indesejável possui menor ordem na sua lei de velocidade;
- A capacidade de deslocar o equilíbrio de reações reversíveis em direção à direita pela remoção de um dos produtos, aumentando a conversão final acima daquela que seria alcançada se o produto não tivesse sido removido.
- A capacidade de aumentar na velocidade de reação e diminuição do tempo de processamento de reações reversíveis pela adição contínua de um dos reagentes, em razão do aumento de concentração do reagente.
- A capacidade de minimizar reações laterais indesejáveis de reações altamente exotérmicas através da manutenção de uma baixa concentração de um dos reagentes, no caso, aquele que é inicialmente carregado no tanque, de forma que sua baixa concentração controle o calor liberado na reação que desencadearia outras reações.

APÊNDICE B – 2º Exemplo comentado sobre Reatores Contínuos Ideais Tubulares e Reciclo

Exemplo 2 – (Schmal E4.1.11, p.265)

A cloração do propeno:



se dá em fase gasosa num reator PFR de 5 m^3 , a 300°C e 20 atm. Introduzem-se 30% de C_3H_6 , 40% de Cl_2 balanceados com 30% de N_2 e um fluxo molar total de 0,45 kmol/h. A constante cinética é dada: $k = 2,02 \text{ m}^3/\text{kmoles} \times \text{min}$.

Calcule a conversão final, o tempo espacial e o tempo de residência médio.

RESOLUÇÃO:

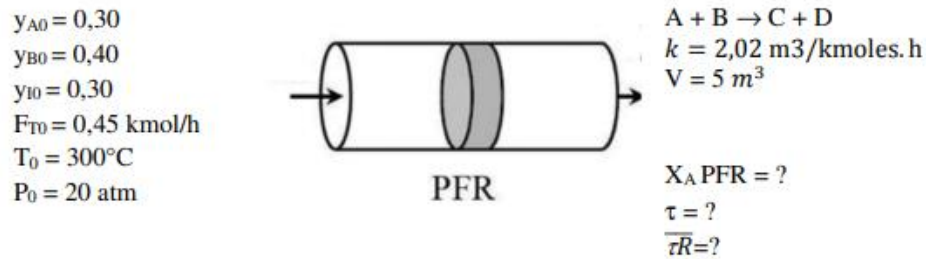
Passo 1: Leia o problema: É importante ler completamente todo o problema, antes de iniciar a resolução, para se pensar numa estratégia de solução.

Passo 2: Releia o problema, extraindo todas as informações dadas direta e indiretamente e entendendo o que se deseja calcular:

	Informação:
Reação dada	$\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{HCl}$
Reação algébrica	$A + B \rightarrow C + D$ (elementar; 2ª ordem)
Reator PFR	Processo contínuo; operando isotermicamente a pressão ambiente
Volume do Reator PFR	$V = 5 \text{ m}^3$
Fase gasosa	Reação homogênea com densidade constante ($\rho = \text{cte}$)
Condições de alimentação:	$y_{A0} = 0,30$ $y_{B0} = 0,40$ $y_{I0} = 0,30$ $F_{T0} = 0,45 \text{ kmol/h}$ $T_0 = 300^\circ\text{C}$ $P_0 = 20 \text{ atm}$
Constantes de velocidade de reação:	$k = 2,02 \text{ m}^3/\text{kmoles.h}$
Pede-se:	$X_{A \text{ PFR}} = ?$ $\tau = ?$ $\bar{\tau} = ?$

Fonte: Elaborado pela autora.

Passo 3: Desenhe e visualize o problema.

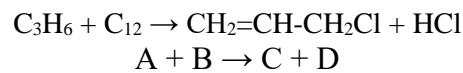


Fonte: Elaborado pela autora.

Passo 4: Uniformize as unidades das informações do problema

$$T_0 = 300^\circ\text{C} = 573,15 \text{ K}$$

Passo 5: Escreva a equação química da reação envolvida, faça o balanceamento estequiométrico e classifique a reação



Procede-se o balanceamento da equação estequiométrica. Conforme dados, trata-se de uma reação gasosa homogênea, simples, equimolar, de volume e densidade constantes, irreversível e de segunda ordem (conforme unidades da constante de velocidade), portanto, é elementar.

Passo 6: Escreva a tabela estequiométrica para a reação em função da variável de interesse (no caso, X_A)

$A + B \rightarrow C + D$
 (em reatores contínuos, trabalha-se com fluxos molares)

Espécies químicas	Fluxo molar inicial (na entrada)	Fluxo molar que reage	Fluxo molar na saída do PFR
A	F_{A0}	$(-a/a).F_{A0}.X_A$	$F_A = F_{A0} - F_{A0}.X_A = F_{A0}.(1-X_A)$
B	F_{B0}	$(-b/a).F_{A0}.X_A$	$F_B = F_{B0} + (-b/a).F_{A0}.X_A = F_{A0}.(F_{B0}/F_{A0} - b/a.X_A)$
I	F_{I0}	-	$F_I = F_{I0}$
C	F_{C0}	$(+c/a).F_{A0}.X_A$	$F_C = F_{C0} + (+c/a).F_{A0}.X_A = F_{A0}.(F_{C0}/F_{A0} + c/a.X_A)$
D	F_{D0}	$(+d/a).F_{A0}.X_A$	$F_D = F_{D0} + (+d/a).F_{A0}.X_A = F_{A0}.(F_{D0}/F_{A0} + d/a.X_A)$
Total	F_{T0}	$((+c+d-a-b)/a). F_{A0}.X_A$	$F_T = F_{T0} + ((+c+d-a-b)/a).F_{A0}.X_A$ $F_T = F_{I0} + F_{A0}.((F_{A0} + F_{B0} + F_{C0} + F_{D0})/F_{A0} + ((+c+d-a-b)/a).X_A)$

Fonte: Elaborado pela autora.

Passo 7: Escrever a lei de velocidade da reação.

Neste caso, trata-se de uma reação elementar irreversível de primeira ordem:

$$-r_A = kC_A C_B$$

C_A e C_B são as concentrações de A e B na saída do PFR; podem ser estimadas da tabela estequiométrica do passo 6, lembrando que para sistemas gasosos:

$$C_A = y_A C_T = y_A \frac{P}{RT} = \frac{P_A}{RT}$$

$$C_B = y_B C_T = y_B \frac{P}{RT} = \frac{P_B}{RT}$$

$$y_A = \frac{F_A}{F_T}$$

$$y_B = \frac{F_B}{F_T}$$

$$C_T = \frac{F_T}{v}$$

$$-r_A = k C_A C_B = k y_A y_B C_T^2$$

Passo 8: Obter todas os parâmetros cinéticos necessários, caso não estejam informados.

A constante de velocidade foi informada como $k = 2,02 \text{ m}^3/\text{kmoles.h}$

Passo 9: Análise das informações:

a) Como a reação é em fase gasosa e equimolar, seu volume e densidade são constantes e a vazão volumétrica de entrada e saída são as mesmas, logo já se pode inferir que $\tau = \tau_R$.

b) O tempo de residência médio se refere a um cálculo considerando um valor médio da vazão volumétrica de saída, pois na realidade o fluxo é pistonado e tem-se diferentes perfis de velocidade na saída, especialmente se o escoamento for laminar.

c) Vale lembrar que os fluxos molares de alimentação são conhecidos, já que se tem as frações molares e o fluxo molar total:

$$F_{A0} = y_{A0} \cdot F_{T0} = 0,3 \cdot 0,45 = 0,135 \text{ kmol/h}$$

$$F_{B0} = y_{B0} \cdot F_{T0} = 0,4 \cdot 0,45 = 0,18 \text{ kmol/h}$$

$$F_{I0} = y_{I0} \cdot F_{T0} = 0,3 \cdot 0,45 = 0,135 \text{ kmol/h}$$

Como a reação é equimolar, mas temos uma alimentação diferente de A e B, observamos que B (Cl_2) é alimentado em excesso e A (propeno) é o reagente limitante.

d) Pela tabela estequiométrica e grau de conversão, podemos conhecer a composição de saída do PFR:

$$y_A = \frac{F_A}{F_T}$$

$$y_B = \frac{F_B}{F_T}$$

Onde,

$$F_A = F_{A0} \cdot (1 - X_A)$$

$$F_B = F_{B0} + (-b/a) \cdot F_{A0} \cdot X_A = F_{A0} \cdot (F_{B0}/F_{A0} - X_A), \text{ pois } a=b=1$$

Como $F_{A0} = y_{A0} \cdot F_{T0} = 0,3 \cdot F_{T0}$ e $F_{B0} = y_{B0} \cdot F_{T0} = 0,4 \cdot F_{T0}$
 $F_B = 0,3 \cdot F_{T0} \cdot ((0,4 \cdot F_{T0} / 0,3 \cdot F_{T0}) - X_A) = 0,3 \cdot 0,45 \text{ kmol/h} \cdot ((1,33) - X_A)$
 $F_B = 0,135 \text{ kmol/h} \cdot ((1,33) - X_A)$

$$F_T = F_{I0} + F_{A0} \cdot ((F_{A0} + F_{B0} + F_{C0} + F_{D0}) / F_{A0} + ((+c+d-a-b)/a) \cdot X_A)$$

Como $a = b = c = d = 1$ e $F_{C0} = F_{D0} = 0$

$$F_T = F_{I0} + F_{A0} + F_{B0} = F_{T0} = 0,45 \text{ kmols/h}$$

(o que é esperado, já que a reação é equimolar, de densidade constante).

Logo,

$$y_A = \frac{F_{A0}(1 - X_A)}{F_{T0}} = \frac{0,3F_{A0}(1 - X_A)}{F_{T0}} = 0,3(1 - X_A)$$

$$y_B = \frac{F_{A0} \left(\frac{F_{B0}}{F_{A0}} - X_A \right)}{F_{T0}} = \frac{0,3F_{A0} \left(\frac{0,4F_{T0}}{0,3F_{T0}} - X_A \right)}{F_{T0}} = 0,3(1,33 - X_A)$$

- e) Os dados das condições iniciais do sistema permitem conhecer a concentração total da mistura reacional na entrada do PFR:

$$P_0 = 20 \text{ atm e } T_0 = 573,15\text{K}$$

$$C_{T0} = \frac{P_0}{RT_0} = \frac{20 \text{ atm}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 573,15\text{K}} = 0,42 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,42 \text{ kmol/m}^3$$

Lembrando que para sistemas gasosos isotérmicos ($T = \text{constante}$) com pressão constante:

$$C_{T0} = C_T = 0,42 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,42 \text{ kmol/m}^3$$

- f) A fração molar na entrada do PFR também permite conhecer a concentração do reagente A e também a vazão volumétrica de entrada:

$$y_{A0} = 0,3$$

$$C_{A0} = y_{A0} C_{T0}$$

$$C_{A0} = 0,3 \cdot 0,42 = 0,128 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 0,128 \text{ kmol/m}^3$$

$$F_{A0} = C_{A0} v_0$$

$$v_0 = \frac{0,135 \text{ kmol/h}}{0,128 \text{ kmol/m}^3} = 1,05 \text{ m}^3/\text{h}$$

- g) Portanto, já podemos conhecer o tempo espacial e o tempo de residência médio:

$$\tau = \frac{V}{v_0} = \frac{5 \text{ m}^3}{1,05 \text{ m}^3/\text{h}} = 4,76 \text{ h}$$

$$\tau_R = \frac{V}{v_0} = \tau = 4,76 \text{ h}$$

pois $v_0 = v$ quando a densidade é constante.

Passo 10: Escrever a equação de balanço de massa do reator em função da variável desejada.

Numa reação elementar, simples, de primeira ordem:

$$\frac{dF_A}{dV} = -r_A$$

Em termos do grau de conversão, X_A :

$$\frac{d[F_{A0}(1 - X_A)]}{dV} = r_A$$

$$\frac{F_{A0}dX_A}{dV} = -r_A$$

Passo 11: Combinar a equação de projeto do reator com a lei de velocidade de reação.

$$-r_A = kC_A C_B = k y_A y_B C_T^2$$

$$\frac{F_{A0}dX_A}{dV} = k y_A y_B C_T^2$$

Observe que o sinal negativo do consumo de reagente da lei de velocidade é multiplicado pelo sinal negativo do equacionamento na substituição do $-r_A$.

$$\frac{F_{A0}dX_A}{dV} = k \cdot 0,3(1 - X_A) \cdot 0,3(1,33 - X_A) C_T^2$$

Separando as variáveis:

$$\frac{dX_A}{0,3(1 - X_A) \cdot 0,3(1,33 - X_A)} = \frac{kC_T^2}{F_{A0}} \cdot dV$$

Os limites de integração são:

Quando $V = 0$ (na entrada do reator), $X_{A0} = 0$

Quando $V = 5m^3$ (na entrada do reator), $X_A = ?$

$$\int_0^{X_A} \frac{dX_A}{0,3(1 - X_A) \cdot 0,3(1,33 - X_A)} = \frac{kC_T^2}{F_{A0}} \int_0^V dV$$

$$\frac{k(0,3)^2 C_T^2}{F_{A0}} \cdot V = \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{(1 - X_A) \cdot (1,33 - X_A)}$$

Passo 11: Fazer as substituições numéricas e os cálculos.

$$k = 2,02 \text{ m}^3/\text{kmoles.h}$$

$$V = 5 \text{ m}^3$$

$$F_{A0} = 0,135 \text{ kmol/h}$$

$$C_T = 0,42 \text{ kmol/m}^3$$

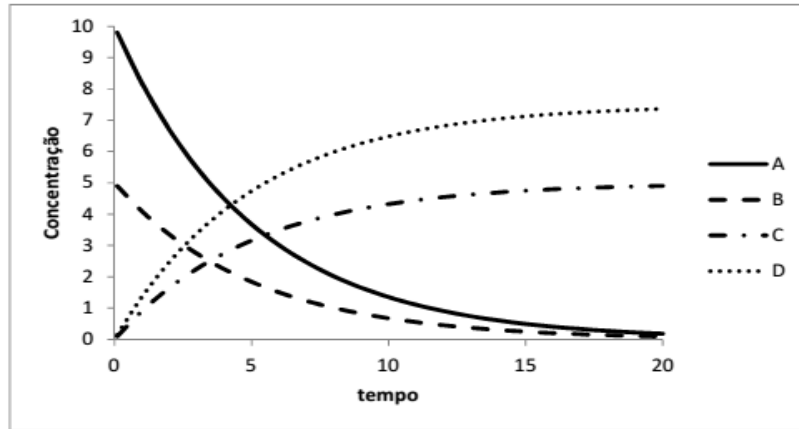
$$X_A=0,67$$

Passo 12: Análise do resultado numérico e conclusão do problema.

O sistema PFR atinge 67% de conversão de propeno operando nas condições mencionadas (300°C e 20 atm) e com tempo espacial igual a 4,76 h, que também é o tempo de residência das moléculas no reator.

APÊNCICE C - Questões utilizadas na primeira aula de Instrução entre Pares

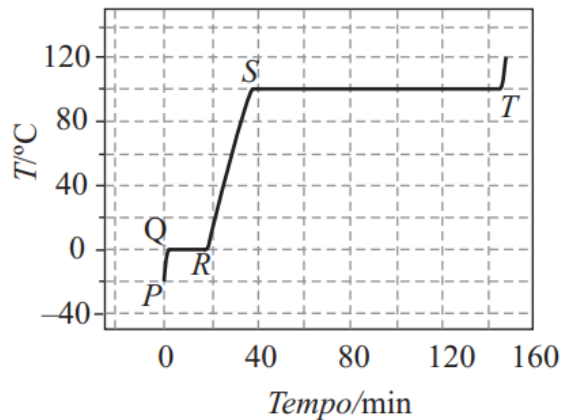
Questão 1: A figura a seguir mostra as curvas típicas de concentração-tempo para um esquema de reações. De acordo com as informações da figura, a sequência correta é:



Fonte: Concurso público – UFRN.

- a) $A + B > C > D$
- b) $A > B > C + D$
- c) $A > B + C > D$
- d) $A + B > C + D$

Questão 2: Considere a curva de variação de energia potencial das espécies A, B, C, D e E envolvidas em uma reação química genérica, em função do caminho da reação, apresentado na figura. Suponha que a reação tenha sido acompanhada experimentalmente, medindo-se as concentrações de A, B, C em função do tempo. De acordo com as informações da figura, pode-se afirmar que:

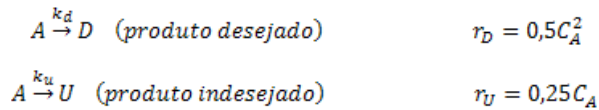


Fonte: ITA, 2010.

- a) A reação global correta é $A + B > C + D + E$
- b) A etapa mais lenta da reação e que irá determinar a lei de velocidade é $A + B > C$
- c) O esquema de reações mais provável é: $A + B > C > D + E$
- d) O esquema de reações mais provável é: $A + B > C + D + E$

Questão 3: Em um reator em batelada foi processada uma substância A que grodu produtos diferentes (D e U), mediante reações paralelas competitivas com as seguintes cinéticas de

reação: Após 20 minutos de reação, determinou-se que a composição do meio reacional era de $C_A = 1 \text{ mol/L}$, $C_D = 5 \text{ mol/L}$, $C_U = 2 \text{ mol/L}$.

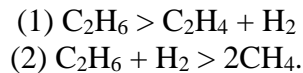


Fonte: IFRN, 2010.

A opção que indica respectivamente, as seletividades instantânea e global no final da reação é:

- a) 3 e 2
- b) 2,5 e 2
- c) 2 e 3
- d) 2 e 2,5

Questão 4: Na desidrogenação do etano para a produção de etileno, o hidrogênio também formado reage com o próprio etano gerando metano, de acordo com as seguintes reações:



Considere que: a seletividade global do etileno em relação ao metano é 4 (mols etileno/mols metano). Há 125 kmol/h de CH_4 no efluente. Nesse caso, o rendimento global de etileno em relação ao etano consumido é, aproximadamente:

- a) 0,5
- b) 0,75
- c) 0,8
- d) 0,9
- e) 0,95

Questão 5: Um processo é usado para a obtenção de aldeído fórmico pela reação catalítica de oxidação do metano: $\text{CH}_4 + \text{O}_2 > \text{HCOH} + \text{H}_2\text{O}$. No entanto, também ocorre, no reator, a seguinte reação de combustão: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 > \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. A análise do efluente do reator, em base molar, indicou: $\text{HCOH} = 30\%$; $\text{CO}_2 = 3\%$; $\text{CH}_4 = 27\%$; $\text{H}_2\text{O} = 36\%$; $\text{O}_2 = 4\%$. Com base nessas informações, analise as afirmativas a abaixo:

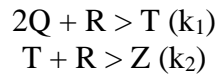
- I – O reagente em excesso na reação foi o oxigênio;
- II – A conversão do metano foi 55%;
- III – A conversão de oxigênio foi 90%;
- IV – A seletividade global do aldeído fórmico, em relação ao dióxido de carbono, foi 30/1.

Estão CORRETAS apenas as afirmativas:

- a) I e II
- b) I e IV
- c) II e III
- d) II e IV

e) III e IV

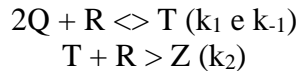
Questão 6: Considere as seguintes reações elementares em série/paralelo:



Assinale a alternativa que apresenta respectivamente, as equações de velocidade corretas para as espécies químicas R e T:

- a) $r_R = k_1.CQ.CR + k_2.CT.CR$ e $r_T = k_1.CQ.CR + k_2.CT.CR$
- b) $-r_R = k_1.CQ^2.CR$ e $r_T = k_1.CQ^2.CR + k_2.CT.CR$
- c) $-r_R = k_1.CQ^2.CR + k_2.CT.CR$ e $r_T = k_1.CQ^2.CR - k_2.CT.CR$
- d) $r_R = k_1.CQ^2.CR + k_2.CT.CR$ e $-r_T = k_2.CT.CR$
- e) $-r_R = -k_1.CQ^2.CR - k_2.CT.CR$ e $r_T = k_1.CQ^2.CR - k_2.CT.CR$

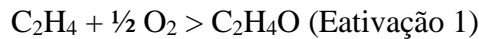
Questão 7: Considere as seguintes reações elementares em série/paralelo:



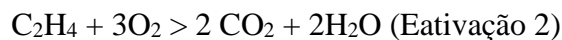
Assinale a alternativa que apresenta respectivamente, as equações de projeto corretas de um reator batelada para as espécies químicas R e T. Equação de projeto do reator batelada: $dCA/dt = rA$.

- a) $-dCR/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT + k_2.CT.CR$ e $dCT/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT - k_2.CT.CR$
- b) $-dCR/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT - k_2.CT.CR$ e $dCT/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT - k_2.CT.CR$
- c) $-dCR/dt = k_1.CQ.CR + k_{-1}.CT + k_2.CT.CR$ e $dCT/dt = k_1.CQ.CR + k_{-1}.CT + k_2.CT.CR$
- d) $-dCR/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT + k_2.CT.CR$ e $dCT/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT + k_2.CT.CR$
- e) $-dCR/dt = k_1.CQ.CR - k_{-1}.CT - k_2.CT.CR$ e $dCT/dt = k_1.CQ.CR + k_{-1}.CT + k_2.CT.CR$

Questão 8: O óxido de etileno pode ser utilizado como matéria-prima para obtenção de etilenoglicol. O óxido de etileno deverá ser produzido pela oxidação catalítica do eteno com ar, de acordo com a seguinte reação:



No entanto, em paralelo, ocorre a reação indesejável de combustão do eteno:



Considerando que (Eativação 1) > (Eativação 2), para otimizar a produção de etilenoglicol, todas as opções abaixo seriam úteis, EXCETO:

- a) 90,0%
- b) 92,5%
- c) 93,5%
- d) 94,0%
- e) 95,0%

APÊNCICE D - Questões utilizadas na segunda aula de Instrução entre Pares

Questão 1: Dentre as proposições abaixo sobre catálise, qual está certa?

- A trajetória da reação é a mesma com ou sem catalisador, mas as constantes de velocidade das reações inversa e direta diminuem.
- O catalisador não é consumido durante a reação, mas pode sofrer grandes modificações durante o processo.
- Em um processo de equilíbrio, o catalisador aumenta a velocidade da reação direta e não altera a velocidade da reação inversa.
- Um catalisador homogêneo funciona porque liga em sua superfície uma ou mais de uma das moléculas que sofrem reação.
- O uso de um catalisador altera o equilíbrio químico e seu efeito pode ser observado pela variação da energia de ativação.

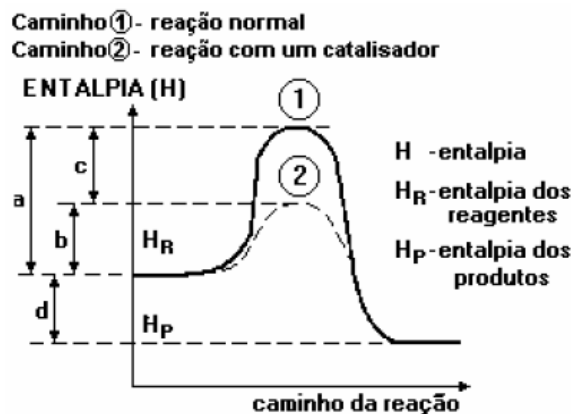
Questão 2: Os catalisadores são amplamente empregados no refino de petróleo. Com relação a essas substâncias, analise as afirmações a seguir.

- A seletividade catalítica mede a quantidade de produto desejado, podendo variar de acordo com a temperatura, pressão do sistema ou natureza do catalisador.
- A presença de catalisadores não influencia na variação de entalpia da reação química.
- A presença de um catalisador altera o valor da constante de equilíbrio da reação.
- Os catalisadores heterogêneos apresentam uma forma estabilidade efetiva, este que é um fator importante para avaliar sua vida útil e avaliar economicamente o processo.

Estão corretas APENAS as afirmações:

- I e II.
- II e IV.
- I, II e III.
- I, II e IV.
- II, III e IV.

Questão 3: O gráfico a seguir refere-se ao diagrama energético de uma reação química (Reagentes → Produtos), onde se vêem destacados dois caminhos de reação. Após uma análise das entalpias dos reagentes, dos produtos e dos valores a, b, c e d, podemos afirmar que:



Fonte: Unirio.

- a) Reação é endotérmica e a presença do catalisador diminuiu o ΔH de a para b.
- b) Reação é endotérmica e a representa o ΔH com a presença do catalisador.
- c) Reação é exotérmica e a energia de ativação, sem a presença do catalisador, é representada por c.
- d) A presença do catalisador diminuiu o ΔH da reação representada por c.
- e) A presença do catalisador diminuiu a energia de ativação de a para b e mantém constante o ΔH da reação representada por d.

Questão 4: A respeito da vida útil dos catalisadores é incorreto afirmar:

- a) O envenenamento afeta a vida útil do catalisador devido a adsorção de impurezas sobre os sítios ativos, atuando em somente em uma etapa reacional, modificando assim a seletividade catalítica.
- b) A deposição de inertes pode desativar o catalisador devido ao bloqueio físico dos sítios ativos, como a formação de coque.
- c) A atividade específica de um centro ativo de catalisador, conhecida como TOF, para uma reação em especial, tem a sua taxa afetada apenas pela variação de temperatura, diminuindo a vida útil do centro ativo.
- d) O processo de Sinterização é irreversível e reduz a área catalítica efetiva do catalisador.

Questão 5: Dentre as alternativas a seguir, assinale a que não está relacionada à ação de um “veneno” para um catalisador.

- a) Substâncias que são adsorvidas na superfície do catalisador, mascarando os centros ativos.
- b) Substâncias que favorecem reações laterais indesejadas.
- c) Substâncias que podem provocar sinterização da superfície.
- d) Substâncias que bloqueiam os poros, tornando as superfícies internas inacessíveis.
- e) Substâncias que contrariam a seletividade do catalisador, adsorvendo preferencialmente na porção da superfície que catalisa a reação desejada.

Questão 6: Acerca das principais diferenças entre a fisiossorção e quimiossorção, assinale a opção correta.

- a) A fisiossorção apresenta alto calor de adsorção, não é específica, pode ocorrer em monocamada ou em multicamada, rápida, reversível e deve ocorrer a polarização do adsorbato. A quimiossorção apresenta baixo calor de adsorção, é específica, só pode ocorrer em monocamada, é mais lenta que a fisiossorção, irreversível e ocorre transferência de elétrons, formando uma ligação entre o adsorbato e o adsorvente.
- b) A fisiossorção apresenta alto calor de adsorção, é específica, pode ocorrer em monocamada ou em multicamada, rápida, reversível e deve ocorrer a polarização do adsorbato. A quimiossorção apresenta baixo calor de adsorção, não é específica, só pode ocorrer em monocamada, é mais lenta que a fisiossorção, irreversível e ocorre transferência de elétrons, formando uma ligação entre o adsorbato e o adsorvente.
- c) A fisiossorção apresenta baixo calor de adsorção, não é específica, pode ocorrer em monocamada ou em multicamada, lenta, irreversível e deve ocorrer a polarização do adsorbato. A quimiossorção apresenta alto calor de adsorção, é específica, só pode ocorrer em multicamadas, é mais rápida que a fisiossorção, reversível e ocorre transferência de elétrons, formando uma ligação entre o adsorbato e o adsorvente.

d) A fisiossorção apresenta baixo calor de adsorção, não é específica, pode ocorrer em monocamada ou em multicamada, rápida, reversível, deve ocorrer a polarização do adsorbato. A quimiossorção apresenta alto calor de adsorção, é específica, só pode ocorrer em monocamada, é mais lenta que a fisiossorção, irreversível e ocorre transferência de elétrons, formando uma ligação entre o adsorbato e o adsorvente.

e) A fisiossorção não apresenta calor de adsorção, é específica, pode ocorrer em monocamada ou em multicamada, rápida, reversível e deve ocorrer a polarização do adsorbato. A quimiossorção apresenta alto calor de adsorção, não é específica, só pode ocorrer em monocamada, é mais lenta que a fisiossorção, irreversível e ocorre transferência de elétrons, formando uma ligação entre o adsorbato e o adsorvente.

Questão 7: Segundo a teoria de Langmuir, a adsorção de um gás em uma superfície sólida varia com a pressão do gás de que maneira?

- a) Rápida -> lenta -> independente da pressão
- b) Rápida -> independente da pressão -> lenta
- c) Lenta -> rápida -> independente da pressão
- d) Independente da pressão -> lenta -> rápida

Questão 8: Não se pode dizer que uma reação catalítica heterogênea:

- a) É sempre uma reação não-elementar.
- b) Ocorre na interface fluido-sólido.
- c) É afetada principalmente por fenômenos de transferência de massa e de difusão intra e/ou extrapartícula.
- d) Se constitui por diversos fenômenos físicos, químicos e físico-químicos.
- e) Tem a etapa química como controladora da velocidade da reação

Questão 9: Sobre as etapas da reação catalítica heterogênea, não está correto:

- a) A reação química propriamente dita só ocorre após as etapas físicas de difusão, ditadas pelas condições de escoamento em torno do catalisador.
- b) Quando as etapas de difusão forem mais rápidas comparadas às de reação química, sempre haverá moléculas para reagir nas vizinhanças dos sítios ativos e o transporte de massa não afetará a velocidade global de reação.
- c) Em catalisadores porosos a difusão no interior dos poros do catalisador pode limitar a velocidade de reação e não as condições externas do escoamento
- d) As etapas de reação química, na superfície catalítica, são sempre as limitantes.
- e) As etapas de reação química são descritas pelos fenômenos de adsorção.

Questão 10: Fenômenos de Adsorção são, exceto:

- a) Processos espontâneos de acumulação de uma substância sobre a superfície de outra, descrito pela energia livre de Gibbs ($\Delta G_{ads} < 0$);
- b) Processos espontâneos e endotérmicos de extrema importância na catálise heterogênea;
- c) Fenômenos presentes em diferentes aplicações: todos processos catalíticos heterogêneos, clarificação do açúcar, recuperação de solventes, etc.
- d) Fenômenos físicos ou químicos.
- e) Fenômenos com variação de entalpia do sistema menor que zero e também menor entropia final do sistema, já que a sua desordem é menor quando a molécula está adsorvida.