

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ IGNÁCIO RIBEIRO MARTINS DE SOUZA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ABORDAGENS
AUDIOVISUAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL**

Porto Alegre

2019

JOSÉ IGNÁCIO RIBEIRO MARTINS DE SOUZA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ABORDAGENS
AUDIOVISUAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. João Ricardo Masuero

Porto Alegre

2019

JOSÉ IGNÁCIO RIBEIRO MARTINS DE SOUZA

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES ABORDAGENS
AUDIOVISUAIS NO ENSINO DE ENGENHARIA CIVIL**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Ricardo Masuero

Doutor em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof. Dr. Ruy Carlos Ramos de Menezes

Doutor em Engenharia pela Universidade de Innsbruck
Relator

Prof. Dra. Paula Manica Lazzari

Doutora em Engenharia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. Alberto Bastos do Canto Filho

Doutor em Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do
Sul

Dedicatória

Dedico o presente trabalho a todos os professores que já tive, e a todos que terei, que dia a dia, de forma empírica ou não, buscam se desafiar e se aprimorar com a única motivação de formar melhores cidadãos. Em especial, dedico à minha vó Gisleine, que me ensinou a ter paciência, à minha mãe Beatrice, que me ensinou a linguagem, em todas as formas, à minha irmã Maria, que tentou, sem sucesso, me ensinar frações – problema, hoje, já resolvido – e a toda minha família, que me ensinou pensamento crítico, e que pensamento crítico nunca deve vir dissociado de empatia.

Agradecimentos

Agradeço às pessoas que indiretamente, e provavelmente inconscientemente, contribuíram para que esse trabalho acontecesse: aos divulgadores científicos que moldaram minha forma de pensamento e linguagem, nominalmente Carl Sagan, Neil deGrasse Tyson, Derek Muller, Átila (biólogo, pesquisador), Pirula e o perfil @startupdareal (*nullius in verba*); e às demais referências, cujo trabalho e conhecimento sustenta o trabalho e conhecimento desenvolvidos.

Agradeço também aos que diretamente possibilitaram que esse trabalho exista: ao meu orientador, professor Masuero, que por dois anos ajudou a dar significado a toda a literatura pesquisada; ao professor Ruy Menezes, relator e um dos primeiros a incentivar o tema; aos professores Alexandre Braun e Paula Manica, que disponibilizaram suas turmas para o experimento; aos demais professores do departamento de Engenharia Civil, que inspiraram o tema de pesquisa e aos quais cabe a missão de mantê-lo em debate; à colega e amiga Sibeli, que me auxiliou na execução dos testes; à colega e amiga Ana Flávia, que me incentivou a transformar esse trabalho em um artigo; aos demais colegas de Universidade que, pelo simples interesse no tema, me incentivavam a seguir pesquisando; à Alline e demais Sementers, cuja cultura permitiu significar e aplicar o conhecimento construído nesse trabalho; e aos colegas de EJE Civ e MEJ, especialmente ao Eduardo e ao Lucas, que me possibilitaram ver além da Engenharia.

Agradeço, por fim, àquelas que deram suporte e estrutura durante toda a minha vida: minha vó Gisleine, minha mãe Beatrice, minha irmã Maria e meu amor Vitória.

*“Não confunda diploma
com vivência e visão.”
Emicida*

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a eficácia de diferentes modalidades – videoaula e aula presencial – no ensino de conteúdos de análise estrutural em engenharia. A Teoria do Processo Dual, o Ciclo de Kolb, a Teoria da Carga Cognitiva e os Princípios do Ensino Multimídia de Mayer, além de cursos clássicos sobre Análise Estrutural, embasaram o desenho de duas abordagens diferentes sobre o conceito de cálculo de Solicitações ou Esforços Internos em estruturas formadas por barras, cada uma dando origem a uma aula de duração aproximada de 30 minutos ministradas para duas turmas de estudantes de graduação de Engenharia Civil, para os quais o conteúdo era inédito. As duas abordagens foram apresentadas em três diferentes modalidades, videoaulas, aulas presenciais e uma modalidade híbrida, na qual os alunos assistiam ambas, totalizando, assim, seis grupos de teste. Ao final, todos os alunos respondiam um questionário para validação do conhecimento e percepção sobre a experiência de aprendizagem. As abordagens não apresentaram diferença significativa entre o resultado dos estudantes, já entre as modalidades, ensino por videoaulas exclusivamente e ensino por aulas presenciais exclusivamente não apresentaram diferenças significativas entre si. O ensino híbrido, por outro lado, apresentou resultados significativamente melhores do que as outras modalidades, em ambas as abordagens utilizadas. Os alunos que acertaram, via de regra, estavam mais atentos, mais confiantes, e perceberam o exercício como mais difícil que seus pares de outras modalidades.

Palavras-chave: Ciclo de Kolb. Aprendizagem. Aprendizagem multimídia. Ensino de engenharia. Ensino à distância.

ABSTRACT

The present work aims to analyze the effectiveness of different Modalities – video class and face-to-face class – in the teaching of contents of structural analysis in engineering. The Dual Process Theory, the Kolb Cycle, the Cognitive Load Theory and the Principles of Mayer's Multimedia Teaching, in addition to classic courses on Structural Analysis, based the design of two different Approaches on the concept of calculating Requests or Internal Efforts in structures formed by bars, each one giving rise to a class of approximately 30 minutes taught to two classes of undergraduate students of Civil Engineering, for which the content was unprecedented. The two approaches were presented in three different modalities, video classes, face-to-face classes and a hybrid modality, in which the students attended both, thus totaling six test groups. At the end, all students answered a questionnaire to validate their knowledge and perception of the learning experience. The approaches did not present significant differences between the students' results, and between the modalities, teaching by video classes exclusively and teaching by face-to-face classes exclusively did not present significant differences between them. The hybrid teaching, on the other hand, presented significantly better results than the other modalities, in both approaches used. The students who got it right, as a rule, were more attentive, more confident, and perceived the exercise as more difficult than their peers in other modalities.

Keywords: Kolb's Cycle. Learning. Multimedia Learning. Engineering Teaching. E-learning.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – exemplo de associação do Sistema 1 | 25 |
| Figura 2 – exemplo de associação incorreta do Sistema 1 | 26 |
| Figura 3 – Abordagem Contemporânea, vídeo 1, tela 1 | 55 |
| Figura 4 – Abordagem Contemporânea, vídeo 1, tela 2 | 56 |
| Figura 5 – Abordagem Contemporânea, vídeo 1, tela 3 | 56 |
| Figura 6 – Abordagem Contemporânea, vídeo 2, tela 1 | 57 |
| Figura 7 – Abordagem Contemporânea, vídeo 2, tela 2 | 57 |
| Figura 8 – Abordagem Contemporânea, vídeo 3, tela 1 | 58 |
| Figura 9 – Abordagem Contemporânea, vídeo 3, tela 2 | 58 |
| Figura 10 – Abordagem Contemporânea, vídeo 3, tela 3 | 59 |
| Figura 11 – Abordagem Clássica, vídeo 1, tela 1 | 60 |
| Figura 12 – Abordagem Clássica, vídeo 1, tela 2 | 60 |
| Figura 13 – Abordagem Clássica, vídeo 2, tela 1 | 61 |
| Figura 14 – Abordagem Clássica, vídeo 2, tela 2 | 61 |
| Figura 15 – Abordagem Clássica, vídeo 3, tela 1 | 62 |
| Figura 16 – Abordagem Clássica, vídeo 3, tela 2 | 62 |
| Figura 17 – Exercício aplicado para validação do conhecimento | 66 |
| Figura 18 – Resolução do exercício proposto..... | 67 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – O Ciclo de Kolb | 31 |
| Quadro 2 – Ciclos parciais | 32 |
| Quadro 3 – Ferramentas de maior impacto positivos sobre o aprendizado | 41 |
| Quadro 4 – Comparativo entre as modalidades | 47 |
| Quadro 5 – Número de alunos por experiência | 65 |
| Quadro 6 – Assiduidade dos alunos na Abordagem Contemporânea | 65 |
| Quadro 7 – Assiduidade dos alunos na Abordagem Clássica | 65 |
| Quadro 8 – Contagem de notas, exercício de esforço cortante | 68 |
| Quadro 9 – Contagem de notas, exercício de momento fletor | 69 |
| Quadro 10 – Contagem de notas, média dos dois exercícios | 69 |
| Quadro 11 – Comparação entre os exercícios e a média | 69 |
| Quadro 12 – Percepção de nível de atenção | 70 |
| Quadro 13 – Percepção de nível de confiança | 70 |
| Quadro 14 – Percepção de nível de dificuldade | 71 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 A IMPORTÂNCIA DE UMA ABORDAGEM CIENTÍFICA SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM: CONTEXTUALIZAÇÃO, OBJETIVOS E ESCOPO DO TRABALHO | 12 |
| 1.1 O CONTEXTO DA EDUCAÇÃO NO SÉCULO XXI | 12 |
| 1.2 A EDUCAÇÃO NA ERA DA INFORMAÇÃO | 13 |
| 1.3 OS DESAFIOS DO ENSINO DE ENGENHARIA | 15 |
| 1.4 OBJETIVOS DO TRABALHO | 16 |
| 1.5 ESCOPO DO TRABALHO | 17 |
| 2 UM PASSO ATRÁS – O PORQUÊ DA EDUCAÇÃO SUPERIOR EM ENGENHARIA | 18 |
| 2.1 O PROPÓSITO DA EDUCAÇÃO | 18 |
| 2.2 NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES DOS CURSOS DE ENGENHARIA | 20 |
| 3 O DESAFIO DE UMA EDUCAÇÃO MAIS CIENTÍFICA | 23 |
| 3.1 A RELAÇÃO DA PEDAGOGIA E NEUROCIÊNCIA | 23 |
| 3.2 PSICOLOGIA COGNITIVA – DUAS FORMAS DE PENSAR | 23 |
| 3.3 CICLO DE KOLB – UM MODELO DE CRIAÇÃO DE AMBIENTES DE APRENDIZADO | 29 |
| 3.4 MOTIVAÇÃO, CARGA COGNITIVA, E A DIFICULDADE DE CONTROLAR ESTA VARIÁVEL | 36 |
| 3.5 OS PRINCÍPIOS DO ENSINO MULTIMÍDIA | 38 |
| 4 ESTUDOS DE CASOS | 41 |
| 4.1 KIT DE FERRAMENTAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION (EEF) | 41 |
| 4.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AULA PRESENCIAL E VÍDEOAULA | 47 |
| 5 VIDEOAULA, AULA PRESENCIAL E ENSINO HÍBRIDO: COMPARATIVO QUANTO À EFICIÊNCIA | 52 |
| 5.1 A AMOSTRAGEM: O DESAFIO DE ISOLAR VARIÁVEIS EM CONTEXTOS COMPLEXOS | 52 |
| 5.2 AS ABORDAGENS: CLÁSSICA E CONTEMPORÂNEA | 54 |
| 5.2.1 Abordagem Contemporânea | 54 |
| 5.2.2 Abordagem Clássica | 59 |
| 5.3 AS MODALIDADES: COMO DISPONIBILIZAR O CONTEÚDO | 63 |

| | |
|--|-----------|
| 5.4 AS EXPERIÊNCIAS: A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO | 64 |
| 5.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS: EXERCÍCIO DE VALIDAÇÃO DO CONHECIMENTO E QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO | 64 |
| 6 CONHECIMENTO CONSTRUÍDO – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS | 73 |
| 6.1 A BASE CONCEITUAL SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM | 73 |
| 6.2 O EXPERIMENTO REALIZADO E SEUS RESULTADOS | 74 |
| 6.3 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS | 75 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 77 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES | 81 |

1 A IMPORTÂNCIA DE UMA ABORDAGEM CIENTÍFICA SOBRE O ENSINO E APRENDIZAGEM: CONTEXTUALIZAÇÃO, OBJETIVOS E ESCOPO DO TRABALHO

1.1 O CONTEXTO DA EDUCAÇÃO NO SÉCULO XXI

A revolução digital e o crescente, rápido e fácil acesso à informação decorrente têm impactado nossa percepção sobre a informação e, principalmente, a forma com que lidamos com ela e uns com os outros. Nesse contexto, constantemente se está tentando moldar o ambiente de ensino-aprendizado para que este se adapte a essa nova realidade.

Cada vez mais a curadoria por uma informação de qualidade e em formato adequado aos fins que se propõe tem se mostrado ser valiosa, em comparação à simples disponibilização ou apresentação da informação sem maiores cuidados.

Mais relevante que isso é que há poucas décadas a compilação, organização e transmissão da informação, ainda que muitas vezes mal feita, se tornou comum, e nas universidades – que nascem justamente com o objetivo de criar, preservar e difundir informação e conhecimento – começou a surgir a necessidade de uma ressignificação de todo o modelo acadêmico.

O papel do professor, num ambiente de aprendizado que almeja ser efetivo, deve contemplar a enorme disponibilidade de informação com facilidade de acesso em praticamente qualquer lugar através de dispositivos conectados à internet, e das alterações decorrentes disso sobre os hábitos de estudos de seus alunos.

Quando se fala mais especificamente em divulgação multimídia online de conteúdos acadêmicos várias vantagens podem ser elencadas, como o aumento na escala da abrangência espacial e temporal, a personalização e a customização da aprendizagem e, num âmbito mais profundo, inclusive a democratização da educação.

Entretanto, esse processo de transferência entre uma modalidade tradicional e uma modalidade nova, caso seja feito sem o devido estudo, pode, num cenário otimista ser ineficaz, não alcançando as vantagens citadas anteriormente, e num cenário mais pessimista, até mesmo se traduzir em desperdício de recursos por parte das instituições e prejuízos ao aprendizado dos alunos.

1.2 A EDUCAÇÃO NA ERA DA INFORMAÇÃO

A educação é, se não o mais importante, certamente um dos mais importantes pilares sobre o qual a nossa sociedade está construída e é muitas vezes vista como o único veículo capaz de tracionar o nosso desenvolvimento futuro. (NAÇÕES UNIDAS, 1948). A Constituição Federal Brasileira de 1988 (BRASIL, 1988) no seu artigo sexto¹ a classifica como um direito social, e a Declaração dos Direitos Humanos, nos artigos 23² e 26³, dá ao trabalho e à instrução também a classificação de direito.

É notável, inclusive, a evolução e o desenvolvimento da própria educação e dos processos de ensino e aprendizagem ao longo do tempo, desde os primeiros esforços para se organizar e compilar informação por meio de bibliotecas, passando pela proposta de reunir seletos grupos de intelectuais em ambientes acadêmicos para preservar, criar e propagar conhecimento, até a massificação do ensino devido às demandas da Revolução Industrial.

Essa constante iteração e interação entre o ambiente social e os processos educacionais são sintetizadas por AOUN (2017, p. xvii, livre tradução) “nós educamos as pessoas nos temas os quais a sociedade considera ter valor”⁴.

Tal afirmação tem duas dimensões possíveis, sendo estas não excludentes. A primeira é de que somente os temas considerados de valor pela sociedade são incluídos no processo educacional. A segunda é de que a educação deve ter como uma de suas principais diretrizes trazer valor para a sociedade. Ainda assim, o papel

¹ Art. 6º: São direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados, na forma desta Constituição.

² Artigo 23: 1. Todo ser humano tem direito ao trabalho, à livre escolha de emprego, a condições justas e favoráveis de trabalho e à proteção contra o desemprego.

³ Artigo 26: 1. Todo ser humano tem direito à instrução. A instrução será gratuita, pelo menos nos graus elementares e fundamentais. A instrução elementar será obrigatória. A instrução técnico-profissional será acessível a todos, bem como a instrução superior, está baseada no mérito. 2. A instrução será orientada no sentido do pleno desenvolvimento da personalidade humana e do fortalecimento do respeito pelos direitos do ser humano e pelas liberdades fundamentais. A instrução promoverá a compreensão, a tolerância e a amizade entre todas as nações e grupos raciais ou religiosos e coadjuvará as atividades das Nações Unidas em prol da manutenção da paz. 3. Os pais têm prioridade de direito na escolha do gênero de instrução que será ministrada a seus filhos.

⁴ “We educate people in the subjects that society deems valuable.”

disruptivo e vanguardista que a educação e, principalmente, a academia exercem é essencial, transformando a própria noção de valor da sociedade em que se insere.

Paralelo a isso, nota-se um expressivo aumento na velocidade e rapidez com que as demandas sociais se alteram e evoluem, o que pressiona as soluções ofertadas a serem desenvolvidas de forma igualmente rápida e veloz. Em vários campos do conhecimento esse desenvolvimento foi eficaz em acompanhar o desenvolvimento de novas demandas com inovações disruptivas que revolucionaram o jeito com que nós produzimos nossos bens e serviços de consumo, nos comunicamos, locomovemos e cuidamos da nossa saúde.

Desde o início dessa revolução na tecnologia da informação, a promessa de que alcançaria as salas de aula e mudaria completamente o jeito com que aprendemos sempre esteve presente, mas nunca se cumpriu. (MULLER, 2019). Via de regra, o ensino ainda é oferecido presencialmente, em grandes grupos e por um tutor que concentra todo o fluxo de conhecimento.

Segundo Muller, isso acontece principalmente devido ao foco de desenvolvimento e pesquisa ser em descobrir uma tecnologia que se mostre um meio de transmissão mais eficiente do que o atual. Segundo ele, nenhum meio, seja filmes, transmissões de rádio, televisão, computadores ou a internet se mostrou superior às outras, pois deve-se buscar como usar a tecnologia, seja qual for, para promover, no estudante, processos mentais que levem ao aprendizado. O desafio, portanto, é entender os estímulos necessários para incentivar esses processos mentais.

Aoun (2017, p. 73, livre tradução) corrobora esse pensamento dizendo que “se o objetivo do ensino superior é simplesmente inserir informação no cérebro do estudante, então um cartão de biblioteca ou uma conexão com a internet seria a única ferramenta necessária”⁵.

Uma evidência que fortalece esse pensamento é que, segundo o Ministério da Educação, o desempenho que cursos de ensino a distância (EAD) apresentaram no ENADE (Exame Nacional de Desempenho de Estudantes) em 2017 foi significativamente menor que os cursos nos quais predomina o ensino presencial. Tais resultados mostram que ou a educação presencial é superior em desempenho

⁵ “If the goal of higher education is simply to insert information into a student's brain, a library card or internet connection would be the only tool we need.”

a metodologias EAD, ou que as abordagens didático pedagógicas especificamente empregadas no ensino EAD não são capazes de traduzir as qualidade de eficiência próprias da modalidade em eficácia.

Entretanto, dados do censo da educação superior do Inep mostram que são justamente cursos que apostam na modalidade a distância os que mais crescem no País. Ambos os dados são indícios de que existe uma necessidade de se buscar novas formas de ensino que sejam mais eficientes, e de que, entretanto, essa busca tem se mostrado falha do ponto de vista da eficácia.

Paralelamente, as maiores plataformas de aprendizado online, como Coursera, Udacity, Future Learn e edX servem de canal de distribuição de EAD para as principais Universidades do mundo, dentre elas Stanford University, Yale University, MIT, Harvard University, TU Delf, entre outras. No Brasil, as Universidades como USP e UFRGS estão se utilizando, também, de plataformas próprias para oferta de cursos à distância.

A NBR ISO 9000 (ABNT, 2015) define dois conceitos que elucidam essa busca, os conceitos de eficiência e o de eficácia:

Eficácia: extensão na qual as atividades planejadas são realizadas e os resultados planejados, alcançados.

Eficiência: relação entre o resultado alcançado e os recursos usados.

Nota-se, portanto, que uma excessiva preocupação com a escolha do meio mais adequado e eficiente pode se mostrar inútil frente a necessidade de se discutir a eficácia dos processos que compõem o desenvolvimento de novas capacidades nos estudantes, sejam eles processos mentais, internos, ou processos externos, relativos ao ambiente de aprendizado, e como esses processos se relacionam entre si.

Além disso, qualquer argumentação que se proponha a discutir como promover aprendizagem parte, inicialmente, da elucidação de quais são os objetivos da educação.

1.3 OS DESAFIOS DO ENSINO DE ENGENHARIA

Outro questionamento possível é o quanto e como as teorias e conhecimentos gerais e genéricos sobre ensino se aplicam a realidade do ensino

superior de engenharia. É comum encontrar opiniões de professores e até mesmo de estudantes no meio que acreditam que a Área de Conhecimento das Engenharias tem algo especial e intrínseco que a difere das outras e demanda um método próprio.

Wankat e Oreovicz (2013; 2015) buscam aproximar essa discussão ao ensino superior de engenharia ao dar enfoque na capacitação de engenheiros para se tornarem professores de engenharia. Os autores concluem que é necessário ensinar professores a ensinar a fim de reformar a educação de engenharia.

MCCRICKERD, citado por Wankat e Oreovicz (2013; 2015), afirma que o medo de errar impede muitos professores de melhorar seus métodos de ensino. Sendo assim, explicitar o tema ensino e suscitar a discussão sobre como atingir efetivamente os objetivos os quais a educação se propõe a alcançar pode trazer bons resultados para os ambientes acadêmicos.

Felder e Brent (2005) destacam que altas taxas de abandono são comuns em cursos de engenharia e, muitas vezes, vistas como positivas por professores que acreditam estar selecionando, assim, somente os alunos dignos de um diploma.

No ensino superior de engenharia é comum também que os professores não tenham formação específica em licenciatura, sendo necessário para ministrar aulas apenas um título de bacharel em engenharia, frequentemente acompanhado de mestrado ou doutorado. Mesmo com os Programas de Educação Tutorial (PETs), disciplinas de estágio discente e períodos de estágio probatório, ainda não é exigido do professor uma capacitação teórico-formal em ensino, e isso direciona os novos professores a reproduzir os modelos antigos ainda vigentes.

A falta de inovação do ensino como um todo, a prática de não se discutir os objetivos que se tem com o ensino, o desconhecimento acerca de teorias pedagógicas e neurocientíficas sobre aquisição de conhecimento e a não aplicação destas nos processos educacionais podem, portanto, resultar em falhas no processo de ensino-aprendizagem.

1.4 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem por objetivo geral a mensuração e análise da eficácia de duas abordagens diferentes – aula presencial e videoaula – no ensino de

engenharia civil, com ênfase em conteúdos introdutórios da área de concentração de estruturas.

Como objetivos específicos, este trabalho se propõe a explicitar diretrizes básicas na criação de um roteiro versátil de aula efetivo e eficiente no âmbito de graduação em engenharia civil, e levando em consideração o contexto da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bem como parâmetros que contribuam para tornar videoaulas eficazes.

1.5 ESCOPO DO TRABALHO

Foram testadas, em diferentes grupos de estudantes de Engenharia, duas abordagens diferentes de ensino de Análise Estrutural, uma, denominada Clássica, inspirada no Curso de Análise Estrutural Volume 1, de José Carlos Süsskind (SÜSSEKIND, 1947), e outra, denominada Contemporânea, elaborada pelo Autor e inspirada pela revisão da bibliografia acerca de aprendizado e psicologia cognitiva.

Cada uma dessas abordagens foi apresentada aos estudantes por três diferentes modalidades de aprendizagem, o primeiro puramente à distância, utilizando uma abordagem multimídia, o segundo puramente presencial, e o terceiro híbrido, apresentando o conteúdo tanto de forma multimídia à distância, quanto de forma presencial, caracterizando uma abordagem tipo sala de aula invertida. Ao todo, portanto, foram testadas seis combinações de abordagem e ambiente, totalizando seis experiências distintas, cada uma sendo vivenciada por um grupo distinto de estudantes.

Ao final, todos os grupos foram submetidos ao mesmo teste de conhecimento sobre o conteúdo ministrado e a um formulário questionando a percepção dos mesmos quanto às experiências e ao teste executado. Com base nas informações coletadas por meio desses dois instrumentos, foi feita análise a fim de responder a questão de pesquisa: comparada a uma aula presencial, quão efetiva é uma videoaula?

2 UM PASSO ATRÁS – O PORQUÊ DA EDUCAÇÃO SUPERIOR EM ENGENHARIA

2.1 O PROPÓSITO DA EDUCAÇÃO

A educação é o principal instrumento de desenvolvimento social que conhecemos. Entretanto, ao se imaginar educação por um recorte tão abrangente como esse, pode-se acabar tendo uma visão muito genérica e pouco prática do que, realmente, a educação significa para a nossa sociedade.

Von Humboldt, citado por Harari (2015) coloca a formação de conhecimento a partir da experiência de vida como o objetivo da existência humana, seja individual ou coletiva.

O dicionário Cambridge (em livre tradução) define conhecimento como “habilidade em [...] consciência, compreensão ou informação sobre algo, que uma pessoa obtém por experiência ou estudo”⁶.

Linhas de pensamento filosófico argumentam que conhecimento compreende o “saber que”, “saber como” e “familiaridade” de alguém sobre determinado tópico (STEUP, 2018), entretanto, epistemologicamente, ainda não há consenso sobre uma definição filosófica para o que é conhecimento.

Essas definições amplas podem ser traduzidas, de forma pragmática, em, ao menos, três objetivos tangíveis de se aprender algo, sendo esses não mutuamente excludentes, podendo acontecer simultaneamente: aprender para esse ser aprovado em algum teste de conhecimento, aprender para ser capaz de executar alguma atividade com excelência, e aprender para ser capaz de criar algo novo.

O primeiro recorte é o mais imediato e prático dos três, e também um dos mais recorrentes e mais diretamente avaliado no nosso sistema de ensino. Vestibulares e o ENEM acabam por ser um dos principais balizadores e direcionadores para o Ensino Médio, por exemplo. Kolb e Kolb (2017) argumentam que a aprendizagem é avaliada a partir de quão bem um aluno é capaz de retomar conceitos e relacioná-los às perguntas que lhe são feitas.

⁶ “awareness, understanding, or information that has been obtained by experience or study, and that is either in a person’s mind or possessed by people generally”. “skill in, understanding of, or information about something, which a person gets by experience or study.”

Ao se fazer uma pergunta em sala de aula, corrigir um exercício proposto ou aplicar uma prova, é possível que se atinja esse primeiro objetivo, ao menos diretamente, mesmo sem ter essa intenção. Muitas vezes quando um aluno vai a aula, faz uma pergunta, estuda ou pede uma devolutiva sobre um exercício ou prova realizada é em busca de alcançar esse objetivo.

Num segundo recorte, nota-se que se capacitam pessoas para que essas sejam capazes de realizar as tarefas práticas demandadas pela sociedade ou pelo próprio indivíduo, como ler, tocar um instrumento, trabalhar com sistemas elétricos ou projetar edificações. Esses dois primeiros recortes estão intrinsecamente ligados ao chamado pensamento convergente, e são o foco do sistema educacional vigente. (AOUN, 2017).

Atividades de estágio, propostas de projetos, trabalhos de conclusão, empresas juniores e outras atividades extracurriculares foram concebidas principalmente para capacitar e avaliar diretamente a aquisição de competências práticas.

Provas, assim como outras atividades pontuais em sala de aula, muitas vezes não estão avaliando diretamente a capacidade dos alunos de efetivamente fazer algo em situações reais. Mesmo assim, é importante entender o papel dessas atividades em avaliar e capacitar, mesmo que indiretamente, no âmbito de realizações práticas e reais por parte do aluno.

Em relação ao principal ator do processo de ensino-aprendizagem, o aluno ou aprendiz, há uma enorme diferença no comprometimento entre um recorte e outro. Um dos principais desafios do ensino é despertar motivação em quem aprende.

Por fim, há o recorte que evidencia a necessidade de se trabalhar educação voltada à criatividade, inovação, resolução de problemas inéditos e outras questões que envolvam fazer algo que não havia sido feito anteriormente. Aoun (2017) relaciona isso ao conceito de transferência distante, quando se transferem conceitos, conhecimentos e modos de pensar de um certo campo de estudos ou matéria conhecimento para outro, pouco relacionado, a fim de ter uma nova percepção daquela realidade.

Piaget, citado por Jervis e Tobier (1988, p. 30, livre tradução), inclusive, elenca esse com o principal objetivo da educação: "O principal objetivo da educação

nas escolas deveria ser criar homens e mulheres capazes de fazer coisas novas e não simplesmente repetir o que as outras gerações fizeram"⁷.

Tal capacidade pode ser estimulada com propostas de desafios, resolução de problemas que aceitem diversas soluções, utilização de técnicas de pensamento divergente, como o Design Thinking (BROWN, 2008) e com o fomento a atividades multidisciplinares. Essa capacidade é potencializada com conhecimento técnico, como exemplificado no conceito de transferência distante.

Dweck (2017), inclusive, exemplifica a relação entre o domínio da técnica e a capacidade criativa num estudo de caso de um curso de curta duração de desenho, onde o ministrante direcionava o aprendizado aos componentes do desenho, seus conceitos mais básicos e centrais. Segundo ela, é preciso aprender a desenhar cada componente para, posteriormente, combiná-los para criar figuras mais complexas e inéditas.

Portanto, a técnica é essencial para possibilitar a criatividade.

Na diferença entre o segundo e terceiro recortes está o principal salto de qualidade do ambiente de ensino-aprendizagem, e a grande diferença entre nações tecnologicamente avançadas e as demais.

De qualquer forma, vale ressaltar que a avaliação dessa capacidade de criação é muito complexa e subjetiva (NAKANO, 2018), apresentando importantes restrições frente ao sistema de avaliação vigente nas instituições de ensino.

2.2 NOVAS DIRETRIZES CURRICULARES DOS CURSOS DE ENGENHARIA

A proposta de alteração das Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia aprovada em 23 de janeiro de 2019, cujo relator é Antônio de Araújo Freitas Júnior, evidencia os objetivos dos currículos de engenharia de todo o país. (BRASIL, 2019).

A alteração trata, principalmente, da modernização dessas diretrizes com o intuito de tornar os currículos mais efetivos em atingir os objetivos propostos e na atualização e modernização desses mesmos objetivos. É dito que a diretriz vigente

⁷ "The principal goal of education in the schools should be creating men and women who are capable of doing new things, not simply repeating what other generations have done; men and women who are creative, inventive and discoverers, who can be critical and verify, and not accept, everything they are offered."

busca criar currículos caracterizados por experiências de aprendizado absorvidas por meio de um processo participativo sobre um programa de estudos coerentemente integrado. A minuta afirma que, entretanto, com a diretriz vigente não foi possível atingir os objetivos esperados.

Os três principais argumentos que justificam essa alteração é a ineficácia da diretriz vigente quanto a combater evasão (estimada em 50%) e a retenção nos cursos de engenharia, dar mais flexibilidade na estrutura possível, possibilitando inovações de acontecerem e, classificada como a mais urgente, elevar a qualidade do ensino de Engenharia no Brasil.

O documento, então, traz algumas definições importantes para essa discussão. A primeira é a definição de Engenharia como “uma ciência que estuda as transformações de recursos naturais e tecnológicos para o desenvolvimento de benefícios para a humanidade”. Define o perfil do egresso e, posteriormente o caracteriza como, entre outras coisas, crítico, criativo, cooperativo e apto a desenvolver, adaptar e utilizar novas tecnologias.

Esse perfil é baseado em competências gerais, das quais é conveniente ressaltar a de analisar e compreender contextos e usuários das soluções demandadas, a fim que essas sejam efetivamente desejáveis e aplicáveis e de aprender de forma autônoma, a fim de solucionar problemas em contextos complexos.

Após, é proposto um novo foco nos currículos, antes concentrados na formação por conhecimentos, que seriam focados, agora, na formação por competências, que adiciona à lógica anterior, de assimilação prévia e incorporação e uso posterior de conteúdos, o desenvolvimento de habilidades e atitudes, sendo este alicerçado por conhecimentos específicos aplicados em contextos que possibilitem o desenvolvimento das competências necessárias ao engenheiro.

As diretrizes ainda contextualizam o que seriam metodologias inovadoras e, apesar de se restringir apenas em citar metodologias pedagógicas não tradicionais e correlacionar essa inovação à adoção de tecnologias da informação, se abstendo de uma discussão mais profunda sobre efetividade e eficiência pedagógicas, a motivação e as possíveis consequências dessa inovação podem ser destacadas: a primeira sendo, principalmente, elevar a melhoria do ensino e combater a evasão (efetividade e eficiência), e a segunda sendo a descentralização do papel do professor nesse novo ambiente de ensino e aprendizado.

Por fim, o texto cita um aspecto que, segundo ele, ainda está fora do contexto de formação superior de engenharia, mas que é cada vez mais importante: a formação continuada, caracterizada pela constante capacitação e atualização dos egressos, impelida pela aceleração dos processos de inovação e avanço tecnológico.

3 O DESAFIO DE UMA EDUCAÇÃO MAIS CIENTÍFICA

3.1 A RELAÇÃO DA PEDAGOGIA E NEUROCIÊNCIA

Para Muller (2008), a evolução das teorias pedagógicas e psicológicas acerca de aprendizado, marcada pela grande divergência a partir dos primeiros estudos com psicologia cognitiva, resultou em não haver ainda, nos dias de hoje, um corpo de conhecimento único e coerente, com muitas dessas divergências ainda não resolvidas concorrendo entre si.

Quanto à teorias diretamente voltadas para o ensino multimídia, há uma escassez em bases conceituais e direcionamentos sobre como se desenhar experiências efetivas. Muller (2008) postula a hipótese de que há uma equivalência de meios no ensino, ou seja, independentemente do meio, o fenômeno de aprendizado é equivalente, e que vários meios podem suscitar os mesmos processos cognitivos que levam à construção de conhecimento.

Kolb e Kolb (2017, l. 1233⁸, livre tradução) enfatizam a incipiência da relação entre a prática educacional e a neurociência: “A promessa de uma prática da educação baseada em evidências da neurociência oferece atualmente mais possibilidades provocativas do que práticas comprovadas”⁹.

O próprio conceito de Neurociência Educacional é recente, e muitas das tentativas de conexões entre a pedagogia ainda são permeadas por mitos e, como ressaltado por Howard-Jones (2014), estes mitos contribuem para a essa separação, o que também afeta a eficácias das práticas educacionais.

3.2 PSICOLOGIA COGNITIVA – DUAS FORMAS DE PENSAR

Para a consolidação da conexão da pedagogia com as ciências de base, como a neurociência e a psicologia, é extremamente necessário que os que se propõem a criar novos modelos pedagógicos, explorar os motivos do sucesso ou

⁸ Esta citação está referenciada em l. e não em número de página pois a leitura do autor foi efetuada no suporte Kindle.

⁹ “The promise of an evidence-based practice of neuroscience education currently offers more provocative possibilities than proven practices.”

fracasso desses modelos, ou até mesmo a utilizá-los, entendam e dominem os principais modelos de cognição.

Um dos maiores expoentes na psicologia em se tratando de cognição e suas consequências é a Teoria do Processo Dual (Dual Process Theory), popularizada pelo psicólogo Daniel Kahneman e explicitamente conectada com aprendizagem por Ron Sun.

Kahneman e Leite (2011, l. 2279) dizem que: “Inteligência não é apenas a capacidade de raciocinar; é também a capacidade de encontrar material relevante na memória e mobilizar a atenção quando necessária”.

Essa abordagem se baseia nos dois processos cognitivos que nosso cérebro realiza.

A teoria argumenta que a cognição pode ser processada de duas formas distintas, por dois sistemas coexistindo na mente humana, desenvolvidos ao longo de milênios por meio de processos evolutivos. Para a compreensão desses processos, é importante destacar as diferentes características dos sistemas responsáveis por eles.

O Sistema 1, denominado de Rápido, apresenta as seguintes características:

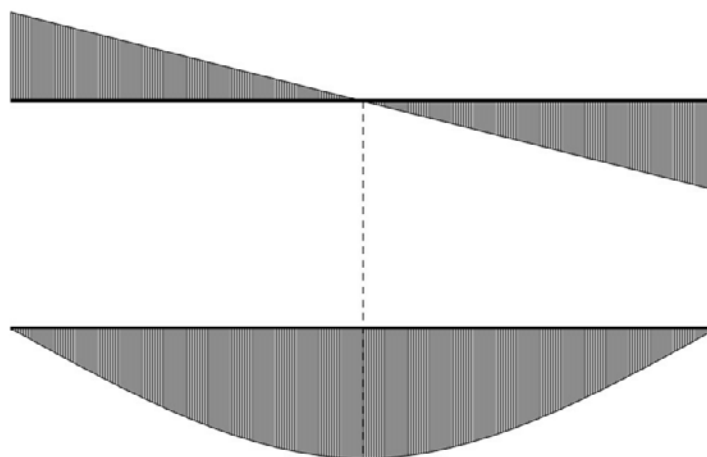
- Racionalização inconsciente;
- Implícito e automático, com ativação predominantemente involuntária;
- Requer baixo esforço cognitivo, tem alta capacidade de processamento e é rápido;
- Responsável por processos-padrão;
- Responsável por associações (A, então B);
- Subjetivo, baseado em valores;
- Independente da memória de trabalho;
- Intuitivo;
- Responsável por gerar conceitos e ideias;

Além disso, o Sistema 1 também é associado a emoções, é antigo na escala de evolução, é não-verbal, inclui reconhecimento, percepção e orientação, é metafórico, figurativo, criativo, artístico, imaginativo e mais qualitativo.

Uma resposta típica do Sistema 1 é observada quando se associa a figura 1 a um diagrama de cortante e momento fletor em uma viga bi apoiada submetida a uma taxa de carga constante, mesmo sem nenhum indicativo explícito de que

realmente se trata de um diagrama desse tipo. Isso, claro, desde a pessoa em questão tenha formação básica em mecânica estrutural.

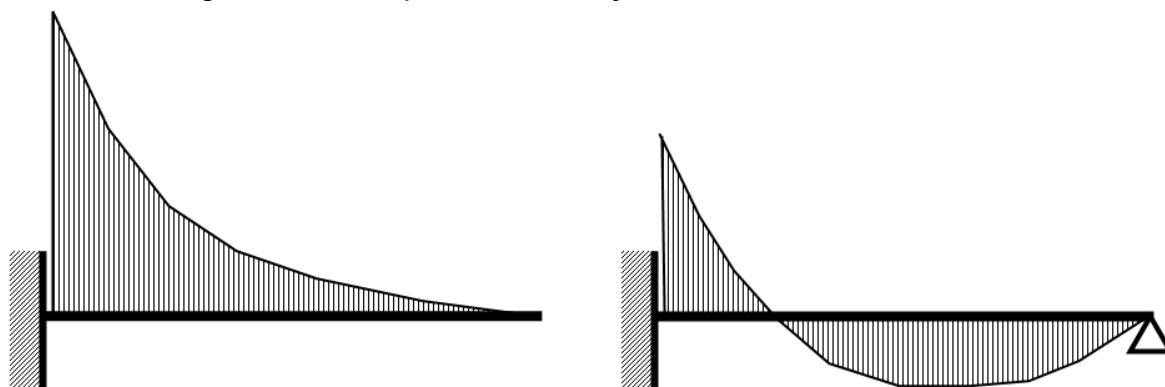
Figura 1 – exemplo de associação do Sistema 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

Porém, também é possível que uma resposta típica do Sistema 1 seja equivocada. Ao ser perguntado sobre o procedimento correto de escoramento após concretagem de uma marquise de concreto armado em balanço, o primeiro instinto de um engenheiro iniciante, ou de um estudante de engenharia, é indicar uma escora na ponta externa do vão em balanço. Isso acontece principalmente pela característica associativa do Sistema 1 e pelo repertório limitado de calouros, graduandos ou engenheiros recém-formados, com ênfase na distribuição de carga e de esforços internos, e não no comportamento específico de certos materiais. O Sistema 1 associa aquela laje a todos os modelos de lajes e vigas conhecidos e percebe um padrão de apoios nos extremos. Por relacionar esse padrão à estabilidade, característica desejada no caso apresentado, a resposta intuitiva tende a aproximar ao máximo esses dois modelos, sem levar em consideração que, para concreto armado, o sentido da flexão é tão importante quanto sua intensidade. A situação está ilustrada na figura 2.

Figura 2 – exemplo de associação incorreta do Sistema 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

Ao receber um *feedback* de que essa resposta está errada, seja com uma explicação do professor, a negativa de um engenheiro mais experiente ou a ruína da laje, o engenheiro pode questionar essa resposta, pedindo ajuda ao Sistema 2 para uma revisão mais cautelosa da primeira análise.

O Sistema 2, denominado Devagar, tem as propriedades de:

- Racionalização consciente;
- Explícito e controlado, com ativação voluntária;
- Necessita alto esforço cognitivo, tem baixa capacidade de processamento e é lento;
- Responsável por processos inibidores;
- Responsável por implicação (se A, logo B);
- Objetivo, baseado em fatos e regras;
- Limitado à capacidade da memória de trabalho;
- Lógico-formal;
- Responsável por manipular conceitos e ideias;

Além disso, o Sistema 2 também é, na maioria das vezes, desassociado a emoções, é novo na escala de evolução, associado à linguagem, inclui o seguir regras, comparação e ponderação de opções, é literal, exato, racional, científico, matemático, técnico, formal, realístico e mais quantitativo.

Uma resposta típica do sistema 2 é observada quando é necessário revisar a numeração de uma série de itens à procura de um número repetido ou de um item não numerado ao final de uma primeira contagem se encontra um item a menos do que deveria. Também é o que acontece quando se realiza uma multiplicação com

números de dois ou mais dígitos, como 17×49 . Seguindo um processo racional pré-concebido, com uma série de regras, pode-se chegar à conclusão que a multiplicação resulta em 833.

Entretanto, assim como o Sistema 1, o Sistema 2 é igualmente suscetível a erros. Um erro comum relacionado a processos majoritariamente relacionados ao Sistema 2 é o senso comum de que edificações construídas em épocas passadas são melhores, mais duráveis e mais bonitas do que as construídas atualmente. Essa conclusão é baseada no fato de construções antigas que sobreviveram até hoje e na implicação de que isso significa necessariamente uma melhor técnica do que a atual. Porém este raciocínio ignora que qualquer construção antiga passou por inúmeros processos e filtros durante todos esses anos, diferentemente das construções atuais, e a amostra que embasa essa conclusão necessariamente sobreviveu a esses processos, o que se deve, muito provavelmente, a ela ser composta pelas melhores construções feitas nos períodos passados. Isso torna uma comparação direta entre a amostra sobrevivente e uma amostra atual inconsistente, invalidando a premissa base para a conclusão.

Ambos os sistemas são suscetíveis a vieses cognitivos, ou seja, padrões de distorção da racionalidade em um julgamento, e ambos os processos podem levar a conclusões e práticas irracionais. Como a aquisição do conhecimento prevê a utilização acurada do mesmo, conhecer a Teoria do Processo Dual ajuda a entender quando esses processos falham, e quando eles são eficientes e eficazes.

Kahneman e Leite (2011) explicam que os processos de tomada de decisão com base na intuição, muitas vezes relacionados à perícia, são processos que se utilizam dos Sistemas 1 e 2 para acessar a memória a partir de um estímulo externo e verificar a correspondência entre a situação vivenciada e o histórico armazenado.

Um experiente engenheiro estrutural, ao se deparar com o com a área de aço em uma viga de concreto armado pode fácil e rapidamente identificar a coerência daquele valor e tomar uma decisão de refazer os cálculos ou seguir com o projeto. Essa mesma rapidez e assertividade não é observada em um estudante calouro.

Do mesmo modo, a perícia intuitiva do experiente engenheiro estrutural pode ser reduzida consideravelmente em um novo ambiente que seja menos regular ou que apresente padrões diferentes, como no dimensionamento da ancoragem de

uma plataforma *off-shore*, mesmo que esse novo ambiente seja regido pelos mesmos princípios que estão por trás do cálculo de uma viga de concreto armado.

O processo de aquisição de perícia é um processo contínuo de construção e validação de modelos mentais que explicam o repertório de situações vivenciadas pela pessoa que está formando aqueles modelos mentais. A qualidade do modelo mental resultante é diretamente proporcional ao tamanho do repertório testado e à qualidade das validações realizadas.

É possível, portanto, o desenvolvimento de uma falsa perícia, ou falsa intuição, representada pelo alto grau de autoconfiança de alguém que crê que o seu modelo mental é confiável o suficiente para que a sua intuição, em determinada experiência, seja válida, quando na verdade ela não é. Isso pode acontecer tanto pelo repertório no qual aquele modelo foi formado não abranger o espaço da experiência vivida, quanto pela baixa qualidade da validação que moldou aquele modelo mental.

A aquisição de conhecimento que possibilite a tomada de decisão intuitiva assertiva é dependente de um processo de aprendizagem em um ambiente regular que oferece prática prolongada e devolutiva (*feedback*) rápida e inequívoca. “Quando essas condições são preenchidas, a habilidade acaba se desenvolvendo, e os julgamentos e escolhas intuitivos que rapidamente vêm à mente estarão na maior parte corretos.” (KAHNEMAN; LEITE, 2011, p. 520).

Um exemplo prático de um ambiente de aprendizagem bem construído, conforme a percepção de Kahneman e Leite (2011), é aquele no qual listas de exercícios variados ordenados em uma linha lógica de apresentação de conceitos, que tenha tanto exercícios resolvidos, parcialmente resolvidos ou apenas com as respostas certas indicadas. A variedade e a linha lógica conferem a esse ambiente características de regularidade e possibilidade de prática prolongada, enquanto a resolução dos exercícios possibilita o *feedback* rápido e inequívoco necessário para que o modelo mental criado seja confiável.

Por outro lado, o contrário do descrito acima, uma lista de exercícios sem ordem lógica, pouco abrangente ou muito repetitiva, que não apresente solução ou pior, que apresente respostas incorretas, ou que atrase a devolutiva por qualquer circunstância (situação na qual a resposta certa é apresentada muito depois da resolução dos exercícios) pode não se mostrar efetiva como uma ferramenta de

aprendizado, e, inclusive, contribuir para a criação de modelos mentais frágeis ou equivocados.

3.3 CICLO DE KOLB – UM MODELO DE CRIAÇÃO DE AMBIENTES DE APRENDIZADO

Os estudos de Kahneman referentes à psicologia cognitiva, por buscarem um entendimento mais geral sobre como funciona a cognição humana, muitas vezes podem não fornecer uma conexão clara e direta com a prática pedagógica, apesar de explorarem diretrizes básicas e essenciais à mesma.

Incorporando os conceitos de ambiente de aprendizagem derivados dos estudos de Kahneman, Empirismo radical e a Teoria do conhecimento dual de William James (GOODMAN, 2017), Educação experiencial de John Dewey (DEWEY, 1938), Construtivismo de Jean Piaget (PIAGET, 1971), Pesquisas com Grupos-T e Investigação-ação de Kurt Lewin (LEWIN; LEWIN, 1948), Zona de Desenvolvimento Proximal de Lev Vygotsky (VYGOTSKY, 1992), Auto-atualização através do processo da experiência, de Carl Rodgers (RODGERS, 1969), Diálogo entre iguais, de Paulo Freire (FREIRE, 1974), Desenvolvimento integrado, de Carl Jung (JUNG, 2016), e as Relações de aprendizagem, de Mary Parker Follett (FOLLETT, 1940), David Kolb concebeu e aprimorou a Teoria da Aprendizagem Experiencial (ELT, em inglês Experiential Learning Theory) como uma abordagem educacional nos anos 70. Esse conceito evoluiu e segue sendo estudado e aprimorado até os dias atuais (KOLB; KOLB, 2017).

Os princípios extraídos dessas referências para servirem de base para a Aprendizagem Experiencial são (KOLB; KOLB, 2017):

- Aprendizagem é melhor concebida como um processo, e não em termos de resultados;
 - Esse processo, inclusive, é percebido na criação de novas conexões neurais, que acontecem conforme a aprendizagem ocorre, e que resultam, primariamente, em novos modelos mentais, ou maneiras de se interpretar a experiência. (DWECK, 2017).
- Aprendizagem é um processo contínuo fundamentado na experiência;

- Modelos mentais passados, menos qualificados, são transformados a partir da interação entre esses modelos e a realidade, convertendo-se em novos modelos, mais acurados.
- Aprendizagem requer a resolução de conflitos entre modos dialeticamente opostos de adaptação ao mundo;
 - Vivenciar experiências, observar e refletir sob diversas perspectivas a respeito dessas experiências, criar conceitos que abrangem essas observações e reflexões em uma teoria que faça sentido lógico e usar essa teoria para obter resultados práticos e relevantes requerem atitudes contrastantes e modos distintos de se tratar a informação, e provocam os conflitos entre os modelos mentais prévios que promovem a aprendizagem.
- Aprendizagem é um processo holístico de adaptação ao mundo;
 - A relação entre todas essas atitudes, modelos mentais e experiências só ganha total sentido quando analisada conjuntamente, como um processo integrado. A iteração e interação dessas partes é o que traz significado para o todo.
- Aprendizagem envolve trocas entre a pessoa e o ambiente;
 - Kolb e Kolb acreditam que conhecimento é resultado da conciliação entre o acúmulo das experiências objetivas humanas, ou conhecimento social, e o acúmulo das experiências subjetivas pessoais, ou conhecimento pessoal.
- Aprendizagem é o processo de criação de conhecimento.
 - Aqui é explicitada a relação entre aprendizagem e conhecimento pessoal, que se dá na medida em que a primeira é o processo gerador do segundo.

A teoria apresenta um modelo de desenho educacional em forma cíclica, ou de espiral, composto por quatro experiências distintas e diametralmente opostas – quando vistas sob o viés de como tratar a informação –, sendo elas experiência concreta, observação reflexiva, conceitualização abstrata e experimentação ativa.

Kolb (2015, p. 41) define Aprendizagem Experiencial como: “O processo no qual conhecimento é criado através da transformação da experiência. Conhecimento resulta da combinação entre compreender e transformar a experiência”. (KOLB, 2015, p. 41).

O processo, portanto, alterna momentos de absorção de informação, ou compreensão, com momentos de interpretação, ou transformação, dessa informação. A concepção do processo como sendo uma espiral deve-se ao fato do mesmo ser recursivo e construtivo. Assim sendo, a cada reinício de ciclo, o conjunto de modelos mentais postos à prova são mais amplos e bem embasados.

Não há necessidade de se iniciar com uma experiência concreta, embora muitos argumentem que essa é uma boa abordagem pois nivela a informação entre todos os envolvidos. (KOLB; KOLB, 2017). Também não é necessário que se siga nenhuma ordem, mas se entende que todas as etapas têm um papel na construção do conhecimento.

O quadro 1 mostra, de maneira esquemática, as principais características de cada etapa do ciclo: como a experiência é abordada, qual a relação que se tem com a informação e qual o sistema predominantemente ativado.

Quadro 1 – O Ciclo de Kolb

| O Ciclo de Kolb | | | | |
|--------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Etapa do Ciclo | Experiência concreta | Observação reflexiva | Conceitualização abstrata | Experimentação ativa |
| Explicação da etapa | Vivenciar algo concretamente | Refletir sobre a experiência | Concluir algo a partir da experiência | Testar essa conclusão com um experimento |
| Relação com a informação | Compreensão | Transformação | Compreensão | Transformação |
| Sistema predominante | Sistema 1 – Rápido | Sistema 2 – Devagar | Sistema 2 – Devagar | Sistema 1 – Rápido |

Fonte: Kolb e Kolb (2017).

Kolb e Kolb (2017, p. 40, livre tradução) finalizam dizendo que “o aprendizado normalmente não acontece em um grande ciclo, mas sim em inúmeros pequenos ciclos ou ciclos parciais”¹⁰.

Ainda, ela destaca esse como sendo o principal aspecto da teoria, frente modelos tradicionais de ensino, nos quais a informação é transferida linearmente do professor para o aluno, servindo apenas como memória explícita armazenada para ser lembrada posteriormente.

¹⁰ “Learning usually does not happen in one big cycle but takes place in numerous small cycles or partial cycles.”

Deriva do ciclo o conceito de Estilo de Aprendizagem (Learning Style), que pode ser definido como a preferência relativa habitual de cada pessoa por uma ou mais de uma etapa do processo. Os estilos de aprendizagem foram concebidos como uma ferramenta de autoconhecimento e metacognição para que alunos desenvolvessem autoconhecimento quanto ao seu processo de aprendizagem.

Esse conceito, principalmente a denominação de “estilo”, levou a uma série de equívocos posteriormente, como abordar estilos como traços fixos de personalidade, ou relacionar os estilos de aprendizagem com testes vocacionais. Idealmente uma pessoa deve engajar em todas as etapas do processo a fim de construir conhecimento (KOLB; KOLB, 2017), sendo o Ciclo de Kolb um modelo de criação de ambientes de aprendizagem efetivos.

Apesar disso, Kolb e Kolb (2017) também destacam que existem outras maneiras, além do ciclo completo, de se engajar nas etapas do ciclo, e que essas maneiras também podem levar à construção de conhecimento, conforme o quadro 2.

Quadro 2 – Ciclos parciais

| Comparativo entre abordagens alternativas do Ciclo de Kolb | | | |
|---|--|--|---|
| Ciclo | Exploração-Mimetismo | Instrução-Recordação | Ciclo completo |
| Etapas | Experiência concreta e Experimentação ativa | Observação reflexiva e Conceitualização abstrata | Todas |
| Sistema utilizado | Sistema 1 - Rápido, pouco esforço cognitivo, muitas repetições para atingir maestria | Sistema 2 - Devagar, demandante de atenção, mais efetivo com alunos mais maduros | Dialética entre os sistemas, alternando entre processos rápidos e devagares |
| Memória predominantemente ativada | Memória Procedural | Memória Semântica | Memória Episódica |

Fonte: Kolb e Kolb (2017).

Seres humanos constroem sua capacidade de nos comunicarmos bem cedo, a partir da exploração de novos sons e repetição dos sons ouvem, sem que seja necessária nenhuma conceitualização ou reflexão ativa. Se aprende a andar de bicicleta sem a necessidade de aulas de física. Kolb e Kolb (2017) denominam a esse processo Ciclo de Exploração-Mimetismo, no qual se alternam as etapas de

experiência concreta e experimentação ativa (ambas dominadas pelo Sistema 1), e destaca que assim é possível atingir perícia com pouco esforço cognitivo.

O mesmo ocorre a um estudante de engenharia civil que, à medida que avança no currículo, ganha o vocabulário específico da área sem nunca ter sido apresentado a um glossário. Também é o que predominantemente acontece quando este estuda para uma prova de Mecânica Estrutural exclusivamente lendo e passando a limpo uma série de exemplos de exercícios resolvidos. Os padrões são processados e assimilados ao modelo mental existente sem, necessariamente, se revisar os conceitos físicos envolvidos.

O primeiro contato de um estudante de Engenharia com Álgebra Linear, por outro lado, é, na maioria das vezes, regido por um processo diferente. Muito provavelmente a recordação mais antiga dos estudantes de Engenharia sobre álgebra é em uma sala de aula tradicional, um quadro com alguns conceitos definidos e uma série de matrizes e operações. Predominam em processos com este as etapas de Observação Reflexiva e Conceitualização Abstrata, num Ciclo que Kolb chama de Instrução-Recordação, e que demanda majoritariamente os esforços cognitivos do Sistema 2.

Como no exemplo da aula introdutória de Álgebra Linear, quando um professor de Mecânica Estrutural deduz o teorema de Maxwell-Betti, declarando, após, que “dado o comportamento elástico-linear de uma estrutura, há correspondência entre dois sistemas de força aplicados àquela estrutura nos termos da igualdade do produto da força de um sistema pelo deslocamento, no ponto de aplicação dessa força, no outro”, ele estimula que os alunos observem e conceituem de forma reflexiva e abstrata os conhecimentos da matéria. Também se observa a predominância dessas etapas quando o aluno decide estudar um conceito abstrato e buscar compor ou deduzir esse conceito a partir de conceitos prévios.

O argumento de Kolb e Kolb (2017) em favor de se trabalhar o ciclo de forma completa é por sua eficácia e eficiência. Ciclos de Exploração-Mimetismo demandam um número elevado de repetições para se atingir a perícia, além de mais facilmente carregarem vícios causados por vieses cognitivos relacionados ao Sistema 1. Por outro lado, ciclos de Instrução-Recordação, além de serem mais efetivos em alunos mais experientes, como pós-graduandos, demanda muito esforço cognitivo em cada ação. Já o ciclo completo reduz o número de ciclos necessários quando comparado ao primeiro e dilui o esforço cognitivo quando

comparado ao segundo, ao mesmo tempo que combate vieses cognitivos a partir da resolução de conflitos entre os modelos mentais divergentes.

Kahneman e Leite (2011) reforçam a visão de que a aprendizagem é mais eficaz e eficiente quando ancorada em experiências ao analisar estudos de dois psicólogos, Nisbett e Borgida, que descobriram que não basta estimular um conflito entre os modelos pré-existentes e novos modelos contraditórios na mente do aluno apresentando-os como fatos estatísticos, por exemplo. É necessário que se apresentem casos e experiências que ilustrem o comportamento esperado do novo modelo, para então esse conflito gerar reflexões e conclusões moldadas pelo modelo mais atual.

Segundo os pesquisadores Kahneman e Leite (2011, p. 221): “A relutância dos participantes em deduzir o particular do geral só se comparava à sua predisposição a inferir o geral do particular”.

Essa experiência vivida pelo aprendiz gera um conflito, já que seu modelo mental não é mais coerente com o repertório de experiências acumuladas, gerando um desconforto cognitivo que deve ser resolvido. Esse desconforto ativa o Sistema 2, que refaz as implicações atreladas ao repertório de experiências, criando uma nova narrativa (ou modelo), possibilitando, então, que o Sistema 1 faça novas associações que contemplem a experiência recém vivida sem gerar desconforto cognitivo.

Kolb e Kolb (2017) também relaciona cada ciclo com um tipo de memória predominantemente ativado. Essa relação ajuda a elucidar as diferentes características observadas nos ciclos, bem como a entender o processo de aprendizagem como um todo.

Memória Procedimental, que predomina nos ciclos de Exploração-Mimetismo, é um tipo de memória de longo prazo responsável por guiar os processos motores que realizamos ou estratégias cognitivas que usamos sem percepção consciente. É o que músicos e atletas chamam de memória muscular, embora não esteja relacionada a tarefas físicas apenas. O que conhecemos como perícia, ou respostas assertivas dadas de maneira subconsciente, é intimamente ligado ao uso de Memória Procedimental.

O aprimoramento direto de memórias desse tipo, ou seja, fazendo o uso da Memória Procedimental para tal, se dá de forma não associativa, lenta e gradual. Esse processo é extremamente dependente da exposição continuada ao estímulo

ativador dos processos motores ou estratégias cognitivas que se busca desenvolver. Além disso, a qualidade da amostra de experiências vividas, e a qualidade da devolutiva recebido após o mimetismo têm grande influência na qualidade dos conhecimentos criados.

Memória Semântica é um tipo de memória de longo prazo declarativa, ou explícita, em contraste à Memória Procedural, que é implícita, sendo, portanto, dependente de percepção consciente. Memórias desse tipo são conhecimentos sobre informações factuais, como conceitos, significados, etc., ou seja, são estruturas abstratas aplicáveis a diversos contextos.

Um ciclo puramente de Instrução-Recordação, justamente por não relacionar esses conceitos a experiências de forma explícita, pode não evidenciar conflitos entre os modelos mentais discordantes (antigo e novo), falhando em não causar o confronto necessário entre eles e o consequente aprimoramento do primeiro. Esse cenário possibilita a coexistência de modelos incoerentes entre si, resultando em ações erráticas.

Kolb e Kolb (2017) argumentam que no ciclo completo, em contrapartida, por integrar sentimentos, reflexões, abstrações a ações, predomina a Memória Episódica. Essa memória é a que armazena eventos autobiográficos, ou seja, as experiências que os Kolb citam. Esse tipo de ativação da memória potencializa a retenção de memórias de longo prazo.

Memórias de longo prazo, como a Procedimental, a Semântica e a Episódica, são conhecimentos informativos armazenados indefinidamente, ao contrário de memórias de curto prazo e memórias de trabalho, as quais são acessadas, processadas e descartadas em poucos segundos. A memória de longo prazo, para ser acessada, trabalhada e modificada precisa ser transformada em memória de curto prazo.

Numa analogia a sistemas de computação, memórias de longo prazo seriam HDs, com alta capacidade de armazenamento, mas baixíssima velocidade de atualização ou processamento, ao passo que memórias de curto prazo seriam as memórias RAM, com menor capacidade de armazenamento, e alta velocidade de atualização ou processamento.

Memórias Episódicas são facilmente lembradas, principalmente em contextos semelhantes ao episódio vivenciado. A consolidação dessas lembranças efetivamente como conhecimento se dá numa transição gradual entre Memória

Episódica e Memória Semântica, e posteriormente Memória Procedimental. À medida que o repertório de experiências relacionadas a um determinado contexto aumenta, a associação da memória com eventos específicos diminui, causando uma generalização do conceito em Memória Semântica, o que possibilita uma conceituação mais abstrata.

Portanto, à medida que as memórias perdem detalhes episódicos, se generalizam e se reorganizam na forma de conceitos, esses conceitos se tornam aplicáveis em contextos variados. Kolb e Kolb (2017) complementam afirmando que um processo posterior ocorre ao se atingir perícia, quando a aplicação desses conceitos explícitos é assimilada a habilidades procedimentais, se tornando automática e inconsciente.

Isto posto, nesse modelo o ciclo completo abrange e alterna o uso de Memória Semântica, Memória Procedimental e Memória Episódica, se utilizando da capacidade de conceituação da primeira, a associação e identificação de padrões da segunda e a facilidade de retomada da última para criar um ambiente de aprendizado mais efetivo.

Logo, aprendizado é o processo de assimilação de novas experiências no conhecimento já existente, aumentando o alcance do repertório do aluno, e causando um desconforto cognitivo. A resolução desse desconforto cognitivo acontece na substituição do modelo mental pré-existente para um novo modelo que contemple o novo fragmento de informação.

3.4 MOTIVAÇÃO, CARGA COGNITIVA, E A DIFICULDADE DE CONTROLAR ESTA VARIÁVEL

É possível afirmar, entretanto, que atingir os objetivos traçados para um processo de aprendizagem é extremamente dependente da motivação dos alunos. O processo mais bem desenhado e executado, com os melhores professores e melhores alunos falhará caso esses últimos não tenham interesse em se engajar naquele processo.

A psicóloga estadunidense Carol Dweck é conhecida por seus estudos sobre motivação se utilizando da teoria das mentalidades (*mindsets*), ou mentalidades, também denominados estados mentais, fixa e de crescimento. Um estado mental é

o conjunto de predisposições psicológicas que se tem para determinados pensamentos e padrões de comportamento.

Dweck (2017) afirma que os estados em que uma pessoa apresenta de maior engajamento e, portanto, maior efetividade nas ações que se propõe são causados por uma mentalidade de crescimento. Nessa mentalidade, habilidades, capacidades e qualidades pessoais são vistas como mutáveis e podem ser desenvolvidas por meio da prática.

Por outro lado, na mentalidade fixa, a pessoa percebe qualquer adversidade como sendo um impeditivo, ou permitindo que essas adversidades afetem consideravelmente sua motivação. Por acreditarem que suas características são imutáveis, uma adversidade é vista como uma falha pessoal, e não como uma possibilidade de autodesenvolvimento. As pessoas podem alternar entre essas diferentes mentalidades, conforme o contexto em que estão inseridas e os estímulos que recebem do meio.

Apesar de ser um tema constantemente estudado, a mensuração, manipulação e entendimento dos fatores que influenciam a motivação ainda são conceitos em disputa. Kahneman e Leite (2011) criticam esses e outros estudos em psicologia ao afirmar que as conclusões são baseadas exclusivamente no comportamento e na auto percepção de estudantes de psicologia de universidades ocidentais, amostras comuns nesses testes.

A análise de Kahneman e Leite (2011) também evidenciam, principalmente, a dificuldade muito grande que se tem para conceituar e mensurar de maneira a evitar vieses dos pesquisadores e dos próprios indivíduos envolvidos na pesquisa.

Uma alternativa bastante promissora para mensurar e administrar os efeitos da motivação em alunos é a proposta na Teoria da Carga Cognitiva. Proposta inicialmente por John Sweller (1988), a teoria destaca a limitação do uso da memória de trabalho durante os processos de aprendizagem, e propõe os métodos educacionais buscassem reduzir a carga cognitiva aplicada a níveis aceitáveis, impedindo a sobrecarga do sistema e tornando mais eficaz a consolidação da memória de trabalho em memória de longo prazo.

Canto Filho (2015) ilustra situações nas quais a motivação, em diferentes níveis, afeta diretamente a postura e as ações tomadas pelo estudante e, conseqüentemente, a efetividade da aprendizagem. O autor também relaciona a

motivação à carga cognitiva do processo, que, por sua vez se relaciona à capacidade de processamento das memórias envolvidas no aprendizado.

O Ciclo de Kolb, bem como a Teoria do Processo Dual contemplam as limitações destacadas por Sweller, e buscam otimizar o uso das capacidades disponíveis no estudante. Ao controlar a sobrecarga cognitiva, potencializa-se a atenção do estudante no processamento e consolidação da informação apresentada.

Ao afirmar que “o aprendizado normalmente não acontece em um grande ciclo, mas sim em inúmeros pequenos ciclos ou ciclos parciais”. Kolb está, na prática, contemplando a Teoria da Carga Cognitiva. (KOLB; KOLB, 2017, p. 40).

Apesar de não servir como instrumento de medição direta da motivação dos estudantes, a teoria da carga cognitiva proporciona uma ferramenta direta de mensuração do processamento cognitivo, já que movimentos oculares e resposta pupilar são indicativos de sobrecarga. Tal abordagem possibilita a criação de instrumentos de aprendizagem que otimizem o uso ou ampliem a capacidade cognitiva disponível.

Uma das linhas de pesquisa dedicadas a estudar os efeitos da cognição em ambientes de aprendizado multimídia é a Teoria de E-aprendizagem (o prefixo e, nesse caso, remete a eletrônica).

3.5 OS PRINCÍPIOS DO ENSINO MULTIMÍDIA

Tais princípios derivam dos modelos de memória, principalmente um modelo proposto por Allan Paivio, que separa a memória de trabalho em dois componentes, um visual e outro verbal e acústico, e os estudos de Sweller (1988) acerca da Carga Cognitiva, um estudo do psicólogo educacional Richard E. Mayer e de Ruth C. Clark (2011) relacionado a melhor performance de estudantes à apresentação simultânea de estímulos visuais e verbais. Mayer e Clark (2011) defendem que, à luz dos estudos de Paivio e Sweller, esse efeito é explicado devido à otimização do uso da capacidade cognitiva do aluno, já que, ao utilizar ambos os componentes da memória de trabalho, a capacidade dos dois é somada.

O autor elenca 8 princípios empiricamente estabelecidos que, segundo ele, deveriam guiar o desenho de experiências de aprendizado multimídia a fim de aumentar a eficácia dessa experiência.

A fim de se reduzir processamento cognitivo dispensável, deve-se seguir os seguintes princípios:

- Princípio da multimídia
 - É recomendado incluir palavras, seja texto impresso ou falado, e estímulos gráficos, sejam ilustrações estáticas ou gráficos dinâmicos, em vez de só utilizar palavras.
- Princípio da contiguidade
 - Apresentar a parte semântica (palavras) e a parte gráfica correspondente ao mesmo tempo e próximas espacialmente otimiza o uso de esforço cognitivo do estudante, aumentando a eficácia da abordagem.
- Princípio da modalidade
 - O uso de áudio para apresentar o conteúdo na forma semântica, contrariamente a apresentar palavras impressas, gera ganhos de aprendizagem significativos.
- Princípio da redundância
 - O uso de áudio e palavra impressa simultaneamente e de forma redundante (como legendas, ou a leitura de um fragmento de texto que está sendo apresentado visualmente) sobrecarrega a memória de trabalho do estudante, diminuindo a efetividade da experiência.
- Princípio da coerência
 - Não é recomendado adicionar, a uma experiência de aprendizado multimídia, material não diretamente relacionado ao objetivo dessa experiência, o que gera um impacto negativo na aprendizagem.
- Princípio da personalização
 - Uso de linguagem conversacional (coloquial) e voz humana e amigável, e a aparição de agentes pedagógicos (o professor narrador) na tela reforçando conceitos-chave e provendo devolutivas engaja o estudante na experiência desenhada.

E, a fim de aumentar a capacidade de processamento cognitivo dos estudantes, particularmente útil em matérias mais complexas, devem-se seguir os seguintes princípios:

- Princípio da segmentação

- É recomendado segmentar um conteúdo complexo em partes menores, que ainda assim façam sentido, e sejam apresentadas uma por vez.
- Princípio do pré-treino
 - Garantir que os estudantes conheçam os nomes e características dos conceitos-chave que servem de base para o conhecimento que será desenvolvido naquela experiência auxilia a diluir o processamento cognitivo necessário.

Tais princípios servem como diretrizes para projetar, executar e avaliar experiências e cursos baseados em aprendizagem multimídia. Também apresenta maneiras viáveis de resolver ou minimizar algumas desvantagens presentes nesse tipo de modalidade.

4 ESTUDOS DE CASOS

4.1 KIT DE FERRAMENTAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM DA EDUCATION ENDOWMENT FOUNDATION (EEF)

Tanto a Teoria do Processo Dual quanto a abordagem do Ciclo de Aprendizagem de Kolb, quanto a Teoria do Esforço Cognitivo e sua adaptação aos Princípios de Mayer são amplamente sustentados por estudos acadêmicos, validados por pares e com amplo histórico de uso e aferição de resultados (KAHNEMAN; LEITE, 2011; KOLB; KOLB, 2015; SWELLER, 1988; CLARK; MAYER, 2011). De qualquer maneira, ainda é válido o exercício de buscar explicar, à luz das referências, os resultados apresentados por diferentes abordagens, métodos e ferramentas educacionais.

Para tanto, a Education Endowment Foundation (EEF, [2019a?]), uma organização não-governamental sediada em Londres, que visa auxiliar professores e líderes educacionais fornece, de forma gratuita, fontes, ferramentas práticas e relatórios baseados em evidências, projetados para melhorar práticas e potencializar o aprendizado. Essa fundação disponibiliza um resumo de uma meta-análise sobre diversas ferramentas de aprendizado, destacando, para cada ferramenta, um grau de custo de implantação da mesma, impacto causado na aprendizagem (medido em meses, conforme uma metodologia própria de mensuração de aprendizado) e a força da evidência que sustenta essas conclusões.

Esse resumo, portanto, é um repositório capaz de servir para verificar a validade da análise e das conclusões tiradas do estudo da Teoria do Processamento Dual e do Ciclo de Aprendizagem de Kolb. As ferramentas mais efetivas em impactar a aprendizagem dos estudantes estão listadas no quadro 3. Foram selecionadas todas as ferramentas com impacto acima de 4 meses e que tenham aplicação no contexto do ensino superior de engenharia.

Quadro 3 – Ferramentas de maior impacto positivos sobre o aprendizado

| Kit de Ferramentas de Ensino e Aprendizagem | | | |
|--|-------------------|---------------------------|-----------------|
| Ferramenta | Custo | Força da Evidência | Impacto* |
| Devolutiva | Custo muito baixo | Evidência moderada | +8 |
| Metacognição e auto-regulação | Custo muito baixo | Evidência extensa | +7 |
| Aprendizagem colaborativa | Custo muito baixo | Evidência extensa | +5 |
| Tutoria por pares | Custo muito baixo | Evidência extensa | +5 |
| Uso de linguagem falada | Custo muito baixo | Evidência extensa | +5 |
| Aula particular individual | Custo alto | Evidência extensa | +5 |
| Aprendizagem por domínio | Custo muito baixo | Evidência limitada | +5 |
| Tecnologia digital | Custo moderado | Evidência extensa | +4 |
| Aula particular em pequenos grupos | Custo moderado | Evidência limitada | +4 |

Fonte: (EEF, [2019a?]).

As colunas de **Custo**, **Força da Evidência** e, principalmente, **Impacto** são referentes às principais métricas utilizadas na meta-análise feita pela organização, e seu entendimento é essencial para a discussão proposta. Essas mensurações, por serem aplicadas uniformemente a todas as análises e todas as ferramentas, possibilitam, também, a comparação destas para a tomada de decisão e o desenho de cursos.

O Custo é estimado com base na aproximação do custo de implantação da ferramenta em uma classe de 25 alunos, e incluem, entre outras coisas, custos de novos recursos (como *hardwares* ou *softwares* de TI), custos de treinamento ou desenvolvimento profissional e custos com as atividades em si, se houver. Esses custos não contabilizam qualquer recurso que se espera que uma instituição de ensino tenha, como o custo com os salários dos professores (a não ser que um professor adicional, ou mais horas do mesmo professor sejam necessários). (EEF, [2019b?]).

A Força da Evidência mensura a segurança que se tem na evidência relacionada com cada abordagem. A segurança é baseada no número e tipo de estudos disponíveis, os resultados medidos nesses estudos, a qualidade do estudo e a consistência do impacto medido nos diversos estudos disponíveis. Resultados revisados e conclusões significativas referentes ao impacto do uso de determinada abordagem incrementam a força da evidência. (EEF, [2019c?]).

Impacto, por sua vez, é medido em meses, representando o progresso que os estudantes obtiveram ao serem expostos a determinada ferramenta, em comparação a um grupo de controle. Esses meses adicionais de progresso são estimados a partir do tamanho do efeito, medida da significância prática de um experimento, descrevendo a dimensão da diferença dos resultados de dois diferentes grupos. A escolha por essa tradução, segundo a EEF, se dá pela intangibilidade do tamanho do efeito e consequente dificuldade de se traduzir em ações concretas. Um tamanho do efeito entre 0,62 e 0,69, por exemplo, resulta em um progresso de 8 ou mais meses. (EEF, [2019d?]).

Devolutiva é qualquer informação referente ao resultado de aprendizado ou à performance de um aluno em determinado objetivo educacional, dada ao próprio aluno ou ao seu professor, de maneira que embase ações que visem a melhoria do processo de aprendizagem daquele aluno. Essa devolutiva pode ser referente ao resultado final de uma atividade, ao próprio processo dessa atividade, à organização ou à auto-regulação do estudante e pode ser dado de forma oral ou escrita, ou por meio de testes físicos e digitais, pelo professor ou por pares.

Devolutivas são explicitamente incentivadas no desenho de ambientes de aprendizagem (KAHNEMAN; LEITE, 2011; KOLB; KOLB, 2015; WANKAT; OREOVICZ, 2013; 2015), e são mais efetivas conforme a agilidade, especificidade, precisão e clareza com que são apresentadas. A correção de um exercício, entregue prontamente, destacando qual foi o erro cometido e complementando com uma descrição de como esse exercício deveria ser resolvido é o exemplo ideal de devolutiva. Deve-se atentar para não transformá-la num recurso banalizado pelos alunos, garantindo que o seu uso seja significativo. A devolutiva deve, também, encorajar e apoiar o estudante em novas tentativas.

Devolutivas atuam, também, em direcionar a experiência vivida pelo estudante pelos diferentes estágios do ciclo de Kolb. Tendo-se, explícita e propositalmente, um currículo desenhado a partir dos estudos de Kolb ou não, essas reflexões servem como um ponto de verificação do modelo mental até então construído, induzindo novas reflexões e conceitualizações que levam a experimentos e experiências que inserem o aluno no ciclo de aprendizagem.

No quadro 3, outras ferramentas se destacam por possibilitarem e intensificarem a ação das devolutivas. A seguir, essas abordagens são explicadas, e o efeito da devolutiva é explicitado.

Aprendizagem colaborativa é descrita como uma abordagem que faz com que alunos trabalhem em conjunto em atividades ou tarefas de aprendizagem em um grupo de tamanho tal que todos possam participar e colaborar com a entrega da tarefa ou atividade. Essa abordagem reduz os ciclos de devolutivas ao nível do aluno, já que o próprio grupo funciona como um mecanismo de validação. Também, dessa maneira, a devolutiva do tutor ou professor é potencializada, já que ele pode interagir com o grupo inteiro de uma só vez, e atuar só nas dúvidas que não foram validadas pelo grupo.

Muito comumente empregada em trabalhos extraclasse, essa abordagem é bastante presente na trajetória curricular da engenharia, ocorrendo também em atividades presenciais em sala de aula.

Tutoria por pares, de maneira análoga à aprendizagem colaborativa, cria um mecanismo de devolutiva a nível dessa relação entre pares. Nessa abordagem, os alunos são colocados em duplas para proverem, um ao outro, suporte, validação e devolutivas sobre o conteúdo a fim de potencializar o aprendizado de ambos. No contexto da UFRGS, a mentoria é uma atividade que segue essa abordagem.

Aula particular individual e aula particular em pequenos grupos são usadas para intensificar o apoio do professor para o aluno, incluindo devolutivas. Apesar de ser muito mais comum no ensino médio e fundamental, principalmente com os alunos que precisam de algum reforço, essas abordagens aparecem no contexto da engenharia civil da UFRGS em cadeiras eletivas, atividades especiais como TCC e estágio e nos cursos de pós-graduação.

Portanto, como indicado pelo EEF e como corroborado principalmente por Kahneman e Leite (2011), devolutivas exercem um papel bastante importante na construção de conhecimento, principalmente para garantir a construção de um conhecimento não equivocado e menos suscetível a contradições (sendo uma das principais razões para justificar o ensino formal presencial, em detrimento ao ensino formal puramente à distância e ao ensino domiciliar – junto à construção de habilidades sociais).

Já por *metacognição* entende-se pelo aprendizado, por parte do aluno, sobre aspectos da construção de conhecimento e da sua própria aprendizagem, tais como preferências, boas práticas, modalidades, abordagens e carga-horária ótimas, etc. Seria o aprendizado sobre como aprender. Já a *auto-regulação* é dar o poder de planejar, monitorar e avaliar a sua própria aprendizagem, dando mais autonomia

para os alunos, aumentando a motivação e o engajamento do mesmo no processo. Uma das formas de auto-regulação utilizadas em nível de currículo é o planejamento de cursos não-seriados, em que o estudante pode escolher a forma e velocidade de avanço na grade curricular, dentro de certos limites estabelecidos pelo próprio desenho do curso.

Apesar de ser a segunda abordagem mais efetiva, é difícil encontrar exemplos explícitos no contexto da Universidade, ou na educação formal média no Brasil. Uma das formas de auto-regulação utilizadas em nível de currículo é o planejamento de cursos não-seriados, em que o estudante pode escolher a forma e velocidade de avanço na grade curricular, dentro de certos limites estabelecidos pelo próprio desenho do curso.

Algumas plataformas online oferecem cursos de metacognição e aprendizagem, e esse assunto é abordado implicitamente em algumas cadeiras da Escola de Engenharia, como, por exemplo, ENG04079, chamada Aprendizagem Autônoma I, cadeira obrigatória no currículo de Engenharia Elétrica. No plano de ensino da disciplina é explicitado que o objetivo da mesma é, além de revisar conceitos apresentados em cadeiras passadas, também desenvolver atitudes voltadas à aprendizagem autônoma.

Vale ressaltar, contudo, que na bibliografia recomendada da disciplina não consta nenhuma referência que discorra expressamente sobre aprendizagem, apesar do desenvolvimento de uma aprendizagem autônoma seja um dos seus objetivos declarados. Mesmo sendo uma das únicas iniciativas que tratam de ensinar a aprender, a falta de uma bibliografia de apoio justamente nessas habilidades é um ponto de atenção.

Uso de linguagem falada é o estímulo direto ou indireto do uso da fala nas interações em sala de aula. A base dessa abordagem é de que a compreensão de um conteúdo é beneficiada por discussões explícitas acerca do mesmo, ou do próprio processo de aprendizagem daquele conteúdo. Estimular os alunos a se expressarem oralmente, de forma mais livre, e como um padrão ao longo das diversas etapas de um curso, promove uma maior sensação de apropriação pelo seu próprio processo de aprendizagem e, principalmente, uma maior abertura dos alunos em expressar suas dúvidas, o que é fundamental para que o professor possa constatar modelos mentais cognitivos equivocados, identificar os conceitos base não consolidados e propor a transformação desses modelos mentais com novas

informações e evidências. A devolutiva que o professor tem do seu processo de ensino é a expressão da dúvida do aluno. A avaliação da eficácia das atividades por ele planejadas e executadas somente é possível com alguma informação sobre o aprendizado dos alunos, e essa informação, muitas vezes, é justamente a dúvida que esse aluno expressa.

Apresentações orais, fóruns de discussão, seminários e a já citada aprendizagem colaborativa são ferramentas que seguem essa abordagem, não sendo tão presentes nos cursos superiores de Engenharia como seria possível, dado o baixo investimento e alto retorno observado.

O padrão observado no ensino corrente é o de padronizar o tempo usado para tratar um dado conteúdo, de modo que o domínio que cada aluno da matéria varia. Assim, numa mesma turma, ao apresentar-se um conteúdo novo, cada aluno terá um nível de entendimento diferente dos conteúdos passados. A *aprendizagem por domínio* visa inverter essa lógica, tendo como gatilho para a apresentação de um novo conteúdo o domínio do conteúdo prévio, com o ritmo de aprendizado variando de aluno para aluno e de conteúdo para conteúdo.

Muito sinérgica à auto regulação, a aprendizagem por domínio também é rara nos currículos tradicionais, geralmente vinculados a um período específico, com datas pré-determinadas para provas, e nos quais a reprovação nesses testes significa todo um novo período letivo estudando a matéria deficiente. Ao contrário da aprendizagem por domínio, que visa um nível alto de compreensão do conteúdo antes da progressão do currículo, a abordagem tradicional geralmente trabalha com um nível menor de aprendizagem para a aprovação, dependendo de um posterior aperfeiçoamento do entendimento do aluno.

Por fim, *tecnologia digital* abrange uma série de abordagens que exploram dispositivos digitais, desde programas e aplicações para resolver problemas, uso de dispositivos para realizar testes, buscar informação ou acessar discussões, até tecnologias mais voltadas ao trabalho do professor, como quadros interativos, plataformas de gestão do aprendizado e ensino à distância. Por ser tão ampla, a análise puramente a partir das três dimensões proposta pela EEF (Custos, Força da Evidência e Impacto) é insensível às nuances e diferenças dessas diversas abordagens. O que é possível afirmar é que, na média, utilizar uma tecnologia digital dá bons resultados. A falta de precisão nessa análise, resultado de aglomerar essas

diversas abordagens sob um mesmo rótulo, faz emergir a necessidade de um olhar mais próximo e acurado desse aglomerado.

4.2 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AULA PRESENCIAL E VÍDEOAULA

O objetivo geral do presente trabalho é, conforme já citado, a mensuração e análise comparativa da eficácia das abordagens via aula presencial e videoaula no ensino de engenharia civil. A construção do referencial teórico embasa, além de toda a discussão posterior, também o desenho do experimento realizado, buscando intensificar os pontos positivos de ambos, buscando garantir uma análise mais justa.

Entretanto, a fim de traçar um comparativo entre métodos, é necessário explicitar esses pontos positivos e negativos das diferentes modalidades de estímulo à aprendizagem. Vale ressaltar, também, que a utilização exclusiva de um ou outro método não é a única possibilidade de aplicação das modalidades estudadas. Portanto também será considerada, para esse comparativo, quais os pontos positivos e negativos de uma abordagem híbrida, que se utilize de ambas as modalidades.

Ensino híbrido – aquele que combina videoaulas e aulas presenciais – se mostra consistentemente mais eficaz que a utilização dessas abordagens separadamente. Uma meta-análise de 45 estudos independentes sobre eficácia de modalidades de aprendizagem conduzida por pesquisadores do Instituto de Pesquisas de Stanford concluiu que “a vantagem sobre aulas presenciais foi significativa nos estudos que compara ensino híbrido com aulas presenciais tradicionais” (MEANS et al., 2013, p. 2) e modesta quando a comparação se dava entre abordagens puramente no formato de videoaulas e aulas presenciais tradicionais.

Entretanto, o estudo aponta que, geralmente, as abordagens híbridas incluíam, na experiência vivenciada pelos estudantes, elementos adicionais, como mais tempo e recursos de educação e elementos que incentivam interações entre os alunos. Essas características deixam em aberto a possibilidade de os resultados positivos serem, em sua maioria, resultado dessas outras variáveis, e não

necessariamente da abordagem híbrida. No quadro 4 é apresentado um comparativo entre essas modalidades.

Quadro 4 – Comparativo entre as modalidades

| Comparativo entre modalidades de videoaula, aula presenciais e abordagens híbridas | | | |
|---|--|---|---|
| Dimensão analisada | Videoaula | Aula Presencial | Ensino Híbrido |
| Personalização | De maneira mais genérica, essa é a principal vantagem de se usar vídeo-aulas no currículo. As personalizações podem abranger tanto questões mais básicas, como horário, carga semanal ou local de estudo, até questões mais estruturais, como o ritmo de aprendizado, a abordagem utilizada, o ministrante e o currículo percorrido. | Personalização, no ensino puramente presencial, é um processo bem mais difícil e, principalmente, custoso, o que acaba tornando-o bastante raro. As personalizações, quando ocorrem, costumam ser pontuais e isoladas, e dependem fortemente de horas de dedicação do professor ou ministrante. | O ensino híbrido pode ser uma ótima alternativa para oferecer personalização de forma mais abrangente ao ensino presencial, aproveitando e potencializando as qualidades de cada uma das modalidades, ao passo que as desvantagens são mitigadas ou extintas. |
| Customização do currículo | Tão acessível quanto acessíveis são os cursos, possibilidade de montar um currículo conforme as demandas do aluno. Em contrapartida, a certificação fica consideravelmente mais complexa. | Pouco acessíveis além de poucas customizações pré-definidas. Certificação mediante cumprimento de um currículo mínimo. | Possibilidade de compor customizações especificamente no nível de uma aula, como também customizações pré-definidas em âmbitos mais gerais dos currículos, ao passo que se mantém as características de certificação presentes em cursos puramente presenciais. |
| Temporal | Conteúdo disponível 24 horas por dia, 7 dias por semana, qualquer dia do ano, condicionada apenas à disponibilidade de serviço de internet e dos servidores de armazenamento da videoaula. | Disponível apenas durante o período que aquela aula é dada, via de regra poucas vezes por semestre. | Disponibilidade de conteúdo assim como nas videoaulas, demais características disponíveis nos momentos presenciais. |
| Espacial | Conteúdo disponível em qualquer lugar que tenha acesso à internet e a um <i>hardware</i> adequado. | Somente nos prédios das universidades, estas muitas vezes localizadas somente em grandes centros urbanos. | Disponibilidade de conteúdo assim como nas videoaulas, demais características disponíveis nos momentos presenciais. |

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|--|
| Disponibilidade do conteúdo | Virtualmente irrestrita, podendo ser usada para experiências de aprendizado continuado. | De forma integral apenas durante a exposição dos mesmos em sala de aula, após, muitas vezes somente em forma reduzida (slides, por exemplo). | Irrestrita, assim como nas videoaulas, com o adendo da disponibilidade pontual do professor e do conteúdo em aulas presenciais. |
| Diversidade de ofertas | Virtualmente ilimitada, podendo usufruir de qualquer aula disponível, em qualquer idioma, usando qualquer abordagem. | Muitas vezes há poucas ofertas de aula, quando não somente uma. Essa oferta também é limitada pelo tamanho da turma. | As poucas ofertas de aula presencial podem ser combinadas com as várias ofertas de videoaula para o desenho de uma experiência personalizada para cada aluno. |
| Autonomia do estudante | Quase total, sendo limitada somente em prazos arbitrários. | Baixa, dependente do professor e do momento da aula, sendo mais determinante em momentos extraclasse. | Maior, quando comparada às aulas presenciais. |
| Ritmo | De responsabilidade de cada aluno, totalmente personalizável fora limite arbitrário. | Predefinido e único para a toda a turma. | O ritmo de estudo pode ser flexível, desde que dentro do mesmo período letivo. |
| Fatores de custo para a instituição | Horas de preparação e gravação do professor, equipamento de gravação e luz e <i>software</i> para disponibilização das aulas, somente uma vez por curso. | Horas de preparação e em sala de aula do professor, infraestrutura e manutenção dessa sala de aula, e material necessário para ministrar o conteúdo, toda vez que o curso for aplicado. | Ambos os custos presentes na análise de videoaulas e de aulas presenciais, porém possivelmente em magnitude e frequência menores, a partir da utilização da mesma gravação em diversos semestres e da diminuição da carga-horária presencial necessária. |
| Fatores de custo para o aluno | <i>Hardware</i> compatível, acesso à internet, ambiente propício para estudos, inscrição no curso online (geralmente com custos abaixo da inscrição em cursos presenciais). | Custo tanto direto quanto indireto relacionado ao deslocamento, inscrição no curso (às vezes gratuita, na maioria das vezes mais cara que qualquer oferta online). | Ambos os custos presentes na análise de videoaulas e de aulas presenciais. |
| Motivação do aluno | Necessário em um nível médio para qualquer resultado. Há uma maior dificuldade em estabelecer essa empatia através de uma videoaula, pela ausência de interação presencial. Por outro lado, ensaio, edição e reformulação são ferramentas da modalidade que podem eliminar posturas anti-empáticas e melhorar consideravelmente a | Resultados podem aparecer com pouca motivação, ou regulação externa. Dependendo do grau de maturidade do aluno, a motivação é fortemente dependente da empatia estabelecida entre ele e o professor. | Os pontos de contato presenciais entre aluno e professor podem servir para gerenciar a motivação necessária ao melhor aproveitamento do processo. |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | empatia e a motivação. | | |
| Acesso à fóruns de discussão | Ainda muito incipiente, poucos fóruns funcionam, e as interações são menos frequentes. | Fóruns são mais facilmente criados nas turmas presenciais, seja durante o período de aulas, seja pela interação e proximidade que os alunos desenvolvem. | Análogo ao observado em aulas presenciais, com a possibilidade de se trabalhar num modelo de sala de aula invertida, aproveitando a totalidade dos momentos presenciais justamente para oferecer validações e devolutivas. |
| Disponibilidade de acesso a devolutivas | Baixa disponibilidade a devolutivas, pouca interação com outros alunos, acesso restrito a professores, acesso imediato dependente de um certo grau de automação. | Acesso imediato no momento da aula presencial, e o mesmo nível de disponibilidade da videoaula em momentos extraclasse. | Potencialmente maior do que nas duas abordagens individuais, uma vez que os momentos presenciais podem ser aproveitados integralmente para a validação dos conteúdos desenvolvidos nas videoaulas e no fornecimento de devolutivas ou fomento de discussões* |
| Assiduidade do aluno | Dependente da motivação do aluno. Podem ser implementadas ferramentas no ambiente de ensino que tornem a frequência (traduzido por assistir a totalidade de cada vídeo) em obrigatória para a aprovação, independentemente da motivação. | Obrigatória para a aprovação, independente da motivação. | Conserva as características das análises individuais nos momentos em que as respectivas modalidades são utilizadas. |

*Esse modelo é característico da chamada sala de aula invertida, na qual o conteúdo é desenvolvido, num primeiro momento de forma individual, para num segundo momento, presencialmente em sala de aula, esses conteúdos serem discutidos entre turma e professor.

Fonte: elaborada pelo Autor.

Essa análise permite explorar as principais justificativas que embasam a escolha de uma modalidade a outra dado um contexto específico, bem como boas práticas, pontos positivos a explorar e aspectos que necessitam atenção, além de possibilitar a exploração de novas abordagens de ensino e aprendizagem.

Uma modalidade exclusivamente composta por videoaulas se destaca principalmente por sua versatilidade e personalização, podendo um mesmo conteúdo, e até mesmo um mesmo conjunto de vídeoaulas ser experienciado de

inúmeras maneiras diferentes, conforme o contexto exigir. À versatilidade e personalização se adiciona um maior grau de autonomia e protagonismo do estudante, o que vem aos custos da necessidade de que esse estudante esteja genuinamente motivado.

O principal desafio de uma modalidade puramente a distância é a dificuldade em fornecer devolutivas imediatas e assertivas de forma mais complexa que um simples questionário predeterminado com perguntas e respostas objetivas. Isso acontece, provavelmente, pela ineficiência dos fóruns existentes nos ambientes de oferta de vídeoaulas.

Dadas essas características, o ensino híbrido se mostra como uma alternativa capaz de minimizar os efeitos negativos da modalidade puramente online, ao mesmo tempo em que usufrui dos benefícios trazidos por ela. Uma modalidade híbrida pode optar por experiências presenciais quando há a necessidade de mais devolutivas, ou para instigar discussões entre os alunos sobre o tema tratado, deixando as experiências à distância para a exposição do conteúdo, resolução de exercícios e realização de testes simples.

O ensino híbrido pode, também, ser mais barato quando analisado a longo prazo, em comparação com aulas presenciais. Wankat e Oreovicz (2013; 2015) argumentam que a aula presencial é o método mais comum por uma crença de que ela utiliza de forma mais eficiente o tempo do professor, que é o maior fator de custo de um currículo. Ele completa afirmando que a percepção de eficiência do método frente a outros é verdadeira somente na primeira aplicação daquela aula, e que, quando aplicado em escala, em outros semestres ou turmas, a eficiência fica comprometida. Ou seja, o custo unitário da enésima repetição de uma aula presencial é semelhante ao custo da primeira aula, ao passo que o custo de produção de uma vídeoaula, apesar de maior quando comparado à produção de uma primeira aula presencial, é diluído a medida que aquela vídeoaula vai sendo replicada e reproduzida.

5 VIDEOAULA, AULA PRESENCIAL E ENSINO HÍBRIDO: COMPARATIVO QUANTO À EFICIÊNCIA

A bibliografia consultada evidencia a necessidade de se explorar de maneira mais abrangente e científica o ensino superior de Engenharia, principalmente no que diz respeito a novas maneiras de projetar e proporcionar as experiências de aprendizado dos alunos. O ensino por videoaulas, além de ser cada vez mais uma tendência no ensino superior, também apresenta muitas vantagens, principalmente por sua capacidade de personalização maior.

A abordagem apresentada por Kolb e Kolb (2017), além de ter um vasto repertório de pesquisa científica, proporciona diretrizes acessíveis para o desenho de experiências de aprendizagem. Por outro lado, gerações de ótimos engenheiros foram formados a partir de abordagens tradicionais de desenvolvimento de conhecimento, e estas não podem ser ignoradas.

Portanto, foi testado um total de seis experiências de aprendizagem distintas, cada qual em um grupo distinto de estudantes, e foi avaliada a qualidade do conhecimento construído pelos alunos. Essas seis experiências diferem na modalidade – videoaulas, aula presencial, híbrida – e na abordagem de ensino empregados – Clássica e Contemporânea.

A seguir, o experimento desenhado será caracterizado em termos da sua amostragem, das abordagens utilizadas, das modalidades propostas, das experiências de aprendizado geradas e da avaliação realizada com os alunos.

5.1 A AMOSTRAGEM: O DESAFIO DE ISOLAR VARIÁVEIS EM CONTEXTOS COMPLEXOS

Os critérios que embasaram a composição da amostra de alunos postulantes a participar do experimento objetivavam, principalmente, garantir que os resultados obtidos pudessem ser extrapolados com certo grau de confiabilidade para o universo de alunos de graduação em Engenharia Civil da UFRGS. Também preocupou-se que o conteúdo ministrado fosse inédito para os alunos, relevante para a formação em engenharia civil e relacionado a área concentração de Estruturas. Ao mesmo tempo, buscou-se com que todos os conteúdos prévios e

necessários para a construção desse conteúdo inédito já tivessem sido apresentados e validados com esses alunos.

Para o primeiro objetivo, precisa-se de uma amostra grande o suficiente e que seja representativa do todo. No primeiro semestre de 2019, data da execução do experimento, constavam, no sistema interno de ordenamento da Universidade, 986 alunos matriculados em Engenharia Civil, dos quais 393 (aproximadamente 40%) nas três etapas iniciais do curso. Visando uma maior disponibilidade de estudantes, se definiu que as turmas integrantes do experimento estariam nas etapas iniciais da graduação.

Para o segundo, visando assegurar a exequibilidade do experimento, é interessante que a matéria ministrada esteja prevista em etapas futuras do curso, e que todos os pré-requisitos previstos no currículo já tenham sido ou estejam sendo obtidos. Essa configuração garantiria uma janela de tempo entre o atingimento desses pré-requisitos e a apresentação formal do conteúdo escolhido fosse suficiente para engajar professores e alunos, produzir material, apresentá-lo e avaliar o conhecimento dos alunos.

A disciplina de Mecânica Vetorial, programada para a terceira etapa, cumpre todos esses critérios, além de sempre contar com um número considerável de alunos cursando-a, e teve, no primeiro semestre de 2019, 111 vagas oferecidas e 108 ocupadas. Como consta em seu plano de ensino, a disciplina é dividida em três áreas: Estática, Geometria das Massas e Dinâmica. Essas três áreas ocupam em torno de um terço do semestre letivo cada.

A próxima disciplina na linha de Estruturas no currículo, Mecânica Estrutural I, tem como conteúdos previstos Isostática, Resistência dos Materiais: Tensões e Deformações e Projeto e Verificação de Estruturas de Barras. Para fins do presente experimento, foi considerado que, para o desenvolvimento do conteúdo de Isostática, só era necessário que os alunos dominassem os conteúdos de Estática ministrados em Mecânica Vetorial. Operacionalmente isso significa que, escolhendo-se um conteúdo inicial de Mecânica Estrutural I para ser ministrado para alunos cursando Mecânica Vetorial, a janela de tempo para realização do experimento era de dois terços do semestre letivo.

O conteúdo escolhido foi Solicitações, e os Professores Dra. Paula Manica e Dr. Alexandre Braun disponibilizaram suas turmas para teste. Ao todo, 85 alunos estavam aptos, nos critérios acima citados, 46 na denominada Turma A, e 39 na

Turma B. A terceira turma de Mecânica Vetorial ministrada no semestre do experimento não foi priorizada, pois era caracterizada por ter poucos alunos, a maioria dos quais eram repetentes, o que dificulta o recorte de turmas e grupos homogêneos e comparáveis entre si.

O conteúdo ministrado foi limitado a um período de aula, já que esse foi o tempo disponibilizado para a aula presencial nas turmas. Buscou-se, então, apresentar aos alunos o conceito e o comportamento das solicitações em um problema plano. As convenções de sinais desses momentos, e o sentido de plotagem dos gráficos não foi objeto de estudo.

5.2 AS ABORDAGENS: CLÁSSICA E CONTEMPORÂNEA

Com o objetivo de que a avaliação dos resultados não ficasse subordinada à abordagem com que o conteúdo foi tratado, mas fosse independente desta variável e, portanto, pudesse ser extrapolada mais seguramente, optou-se por apresentar o conteúdo seguindo duas abordagens distintas: uma, denominada Clássica, inspirada no Curso de Análise Estrutural Volume 1, de José Carlos Süssekind (SÜSSEKIND, 1947), e outra, denominada Contemporânea, elaborada pelo Autor e inspirada pela revisão da bibliografia acerca de aprendizado e psicologia cognitiva. Assim também foi possível traçar um comparativo entre as duas abordagens propostas, independente da modalidade empregada.

A seguir as duas abordagens serão descritas, tendo como auxílio visual as diferentes telas das videoaulas gravadas. Essas telas representam a construção final dos raciocínios desenvolvidos. Nos vídeos, assim como nas aulas, as equações, os modelos e as conclusões iam sendo escritas enquanto uma narração explicava os conceitos que as embasavam. Tal fotografia, nos vídeos, busca simular uma tutoria individual.

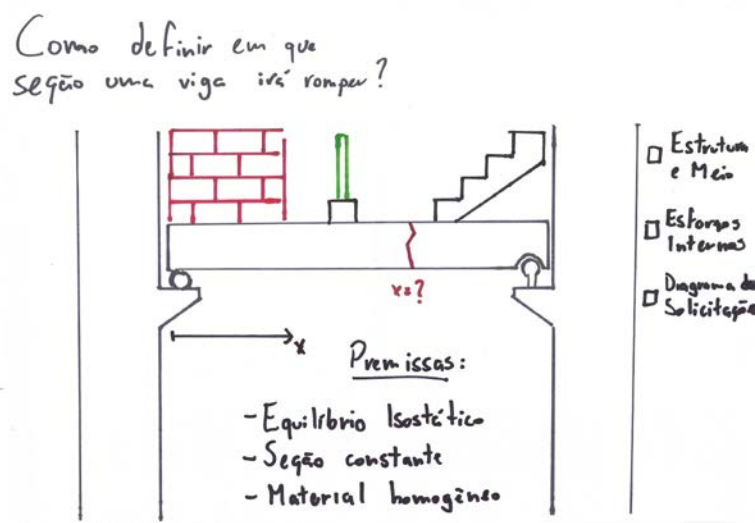
5.2.1 Abordagem Contemporânea

A Abordagem Contemporânea foi desenhada inspirada principalmente no ciclo de Kolb e na Teoria de Processo Dual, e propõe momentos de Experiência Concreta, Observação Reflexiva, Conceitualização Abstrata e Experimentação

Ativa, em maior ou menor medida. A construção do conceito proposto se dá a partir de uma análise de um caso específico e conclui em uma análise mais genérica.

Inicialmente é apresentada a situação problema o qual o conteúdo apresentado pretende propor uma solução: “Como definir em que seção uma viga irá romper?”. Como mostra a figura 3, além disso também são explicitadas as premissas que regem esse problema e quais assuntos serão tratados para elucidar o problema.

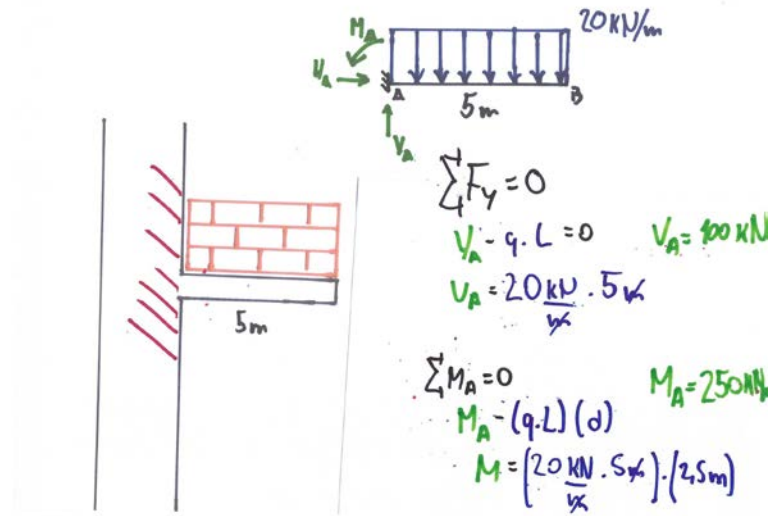
Figura 3 – Abordagem Contemporânea, vídeo 1, tela 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

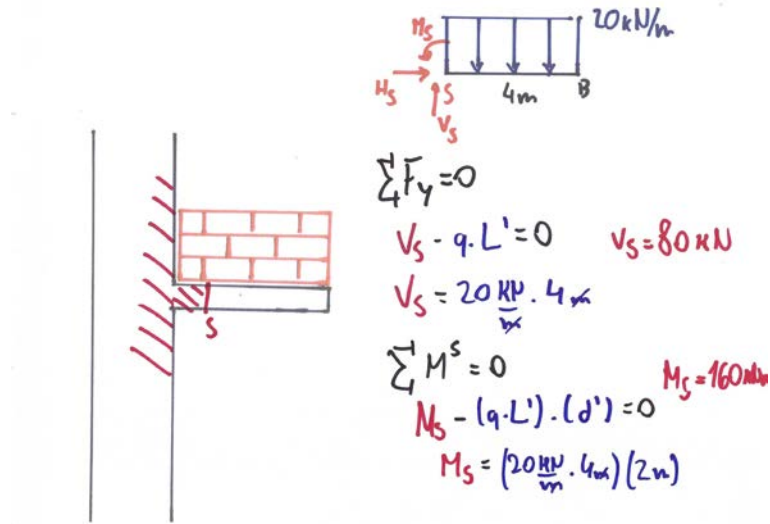
Então, é apresentada uma configuração de viga engastada (descrita como sendo a estrutura a ser analisada) a um prédio (descrito como o meio), carregada contínua e uniformemente ao longo de seu comprimento, e as reações no engaste são calculadas a partir das equações de equilíbrio (figura 4). Num segundo momento, as descrições de meio e estrutura são questionadas e revistas, e é proposto um novo problema, no qual a estrutura analisada é uma parcela do comprimento da viga original. Para esse novo problema também são calculadas as reações na interface estrutura–meio (figura 5). Conclui-se que a definição de meio e estrutura é arbitrária, e pode ser adaptada conforme for necessário para a análise.

Figura 4 – Abordagem Contemporânea, vídeo 1, tela 2



Fonte: elaborada pelo Autor.

Figura 5 – Abordagem Contemporânea, vídeo 1, tela 3

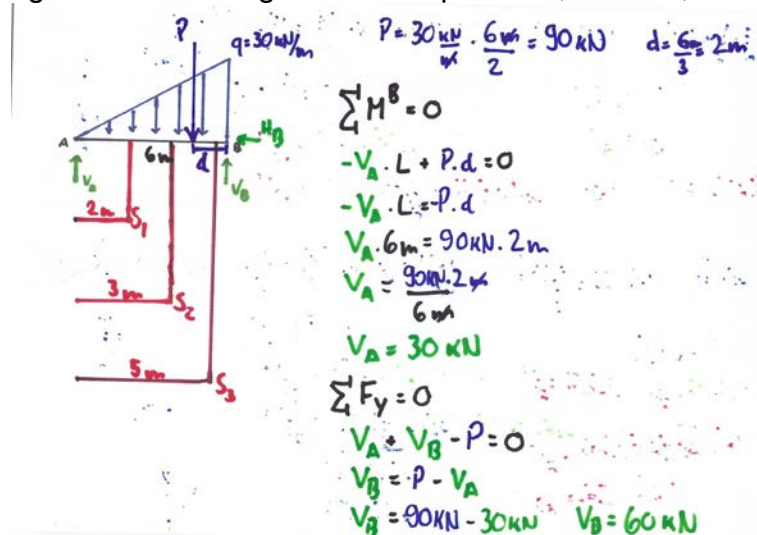


Fonte: elaborada pelo Autor.

Em seguida, outra situação é apresentada, na qual uma viga bi–apoiada suporta uma escada. Essa situação é modelada, conforme mostra a figura 6, como uma barra bi–apoiada submetida a uma carga triangular, e são calculadas as reações dos apoios. Propõe-se, assim como no caso anterior, que se seccione a estrutura, dessa vez em três pontos distintos. Para cada configuração resultante, também são calculadas as forças na interface estrutura–meio, como é visto na figura 7. Na terceira seção, é demandado dos alunos que pausem o vídeo e tentem

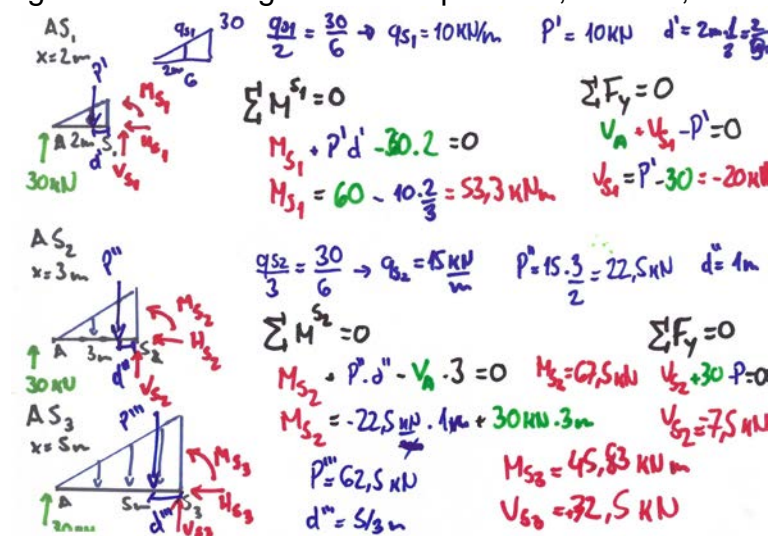
equacionar o problema, antes da solução ser mostrada. Conclui-se deste exercício que as forças ao seccionar uma estrutura variam conforme a seção analisada.

Figura 6 – Abordagem Contemporânea, vídeo 2, tela 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

Figura 7 – Abordagem Contemporânea, vídeo 2, tela 2

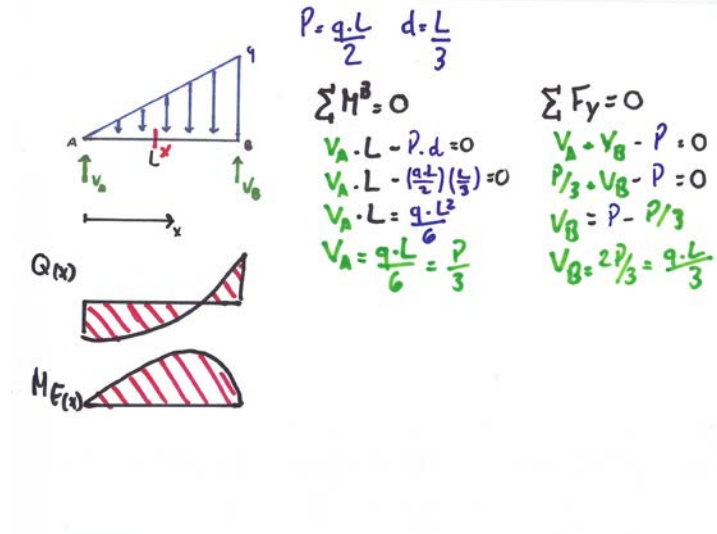


Fonte: elaborada pelo Autor.

Por fim, um problema análogo, porém mais genérico, é resolvido. Ao invés de valores numéricos para os parâmetros do problema, propõe-se um problema literal. A partir do diagrama de corpo livre, as equações de equilíbrio possibilitam a descoberta dos valores das reações (figura 8). Secciona-se o objeto em uma seção qualquer, a uma distância x do ponto A (figura 9) e as forças na interface estrutura-meio, agora denominadas Solicitações, são calculadas em função de x a partir das

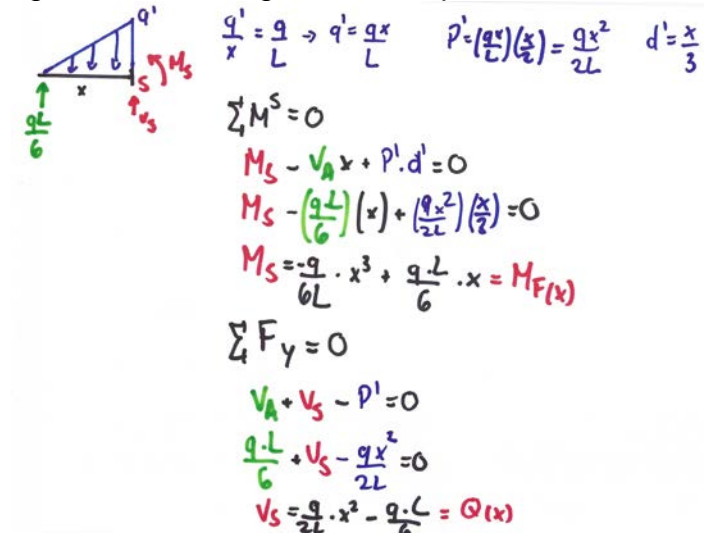
equações de equilíbrio. Apresenta-se o comportamento esperado dessas funções ao longo do eixo da barra, recuperando o desenho da figura 8 e completando-o com os gráficos. Conclui-se que o valor das solicitações depende da posição da seção analisada no eixo da viga, e é informado que uma viga tem maior tendência a romper nos pontos nos quais as Solicitações são máximas (figura 10).

Figura 8 – Abordagem Contemporânea, vídeo 3, tela 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

Figura 9 – Abordagem Contemporânea, vídeo 3, tela 2

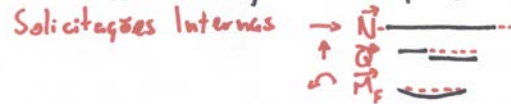


Fonte: elaborada pelo Autor.

Figura 10 – Abordagem Contemporânea, vídeo 3, tela 3

Conclusões:

- Definição de meio e estrutura é arbitrário;
- Vínculos representam restrições do meio à estrutura, que geram um conjunto de forças de reação;
- Uma barra contínua corresponde a uma série de barras membras que exercem entre si um conjunto de forças nas seções de contato;
- A essa série de conjuntos de forças se dá o nome de



- O valor dessas Solicitações depende da posição da seção no eixo da viga

Fonte: elaborada pelo Autor.

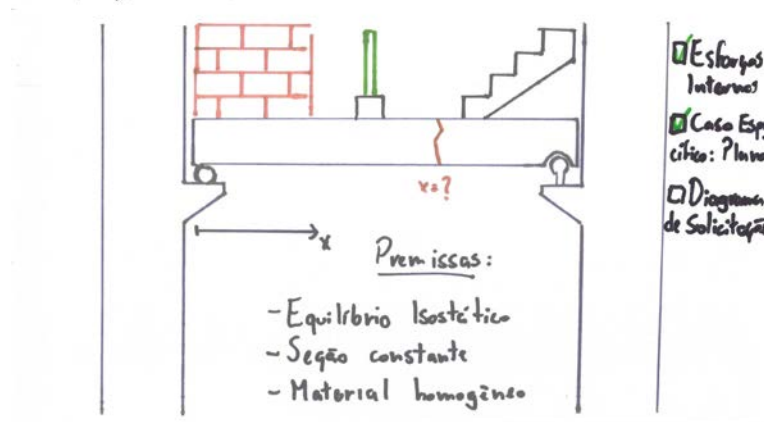
5.2.2 Abordagem Clássica

A Abordagem Clássica segue a linha lógica de construção do conhecimento proposta por Süsserkind (SÜSSEKIND, 1947), mantendo-se inalterada, independentemente de qualquer revisão bibliográfica apresentada no presente trabalho. A construção do conceito proposto se dá a partir de uma análise de um caso genérico e conclui em uma análise mais específica. As últimas análises propostas, tanto na Abordagem Contemporânea quanto na Clássica, são idênticas, garantindo, dessa forma, que ambas cheguem aos mesmos conceitos.

A introdução da Abordagem Clássica é bastante similar à Contemporânea, diferindo apenas na enumeração dos assuntos tratados na aula – como mostra a figura 11.

Figura 11 – Abordagem Clássica, vídeo 1, tela 1

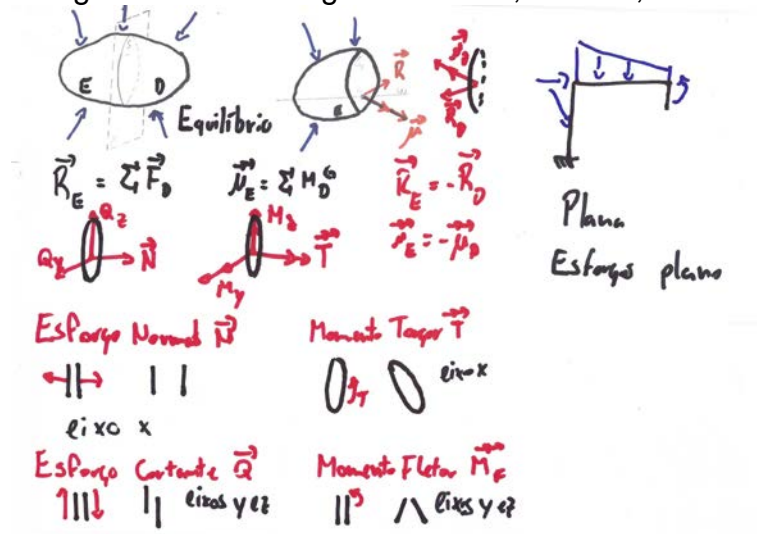
Como definir em que seção uma viga irá romper?



Fonte: elaborada pelo Autor.

Inicialmente é analisado um corpo qualquer, em equilíbrio e submetido a um sistema de forças. Esse corpo é seccionado por um plano qualquer P, dividido em duas partes: esquerda e direita. A partir da premissa que uma das partes está, como o corpo inteiro, também em equilíbrio, surge a necessidade de equilibrar essa parte com um sistema de força–momento. Esse sistema é, então, decomposto nos eixos normal e paralelos à seção, e são apresentadas as Solicitações: Esforços Normal e Cortantes (em y e em z), Momentos Torçor e Fletores (em y e em z). A demonstração deste desenvolvimento pode ser vista na figura 12.

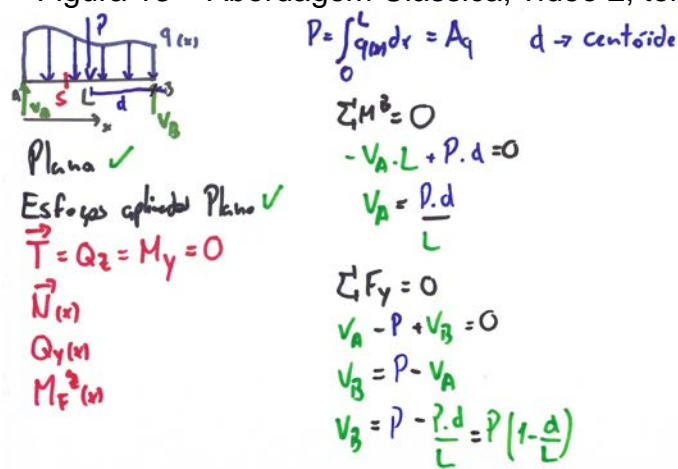
Figura 12 – Abordagem Clássica, vídeo 1, tela 2



Fonte: elaborada pelo Autor.

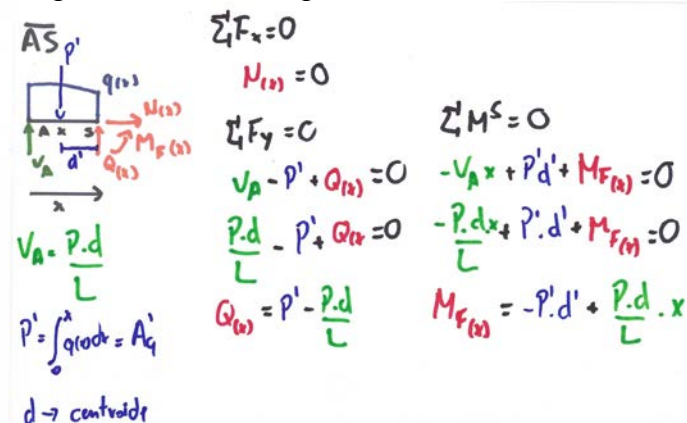
Na sequência, com a proposta de se analisar um caso comum nas análises estruturais desenvolvidas na Engenharia Civil, uma viga bi-apoiada submetida a uma carga distribuída qualquer é equacionada no equilíbrio (figura 13). Para explicitar os esforços internos da viga, se secciona a barra em uma seção qualquer S e se calcula o equilíbrio da barra resultante AS, e as solicitações na interface estrutura–meio são calculadas em função da distância x ao ponto A, se utilizando das equações de equilíbrio estático (figura 14).

Figura 13 – Abordagem Clássica, vídeo 2, tela 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

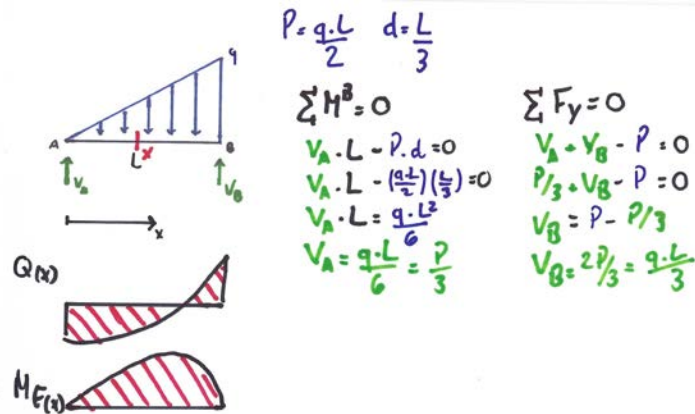
Figura 14 – Abordagem Clássica, vídeo 2, tela 2



Fonte: elaborada pelo Autor.

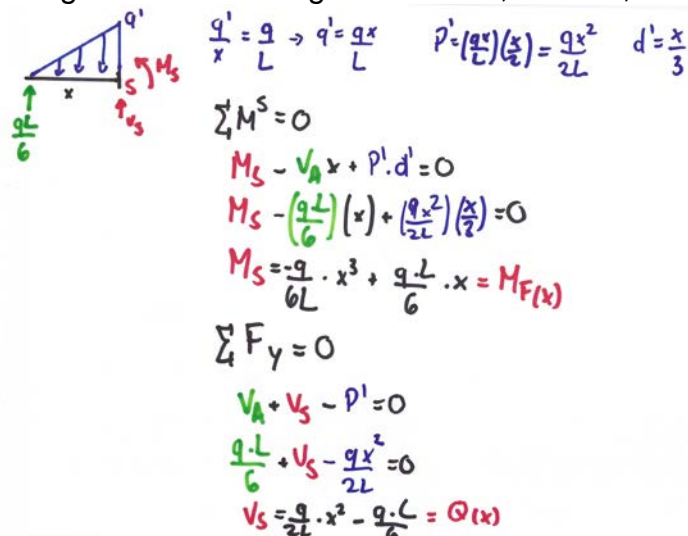
Por fim, um problema análogo, porém mais específico, é resolvido. Ao invés de uma carga distribuída qualquer, propõe-se uma de forma triangular. A partir do diagrama de corpo livre, as equações de equilíbrio possibilitam a descoberta dos valores das reações (figura 15). Assim como no problema anterior, secciona-se o objeto em uma seção qualquer, a uma distância x do ponto A (figura 16) e as solicitações na interface estrutura-meio são calculadas em função de x a partir das equações de equilíbrio. Apresenta-se o comportamento esperado dessas funções ao longo do eixo da barra. Conclui-se que uma viga tem maior tendência a romper nos pontos nos quais as Solicitações são máximas.

Figura 15 – Abordagem Clássica, vídeo 3, tela 1



Fonte: elaborada pelo Autor.

Figura 16 – Abordagem Clássica, vídeo 3, tela 2



Fonte: elaborada pelo Autor.

O final das Abordagens Clássica e Contemporânea são idênticos, as duas diferindo entre si justamente na maneira com a qual se constrói o raciocínio para chegar nesse ponto. Entende-se, assim, que ambas fornecem matéria suficiente para os alunos responderem corretamente ao exercício posteriormente proposto.

5.3 AS MODALIDADES: COMO DISPONIBILIZAR O CONTEÚDO

Cada turma foi dividida em três grupos, cada um destes passando por uma experiência de aprendizagem diferente: o Grupo 1, acessando o conteúdo somente na modalidade de videoaulas, o Grupo 2, acessando o conteúdo somente via aula presencial, e o Grupo 3, que acessava o conteúdo tanto por videoaulas quanto, posteriormente, em uma aula presencial, configurando um modelo híbrido.

A divisão dos grupos, dentro das turmas, foi feita tendo como base o número do aluno no ordenamento da Universidade (índice que ranqueia os alunos conforme o semestre e o histórico de conceitos de cada aluno). Organizando os alunos de cada turma pelo ordenamento, ao primeiro foi atribuído o Grupo 1, ao segundo, o Grupo 2, ao terceiro o Grupo 3 e no quarto, novamente, o Grupo 1. A posição média no ordenamento dos alunos do Grupo 1 é de 642, do Grupo 2 é de 649 e do Grupo 3 é de 644. Da mesma forma, a Turma A apresentou média de 646 e a Turma B, média de 649.

A aula presencial e a avaliação foram realizadas no horário de aula destas turmas, uma semana após os alunos serem informados, também no horário de aula, do teste que ocorreria, tomando conhecimento, ali, para qual grupo tinham sido designados. Na semana que antecedeu a avaliação, os alunos dos Grupos 1 e 3 receberam um e-mail com as instruções para assistirem às videoaulas, seguidos de dois e-mails lembrando-os de fazê-lo. Os alunos do Grupo 2 receberam um e-mail com instruções gerais de como se daria o experimento, e um e-mail lembrando-os de comparecer à aula no dia programado para a avaliação.

As videoaulas foram disponibilizadas no YouTube (MARTINS, 2019a; 2019b), na forma de *playlist* já na ordem que deveriam ser assistidos. Cada *playlist* (Clássica e Contemporânea) tinha três vídeos, variando de 10:03 de duração até 15:36. A *playlist* Contemporânea tem duração total de 38:55, enquanto a *playlist* Clássica tem duração de 35:38). Aos alunos era dada a possibilidade de rever o conteúdo quantas vezes achassem necessário.

5.4 AS EXPERIÊNCIAS: A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

Tanto as videoaulas quanto as aulas presenciais ministradas seguiram ao máximo os princípios descritos por Clark e Mayer (2011) para o desenho de experiências de aprendizagem multimídia efetivas. Por se utilizar do quadro branco para estímulos visuais, além da fala do professor, aulas presenciais foram consideradas elegíveis para a aplicação dos princípios.

A combinação entre grupos e abordagens possibilitou a criação de seis experiências de aprendizado distintas, oferecidas separadamente para os grupos de alunos. A cada grupo foi apresentada somente uma experiência de aprendizado, e os alunos foram informados que deveriam seguir ao máximo as instruções relativas à respectiva experiência. Todas as experiências apresentavam, ao menos uma vez, conteúdo suficiente e de forma integral para que fosse possível realizar o exercício posteriormente proposto. Após o exercício, todos os alunos receberam, via e-mail, uma videoaula da resolução do problema proposto.

5.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS: EXERCÍCIO DE VALIDAÇÃO DO CONHECIMENTO E QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO

Como citado anteriormente, 85 alunos estavam aptos a realizar o teste. Estes foram divididos em duas turmas, conforme as turmas nas quais estes estão cursando a disciplina de Mecânica Vetorial. Na turma A foi aplicada a Abordagem Contemporânea, com um total de 35 alunos participando do experimento, de um total de 46. Na B foi aplicada a Abordagem Clássica, com um total de 22 alunos participando do experimento, de um total de 39 (quadro 5). Na turma B, cinco respostas não foram consideradas, quatro pois os alunos estavam alocados no Grupo 1 e não assistiram nenhum dos vídeos, portanto não participaram de nenhuma experiência de aprendizado, e uma pois o aluno respondente relatou já ter tido contato com o conteúdo tratado em uma disciplina de outro curso. O Grupo 1 da Abordagem Clássica, o qual teve as quatro respostas desconsideradas por abstenções, destoou dos demais no tamanho da amostragem.

Quadro 5 – Número de alunos por experiência

| Número de alunos em cada experiência de aprendizado | | | | |
|--|---------|---------|---------|--------------|
| Abordagem | Grupo 1 | Grupo 2 | Grupo 3 | Total |
| Abordagem Contemporânea | 11 | 12 | 12 | 35 |
| Abordagem Clássica | 2 | 8 | 7 | 17 |
| Total | 13 | 20 | 19 | 52 |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Via de regra, os alunos seguiram as instruções e vivenciaram as experiências as quais foram alocados. Vale destacar a relativamente baixa adesão dos alunos do Grupo 3 às videoaulas, e a flutuação das taxas de visualização ao longo dos vídeos nos dois Grupos indicados para essa experiência – alguns alunos viram somente o vídeo 2, enquanto outros viram o primeiro vídeo e foram direto para o último (quadros 6 e 7).

Quadro 6 – Assiduidade dos alunos na Abordagem Contemporânea

| Assiduidade dos alunos – Abordagem Contemporânea | | | | |
|---|-----------------|---------|---------|---------|
| Abordagem Contemporânea | Aula presencial | Vídeo 1 | Vídeo 2 | Vídeo 3 |
| Grupo 1 | 0,00% | 81,82% | 100,00% | 63,64% |
| Grupo 2 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Grupo 3 | 100,00% | 83,33% | 75,00% | 41,67% |
| Total – experiência esperada | 100,00% | 82,61% | 86,96% | 52,17% |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Quadro 7 – Assiduidade dos alunos na Abordagem Clássica

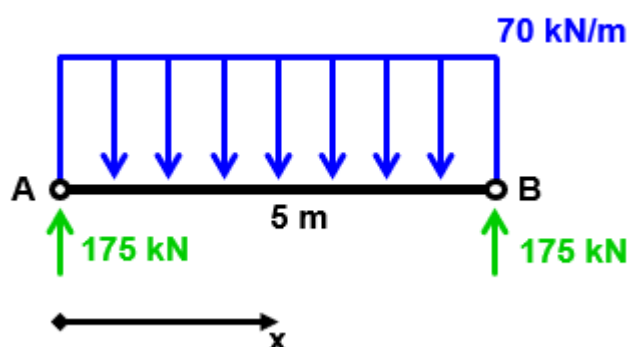
| Assiduidade dos alunos – Abordagem Clássica | | | | |
|--|-----------------|---------|---------|---------|
| Abordagem Clássica | Aula presencial | Vídeo 1 | Vídeo 2 | Vídeo 3 |
| Grupo 1 | 0,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |
| Grupo 2 | 100,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Grupo 3 | 100,00% | 42,86% | 14,29% | 28,57% |
| Total – experiência esperada | 100,00% | 55,56% | 33,33% | 44,44% |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Após os alunos vivenciarem a experiência, eles foram convidados a responder um exercício de validação do conhecimento (figura 17). O exercício

proposto consistia no diagrama de corpo livre de uma viga bi-apoiada de 5 metros de vão, sendo submetida a um carregamento distribuído, constante, de 70 kN/m, ao longo de todo o comprimento da mesma. As forças de reação em cada um dos apoios têm o mesmo módulo e direção: 175 kN para cima. O enunciado do problema pedia: Considerando o diagrama de corpo livre da viga a seguir, quais as equações descrevem o comportamento das solicitações $Q(x)$ e $M_F(x)$?

Figura 17 – Exercício aplicado para validação do conhecimento



Fonte: elaborada pelo Autor.

O desenvolvimento esperado prevê a aplicação do método das seções, na qual o aluno secciona a viga em uma seção qualquer, a uma distância x de um dos apoios, fazendo surgir, nesta seção, os esforços internos demandados no enunciado – $Q(x)$ e $M_F(x)$. Tendo a peça seccionada, ao equacionar o equilíbrio, atentando para o comprimento x da barra seccionada e contemplando os esforços internos, o aluno deve ser capaz de encontrar:

$$Q(x) = - 70x + 175 \quad (1)$$

$$M_F(x) = - 35x^2 + 175x \quad (2)$$

A figura 18 apresenta a tela final do vídeo de resolução do problema, enviado aos alunos após a realização do exercício (MARTINS, 2019c).

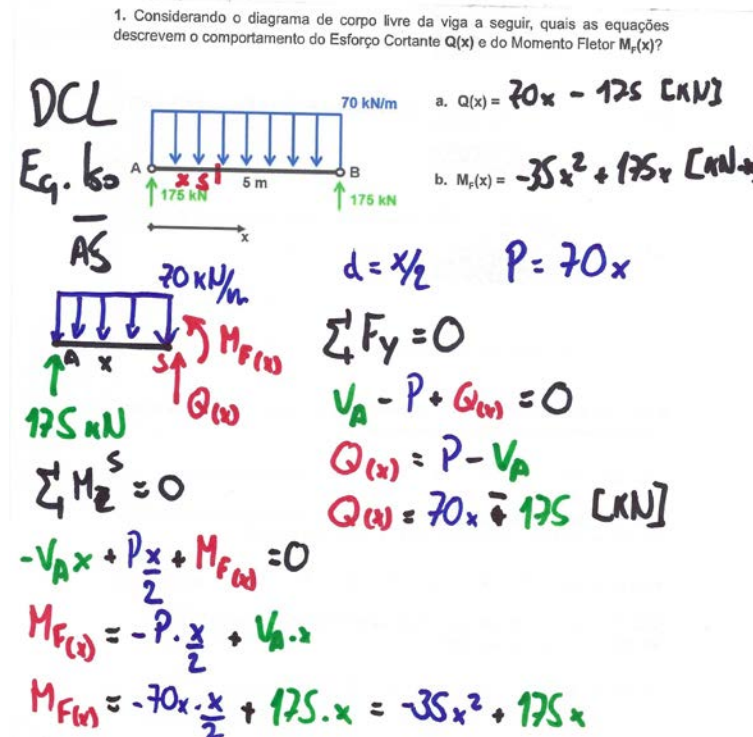
Para a correção e análise das respostas dadas ao exercício realizado, foi considerado um espectro de 5 estágios possíveis de respostas, sendo que cada estágio é acompanhado de uma nota correspondente:

0: Aquela aluno que não se apropriou em nada do conceito, por exemplo, equacionando o equilíbrio da peça inteira, respostas em branco, e sem uma linha lógica clara.

Exemplo de resposta para o Esforço Cortante que recebeu nota 0:

$$P'd'-Va.L = 0\text{kNm} \quad (3)$$

Figura 18 – Resolução do exercício proposto



Fonte: elaborada pelo Autor.

2: Aquele aluno que aparenta ter uma ideia do que deve ser feito para solucionar o problema, mas não conseguiu desenvolver a equação de forma satisfatória, por exemplo, explicitando, no equacionamento, as solicitações internas e a variável x , mas não de forma correta.

Exemplo de resposta para o Esforço Cortante que recebeu nota 2:

$$14x^2 - 175 \quad (4)$$

5: Aquele aluno que entendeu o conceito e conseguiu aplicá-lo, seja de forma literal ou de forma numérica, mas com algumas falhas no desenvolvimento, como sinais e valores trocados.

Exemplo de resposta para o Esforço Cortante que recebeu nota 5:

$$70x + 155 \quad (5)$$

9: Aquele aluno que desenvolveu o exercício de forma correta, chegando ao resultado esperado, porém utilizando uma análise literal, sem substituir e explicitar os valores de forças e distâncias apresentados no exercício.

Exemplo de resposta para o Esforço Cortante que recebeu nota 9:

$$qx - Va \quad (6)$$

10: Aquele aluno que desenvolveu o exercício de forma correta e numérica, conforme indicado no enunciado do problema.

Exemplo de resposta para o Esforço Cortante que recebeu nota 10:

$$70x - 175 \quad (7)$$

Um índice de percentual de acertos na questão foi calculado a partir do número de alunos com notas 9 e 10 em relação ao número de alunos total.

Abaixo, as análises das notas para o equacionamento do esforço cortante (quadro 8) e do momento fletor (quadro 9). Observa-se um aumento, em ambos os exercícios, na eficácia dos alunos que vivenciaram a experiência de videoaulas e de aulas presenciais, frente ao grupo que vivenciou apenas uma das duas. Quanto ao comparativo entre vivenciar apenas uma das duas experiências (Grupo 1 ou Grupo 2), não é observável nenhuma vantagem significativa de uma sobre a outra, quer nas médias das notas, quer no percentual de acertos da questão. Esses resultados convergem com os resultados observados na literatura.

As respostas dadas à equação do momento fletor foram, em média, mais acuradas. Aos alunos que foi apresentada a abordagem clássica, o desempenho no cálculo do esforço cortante foi maior, porém vale ressaltar que, por ser uma amostra significativamente menor (cerca de metade), resultados mais extremos são mais comuns. A porcentagem de acertos na abordagem clássica foi de 32,35%, ao passo que na abordagem contemporânea foi de 24,29%. Em compensação, a média das notas totais das duas abordagens foram literalmente idênticas (quadro 10). Face ao reduzido número da amostra e a semelhança dos resultados, não é possível indicar uma abordagem como melhor (quadro 11).

Quadro 8 – Contagem de notas, exercício de esforço cortante

| Análises dos cálculos do esforço cortante Q(x) – Contagem de notas | | | | | | | | |
|--|------|---|----|---|---|----|-------|----------|
| Amostra | Núm. | 0 | 2 | 5 | 9 | 10 | Média | % Acerto |
| Abordagem Contemporânea | 35 | 9 | 15 | 4 | 1 | 6 | 3,400 | 20,00% |
| Abordagem Clássica | 17 | 9 | 1 | 1 | 0 | 6 | 3,941 | 35,29% |
| Grupo 1 | 13 | 5 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3,231 | 23,08% |
| Grupo 2 | 20 | 8 | 5 | 3 | 0 | 4 | 3,250 | 20,00% |

| | | | | | | | | |
|---------|----|----|----|---|---|----|-------|--------|
| Grupo 3 | 19 | 5 | 7 | 1 | 0 | 6 | 4,158 | 31,58% |
| Total | 52 | 18 | 16 | 5 | 1 | 12 | 3,577 | 25,00% |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Quadro 9 – Contagem de notas, exercício de momento fletor

| Análises dos cálculos do momento fletor $M_f(x)$ – Contagem de notas | | | | | | | | |
|--|------|----|----|---|---|----|-------|----------|
| Amostra | Núm. | 0 | 2 | 5 | 9 | 10 | Média | % Acerto |
| Abordagem Contemporânea | 35 | 9 | 14 | 2 | 2 | 8 | 3,886 | 28,57% |
| Abordagem Clássica | 17 | 10 | 1 | 1 | 0 | 5 | 3,353 | 29,41% |
| Grupo 1 | 13 | 5 | 4 | 1 | 1 | 2 | 3,231 | 23,08% |
| Grupo 2 | 20 | 9 | 5 | 1 | 1 | 4 | 3,200 | 25,00% |
| Grupo 3 | 19 | 5 | 6 | 1 | 0 | 7 | 4,579 | 36,84% |
| Total | 52 | 19 | 15 | 3 | 2 | 13 | 3,712 | 28,85% |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Quadro 10 – Contagem de notas, média dos dois exercícios

| Análises dos cálculos dos dois esforços – Contagem de médias | | | | | | | |
|---|------|-----|-----|-----|-----|------|-------|
| Amostra | Núm. | 0-2 | 2-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 | Média |
| Abordagem Contemporânea | 35 | 21 | 3 | 3 | 1 | 7 | 3,643 |
| Abordagem Clássica | 17 | 10 | 1 | 0 | 1 | 5 | 3,647 |
| Grupo 1 | 13 | 9 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3,231 |
| Grupo 2 | 20 | 11 | 4 | 1 | 0 | 4 | 3,225 |
| Grupo 3 | 19 | 11 | 0 | 2 | 0 | 6 | 4,368 |
| Total | 52 | 31 | 4 | 3 | 2 | 12 | 3,644 |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Quadro 11 – Comparação entre os exercícios e a média

| Análises consolidada dos cálculos dos dois esforços | | | | | | |
|--|------|-------|----------|----------|--------|----------|
| Exercício | Núm. | Total | Cortante | | Fletor | |
| Amostra | | Média | Média | % Acerto | Média | % Acerto |
| Abordagem Contemporânea | 35 | 3,643 | 3,400 | 20,00% | 3,886 | 28,57% |
| Abordagem Clássica | 17 | 3,647 | 3,941 | 35,29% | 3,353 | 29,41% |
| Grupo 1 | 13 | 3,231 | 3,231 | 23,08% | 3,231 | 23,08% |
| Grupo 2 | 20 | 3,225 | 3,250 | 20,00% | 3,200 | 25,00% |
| Grupo 3 | 19 | 4,368 | 4,158 | 31,58% | 4,579 | 36,84% |

| | | | | | | |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|--------|
| Total | 52 | 3,644 | 3,577 | 25,00% | 3,712 | 28,85% |
|-------|----|-------|-------|--------|-------|--------|

Fonte: elaborada pelo Autor.

Ao final do exercício, pedia-se aos alunos para classificarem, em uma escala de 1 a 7, seu nível de atenção durante a experiência, o nível de confiança que tinham acerca da resposta dada no exercício, e o nível de dificuldade enfrentada na resolução deste. Quanto à percepção que os alunos tiveram do seu nível de atenção à experiência vivenciada (quadro 12), é constatado um aumento desse indicador na sub-amostra dos alunos que acertaram ao menos uma das equações (ou seja, notas 9 e 10), e o nível de confiança na resposta dada também aumenta (quadro 13).

Quadro 12 – Percepção de nível de atenção

| Percepção de nível de atenção | | | | | | | | | |
|-------------------------------|------|---|---|---|---|----|----|---|--------------|
| Amostra | Núm. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Média |
| Abordagem Contemporânea | 19 | 0 | 2 | 3 | 6 | 8 | 13 | 2 | 4,971 |
| Abordagem Clássica | 12 | 4 | 0 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 3,333 |
| Grupo 1 | 7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 4 | 6 | 0 | 4,923 |
| Grupo 2 | 10 | 2 | 0 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 4,357 |
| Grupo 3 | 14 | 1 | 2 | 3 | 1 | 7 | 4 | 1 | 4,421 |
| Alunos que acertaram | 7 | 0 | 1 | 0 | 1 | 5 | 6 | 1 | 5,286 |
| Total | 31 | 4 | 2 | 5 | 6 | 14 | 13 | 2 | 4,543 |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Quadro 13 – Percepção de nível de confiança

| Percepção de nível de confiança | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|----|---|---|----|---|---|---|--------------|
| Amostra | Núm. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Média |
| Abordagem Contemporânea | 30 | 5 | 2 | 7 | 10 | 6 | 4 | 1 | 3,743 |
| Abordagem Clássica | 15 | 5 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3,176 |
| Grupo 1 | 12 | 2 | 2 | 1 | 5 | 2 | 1 | 0 | 3,462 |
| Grupo 2 | 18 | 5 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 0 | 3,350 |
| Grupo 3 | 15 | 3 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 | 2 | 3,842 |
| Alunos que acertaram | 8 | 0 | 1 | 0 | 1 | 6 | 3 | 1 | 5,083 |
| Total | 45 | 10 | 5 | 8 | 13 | 9 | 5 | 2 | 3,558 |

Fonte: elaborada pelo Autor.

O mais notável, entretanto, é o significativo aumento na percepção de nível de dificuldade do exercício realizado. Alunos que acertaram, via de regra, entenderam que o exercício que estavam resolvendo era mais difícil em comparação àqueles que não acertaram.

A Teoria do Processo Dual fornece uma explicação possível para esse fenômeno observado. Segundo Kahneman e Leite (2011), a sensação de dificuldade amplia a participação do Sistema 2 no processo de resolução do exercício, possibilitando um raciocínio mais acurado. Outra possibilidade, não necessariamente excludente à proposta por Kahneman e Leite (2011), é a de que a percepção de dificuldade só é possível a partir de um entendimento mais profundo acerca do conteúdo, que, por sua vez, é proporcional à acuracidade na resolução. No quadro 14 são apresentadas essas respostas.

Quadro 14 – Percepção de nível de dificuldade

| Percepção de nível de dificuldade | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|------|---|----|----|----|---|---|---|--------------|
| Amostra | Núm. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | Média |
| Abordagem Contemporânea | 35 | 0 | 14 | 8 | 9 | 4 | 0 | 0 | 3,086 |
| Abordagem Clássica | 15 | 2 | 5 | 2 | 5 | 1 | 1 | 0 | 3,063 |
| Grupo 1 | 12 | 0 | 4 | 2 | 5 | 1 | 1 | 0 | 3,462 |
| Grupo 2 | 19 | 0 | 7 | 5 | 5 | 2 | 0 | 0 | 3,105 |
| Grupo 3 | 19 | 2 | 8 | 3 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2,789 |
| Alunos que acertaram | 5 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 | 4,778 |
| Total | 50 | 2 | 19 | 10 | 14 | 5 | 1 | 0 | 3,078 |

Fonte: elaborada pelo Autor.

Do experimento é possível extrair ao menos 5 conclusões.

1. Como esperado, diferentes propostas de experiência de aprendizagem geram diferentes níveis de engajamento dos alunos a elas, e em uma abordagem exclusivamente composta por videoaulas é mais difícil para o ministrante gerir a motivação e o engajamento dos alunos no conteúdo.
2. Não foi possível apontar uma abordagem, entre a Clássica e a Contemporânea, como melhor que a outra em termos de eficácia. Contudo, os alunos consideraram estar com nível de atenção mais alto na abordagem

Contemporânea, e esta apresentou uma variabilidade maior nas notas alcançadas.

3. A modalidade exclusivamente composta pela Aula Presencial apresentou um desempenho levemente maior frente a composta por Videoaulas. Apesar disso, não foi possível apontar uma modalidade, entre Aula Presencial exclusivamente e Videoaula exclusivamente, como melhor que a outra em termos de eficácia.
4. O uso das duas modalidades, Videoaula e Aula Presencial, sobre um mesmo grupo de alunos resultou em eficácia significativamente maior que o obtido com o emprego de apenas uma modalidade. Tal resultado pode decorrer tanto de um maior tempo de contato dos alunos com o conteúdo, da configuração de uma sala de aula invertida, em que os alunos vão para uma aula presencial já com um estudo prévio do conteúdo, quanto da maior chance que essa modalidade tem de contemplar as preferências pessoais de cada aluno.
5. A percepção do nível de dificuldade do exercício proposto aumentou com o aumento do entendimento do conteúdo ministrado. Isso reforça a percepção corrente de que o aluno precisa ter tido um mínimo de contato com o conteúdo (estudo) para perceber os conceitos que não foram corretamente compreendidos, e somente identificando suas dúvidas que o mesmo pode tirar proveito pleno de uma aula presencial. Isso aponta uma das vantagens de abordagens híbridas.

6 CONHECIMENTO CONSTRUÍDO – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 A BASE CONCEITUAL SOBRE ENSINO E APRENDIZAGEM

Vários autores destacam a falta de um corpo de conhecimento único e coeso acerca do ensino e aprendizagem, o que dificulta, principalmente, a busca por referências para embasar experimentos. O construtivismo e suas teorias derivadas compõe a maioria dos estudos estruturados na área, porém ainda não oferecem uma visão completa sobre como o conhecimento se desenvolve.

A Teoria do Processo Dual é um modelo de cognição que elucida alguns dos principais aspectos do pensamento, conhecimento e aprendizado. A Teoria modela o pensamento em dois sistemas, o Sistema 1, rápido, intuitivo e automático, e o Sistema 2, devagar, lógico-formal e controlado. Além disso, Kahneman e Leite (2011) trazem o conceito de Perícia Intuitiva para situações em que a resposta dada pelo Sistema 1 é, na maior parte das vezes, correta.

Kolb, na proposição do Ciclo que leva o seu nome, traduz as descobertas dos principais estudiosos construtivistas em uma estrutura de desenho de experiências de aprendizagem mais efetivas. Essas experiências contemplam quatro momentos distintos, Experiência Concreta, Observação Reflexiva, Conceitualização Abstrata e Experimentação Ativa, que, se trabalhadas adequadamente, potencializam a fixação do conhecimento em memória de longo prazo.

A motivação é uma variável complexa de se controlar e manipular, seja em experimentos controlados, seja no exercício das atividades docentes. A Teoria da Carga Cognitiva é uma tentativa de, além de outras coisas, minimizar os efeitos da falta de motivação nos alunos. Clark e Mayer (2011) estipulam princípios que devem ser seguidos para a execução de experiências de aprendizado multimídia.

Por fim, a análise da lista de ferramentas educacionais da Education Endowment Foundation evidencia o papel das devolutivas na construção e fixação do conhecimento, e as dificuldades de se entregar devolutivas efetivas num ambiente puramente digital. A análise dos resultados do uso de tecnologia digital na educação evidencia a necessidade de um olhar mais específico acerca da efetividade de videoaulas.

6.2 O EXPERIMENTO REALIZADO E SEUS RESULTADOS

Foram testadas, em diferentes turmas de estudantes de Engenharia Civil, duas abordagens diferentes de ensino de Análise Estrutural, uma, denominada Clássica, inspirada no Curso de Análise Estrutural Volume 1, de José Carlos Süssekind (SÜSSEKIND, 1947), e outra, denominada Contemporânea, elaborada pelo Autor e inspirada pela revisão da bibliografia acerca de aprendizado e psicologia cognitiva.

Cada uma dessas abordagens foi apresentada aos estudantes por três diferentes modalidades de aprendizagem, o primeiro puramente à distância, utilizando uma abordagem multimídia, o segundo puramente presencial, e o terceiro híbrido, apresentando o conteúdo tanto de forma multimídia à distância, quanto de forma presencial, caracterizando uma abordagem tipo sala de aula invertida. Ao final, todos os grupos foram submetidos ao mesmo teste de conhecimento sobre o conteúdo ministrado e a um formulário questionando a percepção dos mesmos quanto às experiências e ao teste executado.

Primeiramente, notou-se uma dificuldade em gerir a motivação e o engajamento dos alunos que participaram do experimento na modalidade composta exclusivamente por videoaulas. Não foi possível afirmar que uma abordagem, entre a Clássica e a Contemporânea, foi mais efetiva que a outra, uma vez que a média da nota obtida pelos alunos foi rigorosamente a mesma, apesar de haver uma maior taxa de acertos na Abordagem Clássica. Entre as modalidades, não se percebeu diferença significativa na comparação dos resultados das modalidades exclusivamente à distância e exclusivamente presencial, entretanto, o grupo de estudantes submetidos à modalidade híbrida apresentou resultados significativamente melhores do que os demais.

Quando comparados à amostra completa, alunos que acertaram o exercício declararam estarem mais atentos durante as aulas (sejam estas videoaulas, aulas presenciais, ou ambas). O nível de confiança no resultado do exercício realizando também foi maior, assim como a percepção de dificuldade do exercício. Alunos que acertaram, via de regra, estavam mais atentos, mais confiantes, e perceberam o exercício como mais difícil.

6.3 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

As virtudes da ciência como ferramenta de busca da verdade frente a outras tentativas de encontrá-la residem nos princípios de seu método: caracterização de fatos, refutabilidade de hipóteses, replicabilidade de experimentos e capacidade de previsão. Assim, o primeiro e talvez mais necessário estudo futuro é a replicação e revisão do experimento realizado por pares.

A revisão bibliográfica evidenciou, também, a necessidade de análises mais fundamentais às feitas no presente trabalho:

- Revisão bibliográfica ampla sobre ensino superior de engenharia;
- Análise crítica acerca dos métodos utilizados para mensuração do conhecimento no contexto do ensino superior de engenharia;
- Análise comparativa entre diferentes maneiras de entregar devolutivas sobre a aquisição de perícia intuitiva, como, por exemplo:
 - Entre listas de exercício sem respostas, com respostas, com respostas e resolução e com resolução personalizada (indicando onde e porque o aluno errou);
 - Atividades de recuperação nas quais a primeira avaliação foi corrigida e comentada com a turma, e situações na qual a primeira avaliação não foi comentada;
- Análise comparativa entre abordagens que contemplem, cada, um dos três ciclos destacados por Kolb, no contexto do ensino superior de engenharia;
- Análise comparativa entre diferentes ferramentas listadas pela EEF, no contexto do ensino superior de engenharia.

Progredindo na linha de pesquisa abordada no presente trabalho, um experimento similar, uniformizando o tempo de exposição do grupo com metodologia híbrida com o tempo de exposição dos demais grupos pode trazer importantes deduções acerca das causas do resultado observado por ora. Um experimento mais duradouro, contemplando a totalidade de uma disciplina, por exemplo, possibilita a avaliação do impacto das diferentes modalidades em escala real, validando sua aplicabilidade nos currículos correntes da Escola de Engenharia da UFRGS.

Os programas de pós-graduação da EE-UFRGS fazem da Universidade *alma mater* de considerável parcela do corpo docente que forma os engenheiros do Brasil, principalmente na região sul. Formar excelentes docentes passa por tratar a matéria base da futura profissão destes – ensino – com o mesmo rigor com que são tratadas matérias próprias da Engenharia.

É função exclusiva do engenheiro ensinar engenharia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO 9000**: Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2015.

AOUN, Joseph E. **Robot-Proof**: Higher Education in the Age of Artificial Intelligence. Cambridge: The Massachusetts Institute of Technology Press, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. **Processo nº 23001.000141/2015-11**. Comissão: Luiz Roberto Liza Curi, Antonio Carbonari Netto, Francisco César de Sá Barreto e Paulo Monteiro Vieira Braga Barone. Relator Antonio de Araujo Freitas Júnior. Porto Alegre, 23 de janeiro de 2019.

_____. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em:
<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 10 jul. 2019.

BROWN, Tim. Design thinking. **Harvard Business Review**, v. 86, n. 6, p. 85-92, jun. 2008.

CANTO FILHO, Alberto Bastos do. **Motrac – Modelos de Trajetórias de aprendizagem**. 2015. 134 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2015.

CLARK, Ruth Colvin; MAYER, Richard E. **E-learning and the Science of Instruction**: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning. 3. ed. Estados Unidos da América: Pfeiffer, 2011.

DEWEY, John. **Experience and Education**. Nova York: Touchstone, 1938.

DWECK, Carol S.; DUARTE, S. **Mindset**: A nova psicologia do sucesso. 1. ed. São Paulo: Objetiva, 2017.

EDUCATION Endowment Foundation (EEF). [2019a?]. Disponível em:
<<https://educationendowmentfoundation.org.uk/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

EDUCATION Endowment Foundation (EEF). **Cost**. [2019b?]. Disponível em:
<<https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/about-the-toolkits/cost/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

EDUCATION Endowment Foundation (EEF). **Evidence strength**. [2019c?]. Disponível em:
<<https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/about-the-toolkits/evidence-strength/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

EDUCATION Endowment Foundation (EEF). **Impact**. [2019d?]. Disponível em: <<https://educationendowmentfoundation.org.uk/evidence-summaries/about-the-toolkits/attainment/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

FELDER, Richard M.; BRENT, Rebecca. Understanding Student Differences. **Journal of Engineering Education**, [S.l.], v. 94, n. 1, p. 57-72, jan. 2005.

FOLLETT, Mary Paker. **Dynamic Administration**. London: Pitman Publishing, 1940.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974. p. 253.

HARARI, Yuval Noah; MARCOANTONIO, Janaína. **Sapiens: Uma Breve História da Humanidade**. 1. ed. Porto Alegre: L&PM, 2015.

HOWARD-JONES, Paul A. Neuroscience and education: myths and messages. **Nature Reviews Neuroscience**. v. 15, p. 817-824, 2014. Disponível em <<https://www.nature.com/articles/nrn3817>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

JERVIS, Kathe; TOBIER, Arthur. **Education for Democracy. Cambridge School Conference on Progressive Education**. Weston: Cambridge School, 1988.

JUNG, Carl. **Psychological Types**. Nova York: Routledge, 2016. p. 568.

KAHNEMAN, Daniel; LEITE, Cássio de Arantes. **Rápido e devagar: duas formas de pensar**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2011.

KOLB, Alice Y.; KOLB, David A. **The Experiential Educator: Principles and Practices of Experiential Learning**. Kaunakakai: Experience Based Learning Systems, 2017.

KOLB, David. A. **Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development**. 2. ed. Nova Jersey: Pearson Education, 2015.

LEWIN, K.; LEWIN, Gertrude W. (Org.). **Resolving social conflicts: selected papers on group dynamics [1935-1946]**. Nova York: Harper and Brothers, 1948.

MARTINS, José Ignácio. **Introdução à Análise Estrutural**. Mountain View: Google, 2019a. (3 vídeos, 35 min 38 s). Disponível em: <<http://bit.ly/videoaulaclassica>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

_____. **Introdução à Análise Estrutural**. Mountain View: Google, 2019b. (3 vídeos, 38 min 55 s). Disponível em: <<http://bit.ly/videoaulacontemporanea>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

_____. **Introdução à Análise Estrutural - Resolução**. Mountain View: Google, 2019c. (9 min 13 s). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=J7vhToYRIFA>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

MEANS, Barbara et al. The Effectiveness of Online and Blended Learning: A Meta-Analysis of the Empirical Literature. **Teachers College Record**, v. 115, p. 1-47, mar. 2013.

MULLER, Derek A. et al. Saying the wrong thing: improving learning with multimedia by including misconceptions. **Journal of Computer Assisted Learning**, [S.l.], v. 24, p. 144–155, 2008.

_____. **This Will Revolutionize Education**. Mountain View: Google, 2019. (7 min e 22 s). Disponível em: <<https://youtu.be/GEmuEWjHr5c>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

NAÇÕES UNIDAS. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Paris, 10 dez. 1948. Disponível em: <<http://www.onu.org.br/img/2014/09/DUDH.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

NAKANO, Tatiana de Cassia. A criatividade pode ser medida? Reflexões sobre métodos utilizados e questões envolvidas. **Arq. bras. psicol.**, Rio de Janeiro, v. 70, n.1, jan./abr. 2018.

Paivio, A. **Mental representations: a dual coding approach**. Oxford: Oxford University Press, 1986.

PIAGET, J. **Psychology and Epistemology: Towards a Theory of Knowledge**. Nova York: Grossman, 1971.

RODGERS, Carl R. **Freedom to Learn**. Columbus: Charles E. Merrill, 1969.

STEUP, Matthias. Epistemology. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**, 2018. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2018/entries/epistemology/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

SÜSSEKIND, José Carlos. **Curso de Análise Estrutural 1: Estruturas Isostáticas**. 6. ed. Rio de Janeiro: Globo, 1947.

SWELLER, John. Cognitive Load During Problem Solving: Effects On Learning. **Cognitive Science**, [S.l.], v. 12, p. 257-285, 1988.

VYGOTSKY, L. S. **Educational Psychology**. Florida: St. Lucie Press, 1992.

WANKAT, Phillip C.; OREOVICZ, Frank S. **Teaching Engineering**. West Lafayette: Purdue University Press, 2013.

_____. **Teaching Engineering**. 2. ed. West Lafayette: Purdue University Press, 2015.

GOODMAN, Russell. William James. **The Stanford Encyclopedia of Philosophy**. 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/james/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

WILLIAM James. **Stanford Encyclopedia of Philosophy**, [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://plato.stanford.edu/entries/james/>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES

ALBA, Diego; RAUBER, Renan. **Estática, Isostática e Hiperestática: Curso completo**. [S.l.]: Me Salva! Cursos e Consultorias Ltda., [2019?]. Disponível em: <<http://bit.ly/casodominiocontemporaneo>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

BATES, A. W. **Teaching in a digital age**: Guidelines for designing teaching and learning. [S.l.], 2015.

BEER, Ferdinand P. et al. **Vector mechanics for engineers, Statics and dynamics**. 9. ed. Nova York: McGraw-Hill, 2010.

DITCHER, Anne K. Effective Teaching and Learning in Higher education, with Particular Reference to the Undergraduate Education of Professional Engineers. **Int. J. Engng Ed.**, Grã-Bretanha, v. 17, n. 1, p. 24-29, 2001.

EDUCATION Endowment Foundation (EEF). **Teaching & Learning Toolkit**. [2018?].

ESIN01. **Forças internas**. [S.l.]: Me Salva! Cursos e Consultorias Ltda., [2019?]. (11 min 53 s). Disponível em: <<http://bit.ly/casocontemporaneo>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

FELDER, Richard M.; SILVERMAN, Linda. Learning and Teaching Styles In Engineering Education. **Engr. Education**, [S.l.], v. 78, n. 7, p. 674-681, 1988.

FELDER, R. M.; FELDER, G. N.; DIETZ, E. J. The effects of personality type on engineering student performance and attitudes. **Journal of Engineering Education**, [S.l.], v. 91, n. 1, p. 3-17, 2002.

FREEMAN, Scott et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **PNAS**, [S.l.], v. 111, n. 23, p. 8410-8415, jun. 2014.

FRY, Heather; KETTERIDGE, Steve; MARSHALL, Stephanie. **A Handbook for Teaching and Learning in Higher Education: enhancing academic practice**. 3. ed. Nova York: Routledge, 2009.

HIBBELER, R. C. **Estática**: mecânica para engenharia. 10. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

_____. **Engineering Mechanics Statics**. 12. ed. [S.l.], 2009.

KUAN, Nigel et al. Embedding research principles into multimedia teaching and learning tools. In: MOTIVATING SCIENCE UNDERGRADUATES: IDEAS AND INTERVENTIONS, 2009, Sydney. **Anais...** Sydney: UniServe Science Conference Proceedings, 2009. p. 167-172.

MASUERO, João Ricardo; CREUS, Guilherme Juan. **Introdução à mecânica estrutural**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1997.

MAYER, Richard E. 12 Principles of Multimedia Learning. In: _____. **Multimedia Learning**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

MEANS, Barbara et al. **Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies**. Washington: U.S. Department of Education, 2010.

MULLER, Derek A.; EKLUND John; SHARMA, Manjula D. The future of multimedia learning: Essential issues for research. In: Australian Association for Research in Education Annual Conference, 2005, Sydney. **Anais...** Sydney: Western Sydney University Parramatta, 2005.

MULLER, Derek A. et al. Conceptual change through vicarious learning in an authentic physics setting. **Instr Sci** [S.l.], n. 35, p. 519–533, 2007.

MULLER, Derek A.; LEE, Kester J.; SHARMA, Manjula D. Coherence or interest: Which is most important in online multimedia learning? **Australasian Journal of Educational Technology**, [S.l.], v. 24, n. 2, p. 211-221, 2008.

MULLER, Derek Alexander. **Designing Effective Multimedia for Physics Education**. 2008. 316 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - School of Physics University of Sydney, Sydney, 2008.

MULLER, Derek A.; SHARMA, Manjula D.; REIMANN, Peter. Raising Cognitive Load with Linear Multimedia to Promote Conceptual Change. **Wiley InterScience**, [S.l.], v. 92, p. 278-296, 2008.

MULLER, Derek A.; SHARMA, Manjula D. Tackling misconceptions in introductory physics using multimedia presentation. In: Teaching and Learning Research Proceedings, 2007, Sydney. **Anais...** Sydney: UniServe Science Conference Proceedings, 2007. p. 58-63.

SORDEN, Stephen D. **The Cognitive Theory of Multimedia Learning**. 2012.

UNIVESP. **Resistência dos Materiais - Aula 01 - Estática das estruturas: definições gerais**. Mountain View: Google, 2016. (33 min 27 s). Disponível em: <<http://bit.ly/casodominiosclassicos>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

_____. **Resistência dos Materiais - Aula 02 - Definição de esforços solicitantes**. Mountain View: Google, 2016. (22 min 53 s). Disponível em: <<http://bit.ly/casoclassico1>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

_____. **Resistência dos Materiais - Aula 06 - Diagramas de esforço cortante e momento fletor**. Mountain View: Google, 2016. (21 min 52 s). Disponível em: <<http://bit.ly/casoclassico2>>. Acesso em: 10 jul. 2019.

VISCO JR., Donald P. Review of Teaching Engineering, Second Edition by Phillip C. Wankat and Frank S. Oreovicz – Purdue University Press (2015). **ChE book review**, [S.I.], v. 50, n. 2, p. 97, 2016.

YOKOMOTO, Charles F.; WARE, Roger. Applications of the Myers-Briggs Type Indicator in Engineering and Technology Education--Part II. **Session 2230**, [S.I.], p. 4.88.1-4.88.10.