

Ensino Remoto Emergencial: estudo de caso da disciplina de “Controle de Processos e Instrumentação” do curso de Engenharia Química da UTFPR, campus de Ponta Grossa

Emergencial Remote Education: study case of the subject “Process Control and Instrumentation” of the Chemical Engineering course from UTFPR, Ponta Grossa campus

Enseñanza Remota de Emergencia: estudio de caso de la disciplina de “Control e Instrumentación de Procesos” del curso de Ingeniería Química de la UTFPR, campus de Ponta Grossa

Recebido: 04/10/2021 | Revisado: 10/10/2021 | Aceito: 13/10/2021 | Publicado: 15/10/2021

Matheus Lopes Demito

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2162-9150>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: mldemito2@uem.br

Marcela Eduarda Januario

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8276-8579>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: mjanuario@alunos.utfpr.edu.br

Gabriel Pinto Sebastião

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8276-8579>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: gabriel.sebastiao@gmail.com

Simone Deleuz Inglez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6665-5147>
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil
E-mail: simoneinglez@utfpr.edu.br

Resumo

A presencialidade historicamente é um fator muito característico dos cursos de engenharias, mas recentemente por conta das adversidades da pandemia de Covid-19 precisou-se implementar sistemas de ensino remotos emergenciais para qualificar os profissionais engenheiros. A fim de não perder a qualidade no ensino e suprir a necessidade de profissionais demandados pela nova revolução da indústria 4.0 trabalhou-se ações disruptivas e inovadoras para superar esse momento. Nesse sentido, este trabalho lança-se a entender como foi o rendimento acadêmico dos alunos durante o período de ensino remoto emergencial na disciplina de Controle de Processos e Instrumentação, além de discutir nuances da metodologia incorporada para a disciplina em questão nesse modelo de ensino. O estudo de caso foi feito com a disciplina de Controle de Processos e Instrumentação, do 7º período de Engenharia Química da UTFPR, campus de Ponta Grossa. Os objetivos desse trabalho foram atingidos e espera-se que esse trabalho sirva como referência para implementação de metodologias remotas em disciplinas de engenharia.

Palavras-chave: Ensino de engenharia; Engenharia Química; Controle de processos; Metodologias ativas de aprendizagem.

Abstract

Historically, attendance is a very characteristic factor of engineering courses, but recently due to the adversities of the Covid-19 pandemic, it was necessary to implement emergency remote teaching systems to qualify professional engineers, in order not to lose the quality of teaching and supplying the need for professionals demanded by the new industry 4.0 revolution, disruptive and innovative actions were worked to overcome this moment. In this sense, this paper aims to understand how students' academic performance was during the period of emergency remote teaching in the discipline of Process Control and Instrumentation, in addition to discussing nuances of the methodology incorporated for the subject in question in this teaching model. The case study was done with the discipline of Process Control and Instrumentation, from the 7th period of Chemical Engineering at UTFPR, campus of Ponta Grossa.

Keywords: Engineering teaching; Chemical Engineering; Process control; Active learning methodologies.

Resumen

Históricamente, la asistencia es un factor muy característico de los cursos de ingeniería, pero recientemente, debido a las adversidades de la pandemia Covid-19, fue necesario implementar sistemas de enseñanza remota de emergencia

para capacitar ingenieros profesionales. Para no perder calidad en la docencia y atender la necesidad de profesionales que demanda la nueva revolución de la industria 4.0, se trabajaron acciones disruptivas e innovadoras para superar este momento. En este sentido, este trabajo se propone comprender el desempeño académico de los estudiantes durante el período de la enseñanza remota de emergencia en la disciplina de Control e Instrumentación de Procesos, además de discutir los matices de la metodología incorporada para la disciplina en cuestión en este modelo de enseñanza. El caso de estudio se realizó con la disciplina de Control e Instrumentación de Procesos, del 7º período de Ingeniería Química en la UTFPR, campus de Ponta Grossa. Los objetivos de este trabajo fueron alcanzados y se espera que este trabajo sirva de referencia para la implementación de metodologías remotas en disciplinas de ingeniería.

Palabras clave: Educación en ingeniería; Ingeniería Química; Control de procesos; Metodologías de aprendizaje activo.

1. Introdução

A Engenharia Química pode ser definida como o ramo da engenharia que estuda os processos, que durante o funcionamento de uma indústria, são capazes de transformar matérias primas em produtos de interesse, por meio de alterações na composição química, no conteúdo energético ou no estado físico (Cremasco, 2012).

Desenvolvida no início do século XX, a Engenharia Química foi adquirindo identidade juntamente aos os avanços da química inorgânica e orgânica. O surgimento das primeiras fábricas de produtos químicos levou a caracterização de cada estágio de um processo geral, por meio de uma metodologia que estudava as características físicas e químicas de um processo genérico. O uso desta por engenheiros do MIT levou a criação do ramo da engenharia química como é hoje (Silva, et al., 2018).

Durante o funcionamento de uma indústria química, onde existem processos de transformação de matéria, podem ser percebidas adversidades durante o seu processo, como variações na composição de um produto, na temperatura de um estágio, assim como falhas internas e externas. Essas adversidades, devem ser observadas e corrigidas, buscando maximizar o processo geral de produção (Stephanopoulos, 1984).

O monitoramento contínuo e correção de perturbações de uma indústria química é realizado por um sistema de controle de processos, composto por um arranjo de equipamentos (medidores, controladores, válvulas) e por intervenção humana de engenheiros e operadores (Kwong, 2013).

Com os avanços da tecnologia no século XVIII, o primeiro projeto de controle automático com resultados promissores desenvolvido foi o regulador centrífugo de James Watt, criado para o controle de velocidade da máquina a vapor. Atualmente, com os computadores digitais, os sistemas de controle se tornaram mais baratos e compactos, estando assim mais presentes na rotina de um Engenheiro Químico (Ogata, 2010).

No sistema de controle moderno, uma ação corretiva é formulada por um controlador dimensionado para o projeto, conforme a percepção de uma perturbação. Essa ação será efetuada por um elemento final de controle, que é capaz de regular o processo para a sua forma esperada (Smith & Corripio, 2008).

Dentre as inúmeras vantagens encontradas no uso de um sistema de controle de processos automático tem-se a segurança pela estabilidade trazida pela redução de perdas e falhas de um processo, o que consequentemente também traz um aumento da vida útil de um equipamento e na eficiência de um processo (Kwong, 2013).

Nesse sentido, qualificar os profissionais engenheiros que estejam preparados para trabalhar com sistemas de controle, frente a nova revolução da Indústria 4.0, não é uma tarefa simples, e por conta disso, periodicamente, as instituições de ensino superior precisam se reinventar e desenvolver metodologias ágeis e ativas capazes de engajar seus estudantes a fim de vivenciarem o melhor que cada disciplina oferece e entenderem como àquela teoria será outrora aplicada numa prática corporativa industrial.

Durante o período de adversidades em decorrência da pandemia da Covid-19, precisou-se trabalhar em regime de ensino remoto emergencial na qualificação dos profissionais engenheiros em prol de controle de processos. O que antes já era uma tarefa difícil, se tornou então algo desconhecido e que demandava de ações disruptivas e inovadoras para superar esse momento diferente sem perda na qualidade do ensino. Desta maneira, pode ser observada a necessidade de adaptação da experiência já

consolidada dos docentes as plataformas digitais e recursos disponíveis, como fator crucial para que se estabeleça dinâmicas de ensino efetivas e ambientes onde possa haver a conexão e interatividade que permite não apenas a troca de experiências entre alunos e professores, e também entre os participantes, como também uma melhor assimilação dos conteúdos, como descrito por Carmo & Franco (2019).

A terminologia “Educação Remota Emergencial” utilizada no presente artigo foi adotada por autores como Hodges et al (2020), consistindo em atividades ministradas de forma remota, por meio de plataformas *online*, propostas aos alunos sem que haja necessidade de estabelecer novos modelos educacionais, e sim buscar rotas para suprir as necessidades educacionais até que o formato presencial possa ser retomado.

Nesse sentido, este trabalho lança-se a entender como foi o rendimento acadêmico dos alunos durante o período de ensino remoto emergencial na disciplina de controle de processos e instrumentação, além de discutir nuances da metodologia incorporada para a disciplina em questão nesse modelo de ensino.

O objetivo geral é analisar o rendimento acadêmico, de maneira qualitativa e quantitativa, dos alunos matriculados na disciplina de controle de processos e instrumentação na UTFPR-PG durante o período de ensino remoto emergencial.

Os objetivos específicos foram:

- 1) Descrever o perfil a turma matriculada nessa disciplina nesse período.
- 2) Descrever as metodologias e ferramentas utilizadas nesse período.
- 3) Analisar reflexivamente a impressão dos alunos sobre o conhecimento adquirido nesse momento.
- 4) Descrever os pontos positivos e negativos da disciplina ofertada na modalidade remota emergencial quando comparada a modalidade presencial.

2. Metodologia

O curso de Engenharia Química da UTFPR, campus Ponta Grossa, foi criado em 2010 e é dividido em 5 anos (10 períodos) a sua grade curricular é composta por disciplinas gerais, específicas e profissionalizantes e a disciplina de Controle de Processos e Instrumentação faz parte das disciplinas curriculares profissionalizantes. Essa disciplina se apresenta no 7º período da graduação e conta com uma carga horária de 60 horas. O objetivo geral da disciplina é familiarizar o discente com sistemas de controles de processos industriais e também com a instrumentação utilizada para isso. Além disso, entender a importância, a prática e o histórico de controle de processos industriais.

O formato metodológico da disciplina apresentado nesse trabalho foi adotado excepcionalmente para garantir a sua aplicação de maneira remota, em regime de ensino emergencial, adotado respeitando as medidas de enfrentamento a Covid-19. Essa disciplina teve duração de 4 meses e 60% da carga horária da disciplina foi trabalhada de maneira síncrona através do Google meet, com controle da presencialidade dos discentes, e 40% da carga horária da disciplina foi trabalhada de maneira assíncrona, com disponibilização de materiais (vídeos, pdfs, artigos, livros e trabalhos acadêmicos) na sala de aula virtual da disciplina (*Google classroom*).

A metodologia de avaliação da disciplina consistiu em provas e trabalhos. Os trabalhos foram chamados de avaliações individuais continuadas e deveriam ser feitos quinzenalmente. O peso dessas avaliações individuais continuadas foi de 60% da nota da disciplina. Esses trabalhos deveriam ser entregues através de um *Google Forms* específico disponibilizado na sala de aula virtual da disciplina. Os alunos poderiam submeter seus trabalhos apenas uma vez. Os trabalhos foram aplicados quinzenalmente e consistiram na pesquisa de estudos de caso (aplicações práticas) em relação aos conteúdos abrangidos em sala de aula, e posterior confecção e postagem pública de mapas conceituais num mural virtual (<https://padlet.com/mathdemito/jkynn0wspdca0qnl>), com o intuito de interiorizar o conteúdo para si e eternizar o conteúdo para outrem. É importante destacar que a publicação do seu trabalho no mural virtual não era obrigatória, e quando feita deveria ser

em anonimato, uma vez que alguns discentes se sentem desconfortáveis com a exposição. Mas, todos os alunos publicaram seus trabalhos no mural virtual e também submeteram para avaliação no formulário específico.

A escolha dos temas específicos era livre, sendo que o professor sugeria um tema global daquela quinzena para elaboração do trabalho. Por exemplo, o professor sugeriria que se desenvolvesse trabalhos sobre Função de Transferência, cada aluno deveria escolher qual viés do tema iria abordar, como aplicação em sistemas elétricos, aplicação em sistemas químicos, primeira relação matemática sobre o Função de Transferência, e assim por diante. Os pontos de observação para avaliação do material elaborado na forma de trabalho foram: conteúdo, relação com controle, argumentação, coerência, histórico, abordagem, criatividade e profundidade do tema.

Para completar a nota da disciplina, tiveram duas avaliações gerais com o peso de 40% da nota. Essas avaliações foram feitas a partir de um *Google Forms* com tempo controlado para desenvolvimento (tempo de aula). As avaliações foram compostas por questões de múltipla escolha, descritivas e com submissão de arquivos. A disciplina foi dividida em dois momentos, sendo que o primeiro contou com conteúdos relacionados a compreensão e modelagem matemática de sistemas usualmente controlados industrialmente, e o segundo abrangeu aos tipos e ações de controle.

Nesse artigo, para avaliar a percepção dos alunos quanto aos conhecimentos adquiridos no período de ensino remoto, foi aplicado um formulário ao final da disciplina, contando com diferentes segmentações relacionadas aos objetivos do estudo, sendo elas: descrição de perfil da turma, análise de metodologias e ferramentas utilizadas nesse período de atividades didáticas não presencial (ADNP), relação sobre interiorização dos conhecimentos e *feedback* geral da vivência sob o regime de ensino remoto emergencial.

De maneira geral, elaborou-se um questionário dividido em três sessões para analisar o rendimento acadêmico, de maneira qualitativa e quantitativa, dos alunos matriculados na disciplina durante esse período. A primeira sessão abordava questões gerais e de perfil da turma, a segunda, sobre as metodologias utilizadas durante a disciplina em caráter de ensino remoto emergencial, e a última sobre pontos positivos e pontos de melhoria relacionados à disciplina ofertada na modalidade remota emergencial.

A satisfação dos discentes foi medida no segundo e terceiro segmento com a utilização da escala de Likert (1932) como base, aonde cada nota carrega consigo um significado, sendo que 1 corresponde a “muito ruim”, 2 corresponde a “ruim”, 3 corresponde a “normal”, 4 corresponde a “bom” e 5 corresponde a “muito bom”, sendo esta uma metodologia adequada para os estudos de caso de caráter qualitativo e quantitativo, segundo Pereira et al. (2018).

A confiabilidade dos resultados obtidos nestas seções foi verificada por meio da análise do coeficiente alfa de Cronbach, expresso na Equação 1, que é uma medida baseada na variância de itens individuais e soma da variância de cada avaliador, usada para verificar a consistência de questionários.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[\frac{\sigma_t^2 - \sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_t^2} \right] \quad (1)$$

De acordo com Freitas e Rodrigues (2005), a seguinte classificação da confiabilidade do coeficiente alfa de Cronbach pode ser utilizada: $\alpha \leq 0,30$ – muito baixa, $0,30 < \alpha \leq 0,60$ – baixa, $0,60 < \alpha \leq 0,75$ – moderada, $0,75 < \alpha \leq 0,90$ – alta e $\alpha > 0,90$ – muito alta.

3. Resultados e Discussão

O formulário aplicado para avaliação da percepção da disciplina por parte dos discentes foi elaborado utilizando a plataforma *Google Forms* e enviado pelo canal de comunicação da turma *Google Classroom*, ficando ativo por 2 dias. Dos 44 alunos matriculados na disciplina, 41 alunos (93,18%) foram voluntários para participarem dessa pesquisa.

A tabulação dos resultados foi realizada utilizando a Equação 1, sendo que a confiabilidade alfa de Cronbach total foi de

0,76, sendo um nível moderado de confiabilidade. Uma maneira provável de aumentar a confiabilidade dos dados está relacionada ao aumento do número de questões no questionário que utilizassem a escala de Likert.

Os resultados e suas respectivas discussões serão apresentados conforme os objetivos específicos supracitados neste trabalho.

1) Descrever o perfil da turma matriculada nessa disciplina nesse período.

Segundo Rosário (2006), as dificuldades dos discentes em absorver efetivamente os conteúdos de uma disciplina tem relação direta com as possíveis diferenças existentes em relação ao perfil dos discentes participantes de uma disciplina (tanto em estilo de aprendizagem, quanto a fatores demográficos) e a forma como ela é aplicada.

Desta maneira, delinear o perfil da turma matriculada na disciplina de Controle de Processos e Instrumentação foi parte essencial para melhor compreender a efetividade do método de adaptação para o modo de ensino remoto emergencial pelo qual passou.

A investigação foi realizada com os discentes do Departamento de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, matriculados na disciplina ofertada no primeiro semestre de 2020, e cursada entre os meses de Agosto e Outubro do mesmo ano.

A caracterização do perfil dos participantes foi feita em duas seções, sendo a primeira referente a dados demográficos dos estudantes (Tabela 1), e a segunda em relação a jornada acadêmica dos estudantes e as condições de estudo a que tiveram acesso no período em que a disciplina ocorreu (Tabela 2).

Tabela 1 – Dados demográficos dos estudantes.

Característica	Opções	Quantidade	%
Sexo	Feminino	20	48,8
	Masculino	21	51,2
	Prefiro não dizer	0	0
Idade (anos)	21	4	9,8
	22	7	17,1
	23	12	29,3
	24	7	17,1
	25	4	9,8
	26	2	4,9
	27	2	4,9
	28	1	2,4
	29	1	2,4
	33	1	2,4

Fonte: Autores.

Tabela 2 – Dados acadêmicos dos estudantes.

Característica	Opções	Quantidade	%
Período no sistema acadêmico	5°	0	0
	6°	4	9,8
	7°	31	75,6
	8°	5	12,2
	9°	0	0
	10°	1	2,4
Reprovação prévia na disciplina	S	6	14,6
	N	35	85,4
Quantidade de disciplinas cursadas no período de ADNP*	1	1	2,4
	2	1	2,4
	3	6	14,6
	4	9	22,0
	5	12	29,3
	6	8	19,5
	> 6	4	9,8
Acesso a equipamentos tecnológicos no período de ADNP*	S	40	97,6
	N	1	2,4
Acesso à internet no período de ADNP*	S	39	95,1
	N	2	4,9

Fonte: Autores (2020).

Ainda que a maioria dos discentes fosse do sexo masculino, compondo 51,2% da turma, o número de discentes do sexo feminino foi similar, expressando um equilíbrio quanto a este fator. A média de idade dos participantes da disciplina foi de aproximadamente 24 anos, sendo que a maioria dos alunos, 12 (29,3%), possui 23 anos.

Todos os participantes se encontram na etapa final do curso, sendo 4 (9,8%) pertencentes ao 6° período, 5 (12,2%) pertencentes ao 8° período, 1 (2,4%) pertencente ao 10° período, e a grande maioria 31 indivíduos (75,6%) pertencentes ao 7° período, que é o período no qual a disciplina é ofertada regularmente dentro da grade curricular. Destaca-se que a Engenharia Química é um curso composto por 10 períodos (5 anos).

* ADNP é a sigla para Atividades Didáticas Não Presenciais.

Foi observada uma maioria, 35 (85,4%), de discentes que não haviam participado da disciplina em períodos anteriores. Houve uma variedade de respostas quanto a quantidade de disciplinas que os participantes estavam fazendo no modo remoto, sendo que a maioria, 12 (29,3%) cursavam 5 disciplinas, 9 (22,0%) cursavam 4 disciplinas, 8 (19,5%) cursavam 6 disciplinas, 6 (14,6%) cursavam 3 disciplinas, 4 (9,8%) cursavam mais que 6 disciplinas e 2 (4,8%) cursavam entre 1 e 2 disciplinas.

Um dos maiores pontos de atenção na implementação para o método remoto de ensino era que todos tivessem acesso aos equipamentos e internet para realizar as atividades, algo que foi bem-sucedido nesta disciplina, com 97,6% e 95,1%, respectivamente, de alunos possuindo acesso aos recursos.

Os estudos realizados por Marton et al. (1993) relatam que estudantes nos períodos iniciais de suas jornadas na universidade carregam consigo crenças pessoais sobre o processo de aprendizado, e conforme avançam, uma transformação advinda do amadurecimento resultante do contato com diferentes situações e métodos de aprendizado pode ocorrer.

Como observado por Mota e Rosa (2018), quando aplicadas, as metodologias ativas trazem consigo a necessidade de que o aluno demonstre a responsabilidade de gerir seu processo de aprendizagem. Nesse contexto, o fato de que 90,2% dos participantes da pesquisa se encontram nos 2 anos finais de sua graduação, tendo adquirido experiência e familiaridade com suas próprias formas de aprender, e que também possuem idade relativamente maior, reflete que a maturidade pode ter sido um dos fatores que mais influenciou a adaptabilidade por parte dos alunos perante o regime ADNP.

Marton et al. (1993), também discorrem sobre tipos diferentes de formas de estudo, separadas entre reprodução (aprendizado superficial) e transformação (aprendizado profundo), e o bom resultado na disciplina controle no modo ADNP e o modo como ela foi aplicada, colocando o estudante no papel de protagonista do processo de aprendizagem, com o professor como o mediador, pode ter relação com essas diferentes maneiras de estudo.

2) Descrever as metodologias e ferramentas utilizadas nesse período.

Barroso e Antunes (2015), citam o potencial de mídias e ferramentas digitais em apoiar as atividades de todas as esferas, professor, gestor e alunos, em tornar o ensino um processo colaborativo e horizontal, por meio da promoção da interatividade advinda de modelos não-convencionais de ensino, e também da flexibilidade de acesso a informação. Carneiro et al. (2020) discorrem sobre a forma de mediar o ensino pela tecnologia como uma maneira de incorporar novas habilidades e conhecimento aos alunos, algo possível pelas diferentes plataformas digitais.

Desta maneira, para compreender a efetividade da metodologia ativa de ensino e o efeito das ferramentas digitais como potencializadoras desta, é necessário avaliar a percepção dos alunos que foram os segundos (porém a maioria), sendo o professor o primeiro, maiores envolvidos em sua utilização.

A plataforma *Google Classroom* recebeu notas a partir de 3, sendo que 3 participantes (7,3%) deram nota 3, 9 (22%) participantes deram nota 4 e 29 (70,7%) participantes deram nota 5. Considerando que é a principal ferramenta sendo utilizada na aplicação de diversas disciplinas, a familiaridade e a facilidade no entendimento de seu funcionamento podem ser fatores que justifiquem a avaliação positiva.

Com relação à disponibilização das aulas síncronas através de gravações, 100% dos participantes considerou a gravação e disponibilização das aulas síncronas como um diferencial positivo para o acompanhamento da disciplina.

Segundo Bergmann e Sams (2012) a autonomia em gerenciar o tempo dedicado ao estudo e a ênfase nos assuntos de acordo com suas próprias dificuldades, tornam os vídeos digitais educativos, neste caso as aulas gravadas, um material com grande capacidade para potencializar o cenário de aprendizado do aluno e ser uma extensão da sala de aula, algo observado neste estudo de caso.

Outro fator positivo é a diminuição da pressão sentida pelo estudante, que tem sua velocidade de entendimento respeitada. A descoberta e possibilidade de implementação de seus próprios processos de assimilação oferecem aos alunos mais

uma vez o papel de protagonista, tornando mais fácil a busca ativa por conhecimentos complementares para suprir as falhas em seu entendimento, algo também potencializado pelo cenário da sala de aula online, algo que Jung et al. (2012) relacionam a natureza de maior interatividade e flexibilidade aos usuários da internet. Ainda, Gomez-Tejedor et al. (2020) relatam a importância de que os alunos tenham um tempo maior para absorver, questionar e discutir sobre as questões apresentadas.

Uma das propostas no desenvolvimento desta disciplina foi colocar o aluno como protagonista de seu aprendizado e o professor como um orientador e mediador dos conteúdos, consistindo em uma metodologia ativa, como descrito por Gomes et al. (2020). No proposto por Lima et al. (2021), a busca por metodologias que coloquem o participante em uma posição ativa em seu processo de aprendizagem, criando um maior contato com seu objeto de estudo, é uma necessidade inerente a sociedade contemporânea.

Neste contexto, considerando que a maior parte dos conteúdos produzidos pelos alunos foram publicados em um mural virtual público (*Padlet*), e que 39 dos participantes (95,1%) consideraram o *Padlet* uma proposta interessante para eternização dos conteúdos criados, observa-se a efetividade da metodologia proposta no atingimento nas necessidades de aprendizagem do aluno.

Dana (2020) e Gonçalves (2020) citam a proposição de atividades criativas como agente motivador aos alunos, tornando o ambiente mais desafiador e, conseqüentemente, gerando maior engajamento, algo essencial para disciplinas ministradas de maneira remota, e evidenciado pelas notas quanto a aceitação da utilização do *Padlet*., na qual foram aferidas notas a partir de 2, sendo que 3 participantes (7,3%) deram nota 2, 7 participantes (17,1%) deram nota 3, 13 participantes (31,7%) deram nota 4 e 18 (43,9%) deram nota 5.

Por ser a primeira vez que a maioria dos alunos teve contato com a metodologia de elaboração de conteúdos como forma de aprendizagem e avaliação, foram encontradas algumas dificuldades em comum nesse sentido, estas se encontram na Tabela 3.

Tabela 3 – Dificuldades enfrentadas pelos alunos ao elaborar conteúdos.

Dificuldade	Frequência*
Conhecimento de ferramentas para a elaboração do material	8
Sintetizar informações	7
Encontrar referências adequadas	6
Entendimento do tema do trabalho	6
Criatividade e <i>layout</i>	5
Desenvolvimento do conteúdo	5
Não encontraram dificuldades	4
Adaptação e funcionamento do <i>Padlet</i>	3
Falta de clareza nos tópicos a serem avaliados	2
Acesso a equipamentos	1
Falta de contato com o professor	1

Fonte: Autores.

O contato com aplicações reais dos conceitos aprendidos, a metodologia pessoal de compreensão utilizada para desenvolver o roteiro de exposição, e a organização, hierarquização e interligação entre conceitos, etapas necessárias para a realização das da elaboração dos materiais, se mostraram uma rota eficiente para que os alunos protagonizassem seus processos de construção do conhecimento, sendo o reconhecimento e análise crítica de suas dificuldades e como vencê-las, resultados das

* Múltiplas dificuldades foram enfrentadas por um mesmo indivíduo.

provoações inerentes as atividades propostas.

Nas imagens a seguir podem ser observadas a variedade nas formas de compreensão e exposição dos conhecimentos por parte dos alunos. A Figura 1 se refere a primeira parte da disciplina, onde foram adquiridos conhecimentos quanto a modelagem matemática utilizada nos sistemas de controle, e a Figura 2, a segunda parte onde foram explorados conceitos referentes a tipos e ações de controle.

Figura 1 – Material elaborado por um aluno sobre modelagem matemática de trocador de calor.

Trocador de calor casco-tubos
 Modelagem matemática realizada por: Andreia Esteves (2009) do processo de troca térmica para o fluido que escoa nos tubos do trocador de calor

Modelagem matemática

- Balanco global de energia - no volume de controle pelo conjunto dos tubos no trocador de calor referente:

$$\rho_c \bar{V}_c \frac{dT_c(t)}{dt} + \rho_c \bar{V}_c (T_c(t) - T_{c,i}(t)) + \dot{Q}_c(t) = \rho_c \bar{V}_c \frac{dT_c(t)}{dt}$$
- Fara o estado estacionário:

$$\rho_c \bar{V}_c \frac{dT_c(t)}{dt} + \rho_c \bar{V}_c (T_c(t) - T_{c,i}(t)) + \dot{Q}_c(t) = 0$$
- Subtraindo a eq. 2 da eq. em 1, tem-se:

$$\rho_c \bar{V}_c \frac{dT_c(t)}{dt} + \rho_c \bar{V}_c (T_c(t) - T_{c,i}(t)) + \dot{Q}_c(t) = \rho_c \bar{V}_c \frac{dT_c(t)}{dt}$$
- Derivando a eq. 3 por $\frac{dT_c(t)}{dt}$ e nomeando $\frac{dT_c(t)}{dt}$ de T' :

$$\rho_c \bar{V}_c T' + \rho_c \bar{V}_c (T_c(t) - T_{c,i}(t)) + \dot{Q}_c(t) = \rho_c \bar{V}_c T'$$
- Assumindo que $\dot{Q}_c(t) = 0$:

$$\rho_c \bar{V}_c T' + \rho_c \bar{V}_c (T_c(t) - T_{c,i}(t)) = \rho_c \bar{V}_c T'$$
- Aplicando a transformada de Laplace e integrando:

$$\frac{T'_c(s)}{T'_{c,i}(s)} = \frac{1}{(T_c s + 1)}$$

Função de transferência
 Esta função de transferência relaciona a variação na temperatura do fluido de saída no casco com a variação de temperatura aplicado ao fluido na entrada.

Motivo
 Trocadores de calor são equipamentos utilizados para troca térmica entre substâncias que se encontram em temperaturas diferentes. Esta é uma aplicação para a modelagem matemática desenvolvida por Esteves (2009). Neste trabalho, o modelo é desenvolvido em um estado de equilíbrio estacionário, o que implica a influência da temperatura do sistema. O modelo é desenvolvido em um estado de equilíbrio estacionário, o que implica a influência da temperatura do sistema. O modelo é desenvolvido em um estado de equilíbrio estacionário, o que implica a influência da temperatura do sistema.

Desenho esquemático
 Diagrama de blocos

ESTEVES, A.C. Desenvolvimento de modelo matemático de trocador de calor tipo casco-tubos. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Escola de Engenharia Mauel de Lacerda, Universidade do Instituto Mauel de Tecnologia, São Carlos, SP, 2009.

Fonte: Elaborada pelos alunos da disciplina (2020).

Figura 2 – Material elaborado por um aluno sobre controladores PID.

Atividade 4 - Otimização computacional de processos utilizando controle PID
 seleção de Controladores PID - utilizando Algoritmos RZW and PSO

Embora os controladores PID são capazes de fornecer um desempenho satisfatório em muitas tarefas de controle de processos, um dos grandes desafios resta ainda a o ajuste adequado do controlador a fim de produzir uma resposta satisfatória.

Metodologia do algoritmo
 Método PSO: Enxame de partícula

É baseado em uma estratégia biológica no uso de passadas e movimentos de cardumes de peixe em busca de alimentos, onde permite a otimização de uma função objetivo. Segundo Lopes, a técnica consiste a inteligência coletiva como uma forma de melhor busca de solução por meio da interação entre seus indivíduos, ao contrário de um único agente totalmente isolado.

Método RZW /Random restricted window

busca a melhor solução em uma janela com uma população de possíveis soluções e adapta-se a região de melhor solução fazendo um refinamento dos resultados.

Diagrama de bloco com controlador PID otimizado

Comparativo dos resultados de sintonia

Dado o processo com seguinte função de transferência em malha fechada:

$$G(s) = \frac{6}{s^2 + 4s + 1}$$

Elaboração a sintonia e determinando os parâmetros K_p , T_d , T_i .

Método	K_p	T_d	T_i
PSO	6.7372	0.8530	0.9673
RZW	2.4430	1.1896	1.1263

Comparação de Sintonia de PID entre RZW e PSO - Teste 1

Comparação de Sintonia de PID entre RZW e PSO

Fonte: Elaborada pelos alunos da disciplina (2020).

Com relação ao sistema de avaliação adotado nesse período de ensino remoto emergencial na disciplina de controle de processos e instrumentação, a metodologia de avaliação empregada na disciplina recebeu grande aprovação, observada nas notas aferidas pelos alunos, que começaram a partir de 4, sendo que 5 participantes (12,2%) deram nota 4, e 36 participantes (87,8%) deram nota 5.

A distribuição das notas foi justa aos olhos da maioria dos alunos, já que a nota das provas tinha o menor peso, e que o nervosismo até no ensino remoto pode interferir na nota das provas, sendo os trabalhos uma forma mais justa de avaliar o conhecimento do aluno nesse momento.

3) Analisar reflexivamente a impressão dos alunos sobre o conhecimento adquirido nesse momento.

Ainda em avaliações realizadas por Marton e Säljö (1997), a forma de abordagem com que uma disciplina é aplicada é a mesma que utilizam no tempo em que se dedicam aos afazeres acadêmicos, relevando a importância da percepção dos estudantes quanto as formas de avaliação a que estão expostos.

A análise dos dados obtidos em relação a percepção dos sujeitos foi dividida em alguns tópicos: a) o rendimento de seus estudos; b) na influência de conhecimentos teóricos e empíricos prévios quanto aos tópicos tratados na disciplina no processo de aprendizagem, c) na autonomia no processo de aprendizagem, e d) sobre a interiorização dos conteúdos. Nesses tópicos os resultados obtidos foram:

a) Rendimento acadêmico

A percepção dos alunos em relação a seus rendimentos foi avaliada por três perguntas. A primeira buscava verificar se eles enxergavam alguma diferença no rendimento em relação ao regime presencial e o regime ADNP, aonde a maioria dos participantes, 30 (73,2%), acredita que não conseguiria ter o mesmo rendimento na turma se estivessem cursando-a presencialmente.

A segunda pergunta buscava compreender como eles acreditavam que seria o rendimento se ele fosse diferente no modo presencial. 15 (36,6%) acreditam que teria um rendimento melhor, 13 (31,7%) acreditam que seu rendimento seria igual, e também 13 (31,7%) acreditam que seu rendimento seria pior.

E, por fim, a terceira foi em relação a satisfação com os conteúdos aplicados, se em suas percepções ele foi suficiente. Em ordem decrescente de frequência, 25 participantes (61,0%) deu nota 4, 7 participantes (17,15%) deram nota 3, 5 participantes (12,2%) deram nota 5 e 4 participantes (9,8%) deram nota 2. As notas dadas a partir de 2 demonstram que nenhum aluno considerou os conhecimentos adquiridos totalmente insuficientes.

b) Influência de conhecimentos teóricos e empíricos prévios quanto aos tópicos tratados na disciplina no processo de aprendizagem

Quanto a conhecimentos teóricos, 26 participantes (63,4%) revelou não possuir nenhum, 9 participantes (22,0%) consideraram ter parcialmente, e 6 participantes (14,6%) revelou ter conhecimento prévio.

Quanto a conhecimentos práticos, 30 participantes (73,2%) revelaram não possuir nenhum, 7 participantes (17,1%) consideraram ter parcialmente, e 4 participantes (9,8%) revelaram possuir conhecimento prévio.

Os que revelaram conhecimentos teóricos prévios com a disciplina pode ter relação com os 6 participantes que já haviam participado da disciplina e reprovado, mas o mesmo resultado não é observado quanto a conhecimentos práticos, mostrando que até mesmo fora do modo remoto eram enfrentadas dificuldades com a aplicação prática dos conhecimentos teóricos, reforçando assim a necessidade das instituições de ensino se reinventarem e desenvolverem metodologias ágeis e ativas capazes de engajar seus estudantes a fim de vivenciarem o melhor que cada disciplina oferece e entenderem como àquela teoria será outrora aplicada numa prática corporativa industrial.

c) Autonomia no processo de aprendizagem

Na avaliação da aptidão para buscar conteúdos relacionados com os tópicos discutidos na disciplina de forma autônoma, em ordem decrescente de frequência, 17 participantes (41,5%) deram nota 5, 16 participantes (39%) deram nota 4, 5 participantes (12,2%) deram nota 3, 2 participantes (4,9%) deram nota 2, e apenas 1 participante (2,4%) deu nota 1.

d) Interiorização de conteúdos

Na avaliação da aptidão para trabalharem com tópicos relacionados a disciplina, em ordem decrescente de frequência, 16 participantes (39,0%) deram nota 3, 13 participantes (31,7%) deram nota 4, 8 participantes (19,5%) deram nota 2, 3 participantes (7,3%) deram nota 1, e 1 participante (2,4%) deu nota 5.

A maioria dos participantes, 21 (51,2%), já havia tido contato com a simulação de processos em outros momentos do curso, e todos os participantes consideraram a influência de atividades práticas com softwares de simulação aplicados aos processos reais que foram abordados de maneira teórica na disciplina, pois as notas foram dadas a partir de 2. 22 participantes (53,7%) deram nota 5, 10 participantes (24,4%) deram nota 4, 7 participantes (17,7%) deram nota 3, e 2 participantes (4,9%) deram nota 2.

Os resultados demonstram que a maioria dos alunos se considera parcialmente apto para utilizar os conhecimentos adquiridos, sendo a aplicação prática de conhecimentos o tópico no qual ainda há certa insegurança, algo expresso por suas opiniões em relação impacto da utilização de simulação de processos para a compreensão de conteúdo, um fenômeno que já pode ter sido observado em outros momentos, já que a maioria já teve contato com as ferramentas mais comumente utilizadas.

4) Descrever os pontos positivos e negativos da disciplina ofertada na modalidade remota emergencial quando comparada a modalidade presencial.

Os aspectos positivos da disciplina ministrada de forma remota estão quantificados na Tabela 4.

Tabela 4 – Aspectos positivos observados pelos alunos.

Dificuldade	Frequência*
Disponibilidade da gravação das aulas síncronas	26
Material didático e metodologias de aula	16
Método de avaliação	16
Didática e disponibilidade do professor	15
Autonomia no método e horário de estudo	8

Fonte: Autores (2020).

O principal aspecto positivo da disciplina foi a disponibilização da gravação das aulas síncronas, e a autonomia no método e horário de estudo foi o menos citado entre os alunos.

É relevante apresentar a frequência de alguns pontos negativos foram citados em relação a dificuldade em se adaptar a disciplina no modo online, em grande parte pela interferência de fatores externos durante a aula, como distrações e problemas com a conexão.

As oportunidades de melhoria da disciplina ministrada de forma remota estão explicitadas na Tabela 5.

* Múltiplas dificuldades foram enfrentadas por um mesmo indivíduo.

Tabela 5 – Oportunidades de melhoria observadas pelos alunos.

Dificuldade	Frequência*
Utilização de softwares de simulação e outras aplicações práticas	11
Aplicação de listas de exercícios de fixação	11
Nenhum	11
Mais materiais disponibilizados antes da aula	3
Propor dinâmicas que promovam maior interação com o professor e os outros alunos	2
Clareza nos fatores de avaliação	2
Melhor estruturação da disciplina	1
Maior número de trabalhos	1
Duração dos encontros síncronos e da disciplina	1
Não sabem	1

Fonte: Autores (2020).

Os pontos de melhoria mais citados foram a utilização de *softwares* de simulação e outras aplicações práticas, e também a aplicação de listas de exercícios de fixação. A necessidade das listas para entendimento, mas não a busca autônoma por esse material, mostra resquícios do método tradicional de ensino onde o professor é quem guia o aluno ao entendimento.

Ao mesmo tempo, junto a necessidade de mais aplicações práticas como em simulações, mostra que essa disciplina pode ser trabalhada interdisciplinarmente com disciplinas simulativas, como é o caso de análise e simulação de processos, também presente na grade curricular do sétimo período de Engenharia Química da UTFPR de Ponta Grossa. Ainda, como descrito por Penner et al. (2020), a importância da incorporação de aplicações práticas também reside nas necessidades inerentes aos estilos de aprendizagem de cada aluno, sendo um fator crucial para alguns deles.

4. Considerações Finais

Os objetivos desse trabalho foram atingidos e os resultados nos mostram o perfil da turma matriculada nessa disciplina nesse período e chama atenção para alguns pontos interessantes, como por exemplo o equilíbrio entre gêneros na disciplina e a imensa maioria dos matriculados estarem no período curricular coerente com a disciplina, período qual ela é ofertada. Ainda sobre as análises primárias realizadas pelos autores, foi constatado que a maioria dos alunos possuía acesso aos equipamentos e a internet necessários para o desenvolvimento da disciplina, fator esse decisivo na implementação de uma metodologia remota em uma instituição pública. É necessário que os alunos tenham acesso ao ensino para que possam aproveitá-lo. Somados, esses fatores atribuíram aos alunos adaptabilidade ao regime ADNP, o que foi fundamental para a execução da metodologia apresentada.

Quanto as metodologias e ferramentas utilizadas nesse período foi visto que a seleção das ferramentas para a disciplina em sua modalidade remota foi eficaz e aceita, pois tanto o *Google Classroom* quanto o Padlet foram bem recebidos pelos alunos, isso pode ser justificado pela facilidade do uso dessas ferramentas, qualidade dos trabalhos desenvolvidos e familiaridade dos alunos com ferramentas digitais.

Sobre uma perspectiva reflexiva daquilo que foi adquirido nesse momento pelos alunos, constatou-se que o conhecimento adquirido pelos foi suficiente e que estes em sua maioria se consideram parcialmente aptos para a utilização do conhecimento obtido na disciplina em momentos de práticas corporativas. Contudo, é importante destacar que eles sentem falta do conhecimento prático em Controle de Processos e Instrumentação, esse conhecimento está fora do ementário dessa disciplina e faz parte de uma disciplina posterior na grade curricular do curso de Engenharia Química em análise, mas percebe-se nesse

ponto uma deficiência e uma oportunidade de se trabalhar os conteúdos teóricos desenvolvidos assimilando-os à simulações e desenvolvimento de projetos para que se veja a prática de maneira introdutória já em Controle de Processos e Instrumentação, como apontado pelos alunos, seria de grande valia a inclusão de ferramentas ou softwares capazes de agregar também conhecimento prático de Controle de Processos e Instrumentação já nessa disciplina.

Em linhas gerais, diante das análises dos resultados anteriormente apresentados, pode-se concluir que a metodologia foi efetiva para os alunos nesse momento de ensino remoto emergencial, pois foi capaz de atribuir ferramentas para o desenvolvimento de conhecimento teórico nesse regime de ensino. Como pontos positivos pode-se destacar o uso da disciplina virtual e de ferramentas como o *Padlet* para eternizar conteúdos gerados pelos alunos e a sua disseminação nas redes, agregando para que toda a lacuna de conhecimento e materiais didáticos sobre temas tangentes seja amenizada, e também a gravação dos momentos síncronos em turma que permitia uma revisão dos conteúdos, uma rotina personalizada de estudos e não prejudicava outrem por variações no sinal de rede de internet.

Por fim, frente às discussões realizadas através dos resultados obtidos por este trabalho, percebe-se a importância de prosseguir com pesquisas nesse mesmo diapasão. Como sugestão para trabalhos futuros, sugere-se complementar essas análises com desenvolvimento de índices métricos que permitam qualificar e mensurar o impacto da metodologia de ensino ativa na assimilação de conhecimentos referentes a disciplina de Controle de Processos e Instrumentação, ou então em outras disciplinas de cursos de graduação, por meio de projetos interdisciplinares práticos, e concomitantemente, aprofundar-se nas análises relacionadas ao impacto da utilização da elaboração de materiais didáticos como ferramenta de ensino e aprendizagem e aplicação dos conceitos de engenharia à situações reais, não limitando-se apenas aos mapas conceituais.

Referências

- Barroso, F., & Antunes, M. (2015). *Tecnologia na educação: ferramentas digitais facilitadoras na prática docente*. *Revista eletrônica do Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Avaliação da Educação Pública*, Juiz de Fora, 5(1).
- Bergmann, J., & Sams, A. (2010). *Flip your Classroom: reach every student in every class every day*. Washington: International, Society for Technology in Education.
- Cardoso, V. (2014). *Ensino e aprendizagem de álgebra linear: uma discussão acerca de aulas tradicionais, reversas e de vídeos digitais*. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Carmo, R. O. S., & Franco, A. P. (2019). *Da docência presencial à docência online: aprendizes de professores universitários na educação a distância*. *Educação em Revista*, 35, e210399.
- Carneiro, L. de A., Rodrigues, W., França, G., & Prata, D. N. (2020). *Use of technologies in Brazilian public higher education in times of pandemic COVID-19*. *Research, Society and Development*, 9(8), e267985485. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5485>
- Cremsco, M. A. (2015) *Vale a pena estudar Engenharia Química*. (3a ed.), Bucher.
- Dana, R. (2020). *Creative Methodologies in Teaching English for Engineering students*. 13th International Conference Interdisciplinarity in Engineering (INTER-ENG 2019). *Procedia Manufacturing*, 46, 337 – 343.
- Freitas, A. L. P., & Rodrigues, S. G. A. (2005). *Avaliação da confiabilidade de questionário: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach*. In: *SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 12, 2005, 07-09 nov, Bauru-SP. Anais eletrônicos... Bauru-SP: UNESP.
- Gomes, H. S., Sitko, C. M., Oliveira Sá, S., & Costa-Lobo, C. (2020). *Metodologias ativas na educação presentes na prática pedagógica em uma escola estadual de ensino médio na modalidade de ensino integral na cidade de Marabá-PA*. *FINOM*. 27.
- Gomez-Tejedor, J. A., Vidaurre, A., Tort-Ausina, I., Molina-Mateo, J., Serrano, M-A., Meseguer-Duenas, J. M., Sala, R. M. M., Quiles, S., & Riera, J. (2020). *Effectiveness of flip teaching on engineering students' performance in the physics lab*. *Computers & Education*, 144 (2020) 103708.
- Gonçalves, L. M., Oliveira, A. M., & Ferreira, A. G. (2020). *The use of active methodologies in teaching for engineering students at a public university, in times of remote activities*. *Research, Society and Development*, 9(10), e8819109131. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.9131>
- Hodges, C. et al. (2020, March 27). *The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning*. *Educause Review*.
- Jung, J.-Y., Lin, W.-Y., & Kim, Y.-C. (2012). *The dynamic relationship between East Asian Adolescents' use of the internet and their use of other media*. *New Media & Society*.

- Kwong, W. H. (2013). *Introdução ao controle de processos e à instrumentação usando Scicos*. EdUFSCar.
- Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes*. *Archives of psychology*, 22(40), 5-55.
- Lima, V. R. et al. (2021). *Metodologias ativas de ensino e aprendizagem: sala de aula invertida, instrução por colegas e júri simulado no ensino de Matemática*. *Research, Society and Development*, 10(5), e2810514507. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14507>.
- Marton, F., Dall'alba, G., & Beaty, E. (1993). *Conceptions of learning*. *International Journal of Educational Research*, 19(3), 277- 300.
- Marton, F., Hounsell, D., & Entwistle, N. (1997). *The Experience of learning: implications for teaching and studying in higher education*. Edinburgh: Scottish Academic Press, p. 39–59.
- Mota, A. R., & da Rosa Cleci T. W. (2018). *Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas*. *Espaço Pedagógico Passo Fundo*, 25(2), 261 -76.
- Ogata, K. (2010). *Engenharia de controle moderno*. Pearson Prentice Hall. (5a ed.).
- Penner, G. C., Almeida, H. da S., & Mendonça, N. M. (2020). *Learning styles identification and analysis to improve teaching in an engineering subject*. *Research, Society and Development*, 9(10), e2549108446. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8446>.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM.
- Silva, A. V. et al. (2018). *Uma Breve História da Engenharia Química*. *Revista Processos Químicos*, 12(24), 19-24.
- Smith, C. S., & Corripio, A. B. (2008). *Princípios e prática do controle automático de processos*. LTC. (3a ed.),
- Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical process control: an introduction to theory and practice*. Prentice Hall.
- Varnava-Marouchou, D. (2012). *Can students' concept of learning influence their learning outcomes?* *Higher Learning Research Communications*, 2(2), 18-33.