

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

LÍDIA KELLEN SOUSA ROCHA RODRIGUES

APLICAÇÃO DO USO DO KIT MOLA COMO MATERIAL DIDÁTICO NO ENSINO
DE ENGENHARIA ESTRUTURAL

Jataí
2022

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico/Tecnológico - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Lídia Kellen Sousa Rocha Rodrigues

Matrícula: 20182020260040

Título do Trabalho: Aplicação do uso do Kit Mola como material didático no ensino de Engenharia Estrutural

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Jataí, 21/03/2022.

Local

Data

Lidia Kellen Sousa Rocha Rodrigues

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

LÍDIA KELLEN SOUSA ROCHA RODRIGUES

**APLICAÇÃO DO USO DO KIT MOLA COMO MATERIAL DIDÁTICO NO ENSINO
DE ENGENHARIA ESTRUTURAL**

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mônica Maria Emerenciano Bueno

Jataí
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Rodrigues, Lídia Kellen Sousa Rocha.

Aplicação do uso do kit mola como material didático no ensino de engenharia estrutural [manuscrito] / Lídia Kellen Sousa Rocha Rodrigues. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

74. ; il.

Orientadora: Profa. Dra. Mônica Maria Emerenciano Bueno.

Bibliografias.

1. Kit mola. 2. Engenharia estrutural. 3. Ensino-aprendizagem. I. Bueno, Mônica Maria Emerenciano. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária - Rosy Cristina O. Barbosa - CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F030/2022-2.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

LIDIA KELLEN SOUSA ROCHA RODRIGUES

APLICAÇÃO DO USO DO KIT MOLA COMO MATERIAL DIDÁTICO NO ENSINO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 04 de fevereiro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mônica Maria Emerenciano Bueno

Presidente da banca / Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Fabrício Ribeiro Bueno

Membro Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof^a. Dr^a. Larissa Andrade de Aguiar

Membro Externo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

Jataí – GO
2022

Documento assinado eletronicamente por:

- **Lidia Kellen Sousa Rocha Rodrigues**, **LÍDIA KELLEN SOUSA ROCHA RODRIGUES - ESTUDANTE - IFG - CÂMPUS JATAÍ (10870883000306)**, em 16/03/2022 10:16:16.
- **Fabricio Ribeiro Bueno**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 28/02/2022 06:44:43.
- **Larissa Andrade de Aguiar**, **LARISSA ANDRADE DE AGUIAR - 2331 - PROFESSORES DO ENSINO PROFISSIONAL - IFB (10791831000182)**, em 11/02/2022 19:11:31.
- **Monica Maria Emerenciano Bueno**, **PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/02/2022 18:49:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 31/01/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 241070

Código de Autenticação: 9a29834f27



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua Maria Vieira Cunha, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0837 (ramal: 837)

LÍDIA KELLEN SOUSA ROCHA RODRIGUES

**APLICAÇÃO DO USO DO KIT MOLA COMO MATERIAL DIDÁTICO NO ENSINO
DE ENGENHARIA ESTRUTURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel e Engenharia Civil.

Monografia defendida e aprovada, em 04 de fevereiro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Mônica Maria Emerenciano Bueno
Presidente da banca/ Orientador (a)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof^o. Dr^o. Fabrício Ribeiro Bueno
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof^a. Dr^a. Larissa Andrade de Aguiar
Membro Externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília

Jataí
2022

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento dessa pesquisa de conclusão de curso contou com o apoio e ajuda de diversas pessoas, as quais agradeço:

Primeiramente à Deus por toda força e proteção durante esses árduos anos de graduação. Por ser o meu ponto de paz e descanso. À Ele, também agradeço por me permitir realizar o sonho de conseguir me formar.

Ao meu esposo Edvaner, companheiro fiel de vida, meu maior incentivador. Sempre com palavras de apoio e ânimo quando o cansaço batia à minha porta. Abriu mão de muitas coisas pessoais, para que o meu sonho se tornasse realidade. Muitas manhãs, tardes e noites sem a minha companhia devido às demandas da faculdade e em nenhum momento ouvi lamentações, pelo contrário, sempre disposto a ajudar no que fosse preciso. Obrigada por sempre acreditar em mim.

Aos meu pais, Lourimar e Andréa, que desde muito pequena me ensinaram o valor de uma educação. Sou filha de dois professores que não medem esforços para desempenhar de maneira brilhante seus desígnios profissionais. Agradeço por sempre estarem ao meu lado nesse sonho, me apoiando e sempre me incentivando.

Ao meu irmão Thiago Henrique e minha cunhada Vitória, por fazerem parte da minha caminhada. Pelos momentos de lazer que foram muito importantes para mim e para meu descanso. Obrigada por sempre acreditarem que eu seria capaz.

À minha avó paterna Raimunda e aos meus avós maternos José e Maria, por serem meus exemplos de garra, determinação e fé. Obrigada pelo apoio e confiança em mim e espero ainda, conseguir honra-los e orgulha-los muito mais.

As minhas amigas da faculdade que levarei para a vida toda, Bárbara Castanho, Daniela Almeida e Emillyn Dourado, obrigada meninas pelo acolhimento lá no início quando cheguei ao IF e por toda a amizade que desenvolvemos até aqui.

À minha orientadora, professora Mônica Maria Emerenciano Bueno, por todo apoio e zelo comigo durante a pesquisa. Por seu profissionalismo e paciência. Te agradeço por todo cuidado e respeito. Este trabalho não seria possível sem sua orientação.

Ao Instituto Federal de Goiás – Campus Jataí, incluindo todos os docentes, funcionários da secretaria, biblioteca, limpeza, portaria e demais áreas, por todo suporte oferecido a mim durante esses anos de graduação.

RESUMO

O curso de bacharelado em Engenharia civil do Instituto Federal de Goiás campus Jataí, conta em sua grade curricular, com matérias destinadas à análise das estruturas, sendo possível cálculos de deformação de um pilar ou viga, por exemplo, além do dimensionamento de armadura para suportar as tensões de tração das cargas da estrutura, entre outras questões. O fato é que justamente por isso, são matérias muito teóricas e cheias de cálculos. Por entender a dificuldade e complexidade dessas matérias e também sua importância na formação de profissionais qualificados para o mercado de trabalho nessa área, o kit mola foi utilizado como material didático e conseqüentemente aporte ao ensino do comportamento das estruturas, sendo possível a visualização em escala reduzida das deformações sofridas pela estrutura devido a cargas aplicadas sobre ela, além de enxergar conceitos teóricos como: tração e compressão nas peças. Com base nos resultados obtidos após as aulas, conclui-se que o Kit mola é um excelente apoio didático ao professor e principalmente, uma ferramenta poderosa para o aprendizado de estruturas.

Palavras-chave: kit mola; engenharia estrutural; ensino-aprendizagem.

ABSTRACT

The bachelor's degree in Civil Engineering at the Instituto Federal de Goiás campus Jataí, has in its curriculum, subjects for structural analysis, being possible to calculate the deformation of a column or beam, for example, in addition to the dimensioning of hardware to support the stresses of structural loads, among other issues. The fact is that specially because of this, they are very theoretical subjects and full of calculations. By understanding the difficulty and complexity of these subjects and also their importance in the training of qualified professionals for the job market in this area, the spring kit was used as a teaching material and consequently a contribution to the teaching of the behavior of the structures, being possible the visualization just as real of the deformations suffered by the structure due to loads applied on it, in addition to seeing theoretical concepts such as: traction and compression in the parts. Based on the results obtained after the classes, it is concluded that the mola Kit is an excellent didactic support for the teacher and, above all, a powerful tool for learning structures.

Keywords: elastic kit; structural engineering; teaching-learning

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Índice de desempenho da disciplina de REMA II - 2019/2 - Engenharia Civil/ IFG ANÁPOLIS	23
Figura 2 - Índice de desempenho da disciplina de ISOSTÁTICA - 2019/21 - Engenharia Civil/ IFG URUAÇU.....	23
Figura 3 - Funções do material didático	26
Figura 4 - Pórtico reproduzido com o Kit mola antes e depois da aplicação de uma carga pontual	28
Figura 5 - Esforço de tração na peça	29
Figura 6 - Esforço de compressão na peça	29
Figura 7 - Kit mola modelando uma estrutura.....	30
Figura 8 - Chapas de base.....	31
Figura 9 - Ligações Articuladas.....	31
Figura 10 - Ligações Rígidas.....	32
Figura 11 - Molas	32
Figura 12 - Diagonais	33
Figura 13 - Placas	33
Figura 14 - Pórtico simples.....	34
Figura 15 - Reação do pórtico ao receber carga pontual no nó	34
Figura 16 - Slides exibidos nas aulas	38
Figura 17 - Slides exibidos na aula.....	39
Figura 18 - Aplicação de uma carga horizontal no quadrado.....	39
Figura 19 - Carga vertical sendo inicialmente aplicada no pentágono.....	40
Figura 20 - Deformação do polígono devido a carga aplicada.....	40
Figura 21 - Estrutura triangular montada	41
Figura 22 - Aplicação da carga vertical no nó do triângulo	41
Figura 23 - Deformação da estrutura sem a barra horizontal	42
Figura 24 - Deformação da estrutura com a barra horizontal (formando triângulo)	42
Figura 25 - Estrutura montada com o Kit mola	43
Figura 26 - Estrutura montada com o Kit mola (de frente)	43
Figura 27 - Aplicação da carga vertical e pontual na treliça	44
Figura 28 - Restrição do giro da estrutura	45
Figura 29 - Ligação articulada.....	46

Figura 30 - Pilar com ligação articulada.....	46
Figura 31 - Pilar sob efeito de compressão.....	47
Figura 32 - Pilar com ligação rígida no apoio	47
Figura 33 - Pilar sob efeito de compressão.....	48
Figura 34 - Pórtico montado com ligações e nós articulados	49
Figura 35 - Comportamento do pórtico quando submetido a carga horizontal	49
Figura 36 - Pórtico com uma ligação de apoio rígida.....	50
Figura 37 - Deformação no pórtico com uma ligação rígida no apoio devido carga horizontal	50
Figura 38 - Pórtico com nó articulado e carga aplicada	50
Figura 39 - Tirante adicionado à estrutura	51
Figura 40 - Pórtico submetido a carga horizontal.....	51
Figura 41 - Barra longitudinal deformada e tirante sob efeito de tração	52
Figura 42 - Tirante diagonal sob efeito de compressão.....	52
Figura 43 - Imagem utilizada na questão.....	54
Figura 44 - Treliza montada com o Kit mola	55
Figura 45 - Barra retirada da treliza.....	55
Figura 47 -Formulário Diagnóstico	62
Figura 48 - Período dos alunos participantes do questionário online.....	65
Figura 49- Índice de aprovação e reprovação na disciplina de Isostática - Engenharia Civil/ IFG JATAÍ.....	65
Figura 50 - Índice de aprovação e reprovação Rema I - Engenharia Civil/ IFG JATAÍ.....	66
Figura 51 - Opinião sobre melhorias no ensino das disciplinas estruturais no curso de Engenharia Civil/ IFG	66
Figura 52 - Nível de aprendizado dos alunos de Engenharia Civil/ IFG JATAÍ.....	67
Figura 54 - Tela inicial do Kahoot.....	74
Figura 53 - Alternativas para responder	74
Figura 55 - Tela secundária para <i>login</i> com apelido	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Índice de desempenho da disciplina de MECÂNICA GERAL – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ.....	18
Tabela 2 - Índice de desempenho da disciplina de REMA I – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ	19
Tabela 3- Índice de desempenho da disciplina de REMA II – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ	20
Tabela 4 - Índice de desempenho da disciplina de ISOSTÁTICA – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ	21
Tabela 5- Índice de desempenho da disciplina de TEORIA DAS ESTRUTURAS – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ	21
Tabela 6 - Grade curricular da disciplina de Resistência dos Materiais I	36
Tabela 7 - Grade curricular da disciplina de Teoria das Estruturas.....	37
Tabela 8 - Relatório das respostas do jogo online	68
Tabela 9 - Relatório das respostas do jogo online	68
Tabela 10 - Relatório das respostas do jogo online	69
Tabela 11 - Relatório das respostas do jogo online	69
Tabela 12 - Relatório das respostas do jogo online	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

REMA.....RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

PPC.....PLANO PEDAGÓGICO DO CURSO

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	17
1.2 OBJETIVOS	24
1.2.1 OBJETIVO GERAL	24
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE ENSINO-APRENDIZAGEM.....	25
2.2 ESTRATÉGIAS DE ENSINO COM UTILIZAÇÃO DE MODELOS ESTRUTURAIS	27
2.2.1 MODELO QUALITATIVO.....	27
2.2.2 MODELO INDIRETO	27
2.2.3 MODELO DIRETO	27
2.2.4 MODELO REDUZIDO.....	27
2.3 CONCEITOS IMPORTANTES NA ANÁLISE ESTRUTURAL	28
2.4 O KIT MOLA COMO FERRAMENTA DE ENSINO.....	29
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA.....	35
3.1 APLICAÇÃO DE FORMULÁRIO <i>ONLINE</i> PARA OS ALUNOS DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS JATAÍ COMO FORMA DE COLETA INICIAL DE DADOS.....	35
3.2 SELEÇÃO DAS DISCIPLINAS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA.....	36
3.3 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DOS PLANOS DE AULA NAS DISCIPLINAS SELECIONADAS	38
3.3.1 AULA NA TURMA DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS I.....	38
3.3.2 AULA NA TURMA DE TEORIA DAS ESTRUTURAS	45
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	54
CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A – FORMULÁRIO ONLINE DE DIAGNÓSTICO PRELIMINAR.....	62
APÊNDICE B – PERGUNTAS E RESPOSTAS DO JOGO ONLINE KAHOOT.....	68
APÊNDICE C – PERGUNTAS E RESPOSTAS DO FORMULÁRIO ONLINE COM A TURMA DE TEORIA DAS ESTRUTURAS.....	70
ANEXO – INTERFACE DO JOGO ONLINE KAHOOT	74

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Hoje, o ensino em engenharias procura se moldar às necessidades do mercado de trabalho que visa cada vez mais, profissionais com aptidão para desenvolver atividades específicas aos diferentes setores de desenvolvimento (SILVA, CECÍLIO 2007). Ainda, de acordo com esses autores, isso decorre da chamada Terceira Revolução Industrial, da ascensão e generalização das novas tecnologias. Mediante a isso, o mercado de trabalho tem se tornado cada vez mais exigente na contratação de profissionais qualificados e com proveito necessário para exercer atividades e nele se manter. Tal realidade, traz consigo algumas reflexões a respeito do processo de formação desses profissionais, uma vez que é solicitado cada vez mais se atualizarem e se apresentarem dispostos à agregação de inovações técnicas e tecnológicas. É fundamental que durante o processo acadêmico o futuro profissional tenha acesso as mudanças no mercado de trabalho e o professor é a peça importante que contribuirá para esse processo.

O graduado em Engenharia Civil tratará em seu cotidiano de temas como: obras de infraestrutura, planilhas de orçamentos e planejamento de obras, consultorias, construções de edifícios, pontes, estradas, perícias construtivas, dentre outras áreas. O curso possibilita ao profissional formado um vasto leque de opções que se deseja seguir após a graduação. Por tamanha abrangência e devido ao crescimento de 11% no crédito habitacional (UNIVIÇOSA, 2020), o curso de engenharia civil entra para a lista dos quinze cursos mais concorridos pelos estudantes no ano de 2021, sendo sua nota de corte na categoria ampla concorrência do programa do governo Federal – SISU – equivalente a 812,49 pontos (PORTAL NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2021), ou seja, trata-se de um curso muito almejado e com alto índice de matrículas anuais.

O Conselho Nacional de Educação é o responsável pela elaboração das Diretrizes Nacionais Curriculares dos cursos de graduação no Brasil. Diante disso, observa-se que os egressos dos cursos de engenharia devem possuir algumas características desejadas. Sob um novo olhar a Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002 enfatiza que:

Art. 3º O Curso de Graduação em Engenharia Civil tem como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro, com formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade (MEC/CNE, 2002).

O perfil do egresso traz características como: capacidade reflexiva, atuação criativa para resolução de problemas que se apresentem na vida profissional, além dos saberes humanísticos fundamentais a sua atuação (PEREIRA, 2015). Tais aspectos devem ser instigados durante a formação do aluno, a fim de que o mesmo consiga adentrar ao mercado de trabalho dispondo das características citadas. Para tal feito, torna-se necessário o estímulo da didática adotada dentro das salas de aulas do curso de engenharia civil, a fim de que os discentes se sintam desafiados e posteriormente, encorajados a aprender. Pimenta *et al* (2013, p.150) enfatiza que:

[...] didática é, acima de tudo, a construção de conhecimentos que possibilitem a mediação entre o que é preciso ensinar e o que é necessário aprender; entre o saber estruturado nas disciplinas e o saber ensinável mediante as circunstâncias e os momentos; entre as atuais formas de relação com o saber e as novas formas possíveis de reconstruí-las.

Por se tratar de um curso de graduação da área de exatas, o bacharelado em engenharia civil traz consigo inúmeros cálculos, fórmulas e experimentos. Os resultados obtidos por meio dessas resoluções possibilitam, por exemplo, traçar um caminho para a análise de grandes estruturas. Ou seja, pode-se prever o comportamento de determinada peça estrutural quando submetida à esforços diversos, obter valores para determinação da tração, compressão; ainda, é possível encontrar as formas mais viáveis, seguras, sustentáveis e econômicas de utilização de determinado material, além de montar uma estrutura que supra as necessidades da obra. No entanto, essas análises de cálculos aludidas, são em sua maioria, abstratas, o que faz com que acadêmicos simulem em suas capacidades cognitivas situações reais, que compreendam estruturas 3D apenas por desenhos no quadro ou livros e textos teóricos. Para Assis e Bittencourt (2002), nos cursos de engenharia existe uma falta em priorizar a compreensão de múltiplos fenômenos ao invés de ressaltar o memorizar de fórmulas.

Por notar as dificuldades dos alunos na compreensão dos conteúdos relacionados a estruturas, a Universidade do Pampa/RS desenvolveu uma pesquisa onde apontou que as disciplinas com maiores índices de reprovação entre os anos de 2010 a 2014 foram: Resistência dos materiais I, Mecânica geral, Resistência dos Materiais II e Estabilidade das estruturas II, com média de 45,71% de reprovação por notas.

Por entender a necessidade de um material que conseguisse demonstrar de forma visual, prática e real o comportamento das estruturas, o arquiteto Márcio Siqueira de Oliveira criou o kit mola

estrutural. A ideia surgiu após o próprio arquiteto apresentar dificuldades de compreensão e visualização do comportamento das estruturas arquitetônicas e percebeu que outros profissionais compartilhavam da mesma questão. Essa ferramenta possibilita a simulação de estruturas físicas reais quando submetidas a esforços de tração, compressão, cargas pontuais ou distribuídas, de forma que se consiga aplicar ao kit simulações de cargas aprendidas em sala de aula. As peças do kit se ligam por meio de magnetismo; o que torna o manuseio prático e divertido. Dessa maneira, é possível enxergar os resultados dos imensos cálculos realizados nas folhas de papel (DAMACENO,2019).

Com intuito de contribuir com a aprendizagem dos alunos, veio a motivação de introduzir ao ensino das disciplinas estruturais o kit mola, de modo a valorizar o ensino de estruturas no cenário da sala de aula, a fim de proporcionar aos alunos uma ampliação de seus conhecimentos no que diz respeito ao comportamento estrutural das peças quando submetidas a cargas distribuídas e/ou cargas pontuais, aos esforços de tração, compressão, entre outros.

É imprescindível a realização de diferentes atividades que sejam acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução dos problemas e proporcionando a introdução de conceitos teóricos a fim de que os alunos possam construir seus conhecimentos (Carvalho et al., 1995). Nesse sentido, os aprendizes passam a ser protagonistas de suas próprias descobertas e aprendizado.

1.1 JUSTIFICATIVA

A aprovação em disciplinas estruturais dentro do curso de Engenharia Civil é importante e decisiva para a formação na graduação e mais ainda, seus conceitos e situações tornam-se extremamente necessários na vida do profissional que optar por seguir a carreira na área de estruturas, por exemplo, projetista estrutural. Questões como a resistência do aço ou madeira e a escolha por qual material utilizar mediante as necessidades específicas da obra ou, prever o efeito que o vento causará na estrutura é de responsabilidade do profissional. Ainda, definir o tipo de fundação que suportará as cargas da estrutura e a manterá intacta. Dimensionar a quantidade do aço e do concreto, dimensionar a deformação da estrutura, enfim, a lista de ações que tais disciplinas fornecem ao conhecimento do aluno são inúmeras.

Através da Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002, a Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, compôs Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia a serem observadas na organização curricular das Instituições do Sistema de Educação Superior do Brasil. Em seu artigo 6º, estabelece que todo curso de Engenharia deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos para embasamento da modalidade desejada. No campus de Jataí, disciplinas estruturais como Resistência dos materiais I e II, Teoria das estruturas, Concreto estrutural I e II, por exemplo, se agrupam ao núcleo de conteúdos profissionalizantes, visto que tratarão de temas de total relevância na vida profissional do aluno.

Um levantamento realizado juntamente com o apoio da coordenação do curso no campus Jataí desde sua origem em 2013, possibilitou a confecção de gráficos que demonstram os níveis de aprovação e reprovação nas disciplinas de estruturas desde o seu início. É importante ressaltar que, não há, dentro da plataforma da coordenação acadêmica, a opção “desistência” e os dados obtidos com reprovações por falta foram interpretados como tal.

Na tabela 1, tem-se a análise das porcentagens de reprovações por falta, por nota e aprovações da disciplina de Mecânica geral desde o ano de 2014 (sendo esse ano o primeiro a ser ofertado a disciplina) até 2021/1.

Tabela 1- Índice de desempenho da disciplina de MECÂNICA GERAL – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ

MECÂNICA GERAL				
ANO	MATRÍCULA	REPROVAÇÃO POR FALTA (%)	REPROVAÇÃO POR NOTA (%)	APROVAÇÃO (%)
2014	17	17,64	11,76	70,58
2015	34	23,53	20,58	55,88
2016	41	2,44	12,19	85,36
2017	37	16,21	21,62	62,16

2018	28	25	7,14	67,85
2019	35	2,85	31,5	89,28
2020	28	17,85	10,71	71,43
2021/1	22	18,18	22,73	59,09

Fonte 1- AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Na tabela 2, pode-se analisar o desempenho da disciplina de Resistência dos materiais I. Através da análise, destaca-se que no ano de 2021 a disciplina contou com a pior porcentagem de reprovações por nota, sendo no total 33,33%.

Tabela 2 - Índice de desempenho da disciplina de REMA I – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ

RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS I				
ANO	MATRÍCULA	REPROVAÇÃO POR FALTA (%)	REPROVAÇÃO POR NOTA (%)	APROVAÇÃO (%)
2014	21	28,57	19,05	52,38
2015	12	0,00	0,00	100,00
2016	30	3,33	20,00	76,67
2017	35	17,14	0,00	82,86
2018	38	5,26	31,58	63,16
2019	29	10,34	13,79	75,86

2020	29	3,45	24,14	72,41
2021/1	12	8,33	33,33	58,33

Fonte 2 - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Na tabela 3, observa-se o desempenho da disciplina de Resistência dos materiais II dentre os anos de 2015 a 2021 semestre 1. Nota-se que o maior índice de reprovação por nota foi no ano de 2021 no primeiro semestre sendo a matéria ofertada de maneira remota.

Tabela 3- Índice de desempenho da disciplina de REMA II – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ

RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS II				
ANO	MATRÍCULA	REPROVAÇÃO POR FALTA (%)	REPROVAÇÃO POR NOTA (%)	APROVAÇÃO (%)
2015	11	0,00	0,00	100,00
2016	12	0,00	16,67	83,33
2017	41	4,88	17,07	78,05
2018	23	4,35	17,39	78,26
2019	29	0,00	10,34	89,66
2020	28	21,43	7,14	71,43
2021/1	17	29,41	29,41	41,18

Fonte 3 - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

A disciplina de Isostática foi ofertada pela primeira vez no ano de 2015. A partir desse ponto, pôde-se levantar dados de aprovação e reprovação na matéria, conforme mostra a tabela 4 abaixo.

Tabela 4 - Índice de desempenho da disciplina de ISOSTÁTICA – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ

ISOSTÁTICA				
ANO	MATRÍCULA	REPROVAÇÃO POR FALTA (%)	REPROVAÇÃO POR NOTA (%)	APROVAÇÃO (%)
2015	13	7,69	0,00	92,31
2016	16	6,25	12,50	81,25
2017	37	5,41	0,00	94,59
2018	23	4,35	13,04	82,61
2019	27	3,70	14,81	81,48
2020	29	3,45	6,90	89,66
2021/1	21	14,29	4,76	80,95

Fonte 4- AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Por fim, também foram coletados os dados referentes a disciplina de Teoria das estruturas, na tabela 5 abaixo.

Tabela 5- Índice de desempenho da disciplina de TEORIA DAS ESTRUTURAS – Engenharia Civil/ IFG JATAÍ

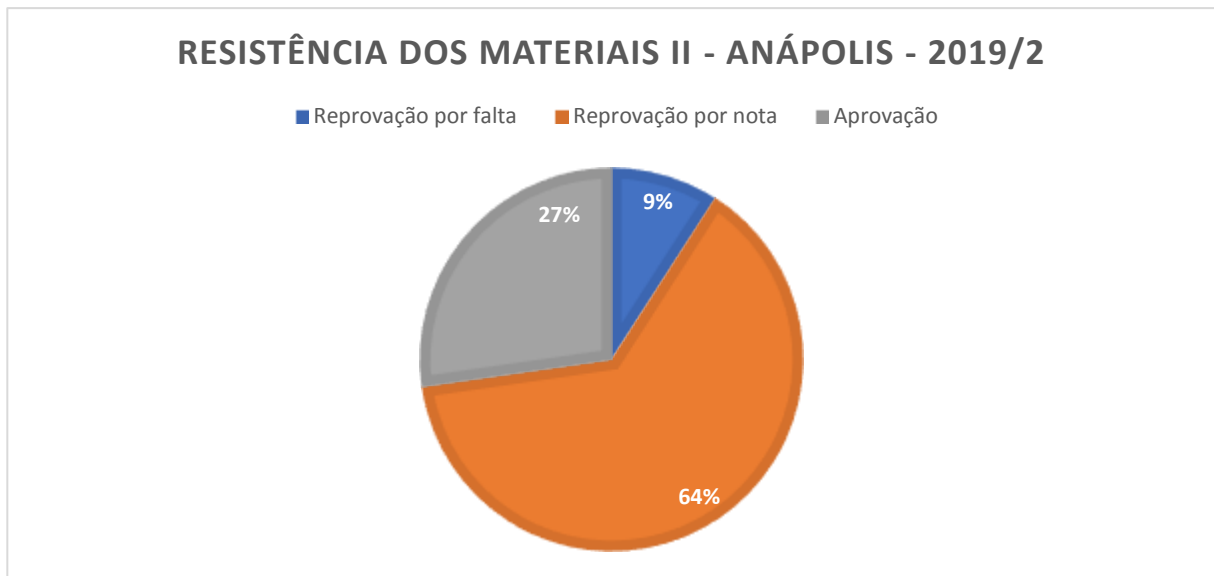
TEORIA DAS ESTRUTURAS				
ANO	MATRÍCULA	REPROVAÇÃO POR FALTA (%)	REPROVAÇÃO POR NOTA (%)	APROVAÇÃO (%)
2015	11	0,00	0,00	100,00
2016	13	7,69	15,38	76,92
2017	26	0,00	26,92	73,08
2018	34	2,94	11,76	85,29
2019	30	6,67	16,67	76,67
2020	15	26,67	20,00	53,33
2021/1	16	12,50	6,25	81,25

Fonte 5 - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Dados de outros campus goianos também foram coletados, a fim de proporcionar meios para comparação de desempenho. Foram analisados o campus de Anápolis e Uruaçu.

Em 2019, no segundo semestre em Anápolis, uma turma chamou a atenção. Na figura 1 abaixo, consta o desempenho dos 22 alunos de uma turma enquanto cursavam a disciplina de Rema II.

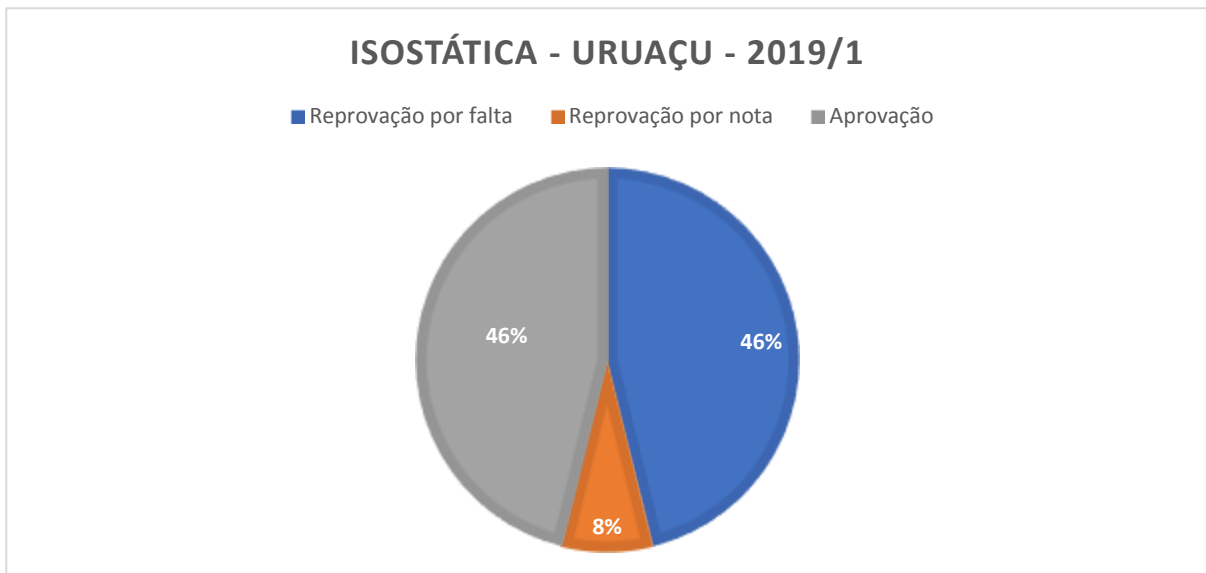
Figura 1 - Índice de desempenho da disciplina de REMA II - 2019/2 - Engenharia Civil/ IFG ANÁPOLIS



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Em Uruaçu a disciplina que apresentou maior índice de reprovação foi Isostática que contou com 13 alunos matriculados durante o primeiro semestre de 2019 e o desempenho é representado na figura abaixo.

Figura 2 - Índice de desempenho da disciplina de ISOSTÁTICA - 2019/21 - Engenharia Civil/ IFG URUAÇU



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Assim como o arquiteto Marcio Sequeira relatou apresentar dificuldade no entendimento de matérias estruturais durante seu mestrado em estruturas no Instituto Izabela Hendrix em Belo Horizonte (OLIVEIRA, 2008), muitos alunos hoje em dia experimentam do mesmo problema. Por acreditar que existam didáticas diferentes e capazes de fazer com que os alunos entendam

o comportamento de uma estrutura quando submetida a variadas forças, pretende-se introduzir o uso do Kit Estrutural Mola dentro da sala de aula como ferramenta didática principal, a fim de proporcionar aos discentes uma visão 3D dos movimentos dinâmicos de tais estruturas, além disso, conceder aos mesmos, o protagonismo durante a exposição do conteúdo.

Segundo Marques e Gitahy (2017), as aulas expositivas, com métodos de ensino tradicionais, possuindo no centro do conhecimento o docente, faziam mais sentido quando o acesso à informação era difícil. Os processos precisam ser revistos como o currículo escolar e as metodologias de ensino, de modo que todos possam, além de obter o conhecimento, desenvolver competências e habilidades.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo do presente trabalho é montar um plano de aula a fim de estudar o uso do Kit estrutural mola através de sua aplicação no ensino das disciplinas de núcleo profissionalizante associadas à análise estrutural e proporcionar maior visibilidade e entendimento da teoria estudada em sala de aula.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaboração do plano de aula com utilização do Kit Mola, para duas disciplinas selecionadas de análise estrutural;
- Aplicar o Kit estrutural Mola no ensino das disciplinas associadas à análise estrutural;
- Proporcionar simulações de estruturas diversas e analisar o comportamento;
- Avaliar se o uso do Kit ancorado ao ensino teórico contribuirá para o aprendizado dos discentes.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo descreve-se os referenciais teóricos adotados nesta pesquisa, iniciando com uma visão geral da importância da utilização de materiais didáticos para o ensino. Além disso, discorre-se também sobre as estratégias de ensino com modelos estruturais, classificando-os de acordo com o objetivo de sua utilização. Posteriormente, uma breve explicação de conceitos importantes para a análise estrutural e por fim, a apresentação do kit mola.

2.1 A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DOS MATERIAIS DIDÁTICOS COMO FERRAMENTA ESTRATÉGICA DE ENSINO-APRENDIZAGEM

O material didático é um elo de ligação entre o professor (transmissor), aluno (receptor) e o conteúdo (mensagem) (BORDINHÃO, SILVA 2015). No entanto, esse processo acontece de maneira concreta quando as ações realizadas são interpretadas e respeitadas, dessa forma, o uso simplesmente das tecnologias possíveis oferecidas tem que ser repensado, porque tais ações podem ter sua parcela de contribuição cognitiva desde que sejam bem trabalhadas (BOTH, 2008).

De acordo com Saviani citado por Santos (2005, p.48), “a mensagem se liga imediatamente ao transmissor e imediatamente ao receptor e mediadamente ao transmissor”. Logo, remete-se a inevitabilidade de que se trabalhe com metodologias interessantes, de modo que se consiga atrair a atenção do receptor para a mensagem. Bordinhão e Silva (2015) refletem o fato de que os materiais didáticos são e sempre foram a melhor forma de exteriorizar o conhecimento do professor aos alunos pelas mensagens transmitidas.

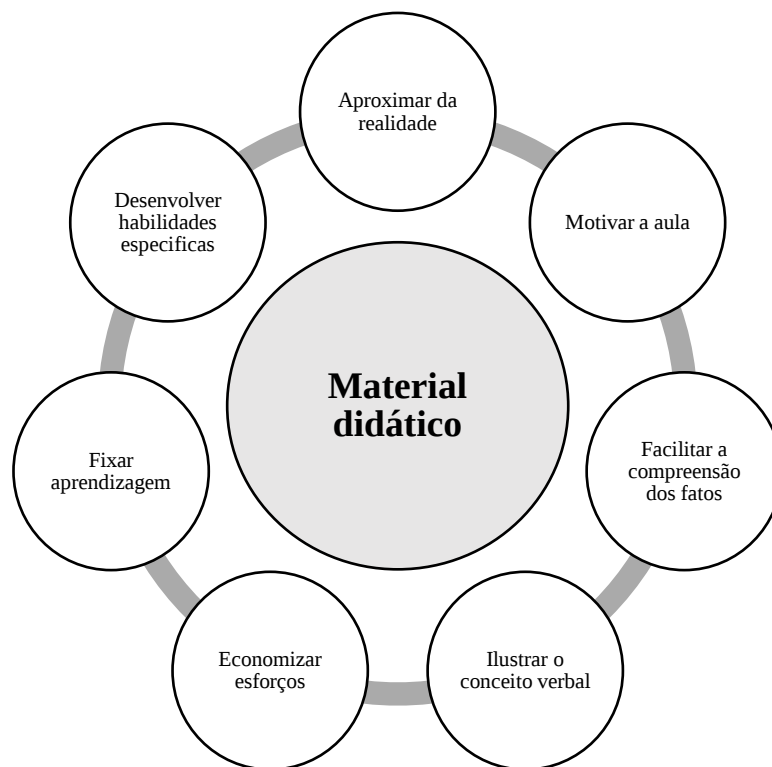
Schramm citado por Santos (2005, p. 49) classifica a evolução dos materiais didáticos:

Meios de ensino de primeira geração: cartazes, mapas, gráficos, materiais escritos, exposições, modelos, quadro negros, etc.; Meios de ensino de segunda geração: manuais, livros-textos e de exercícios, testes impressos etc. Meios de ensino de terceira geração: fotografias, dispositivos, filmes mudos e sonoros, discos, rádio, televisão.; Meios de ensino de quarta geração: instrução programada, laboratórios de línguas e emprego de computadores. Diante do avanço acelerado da tecnologia educacional que se estamos presenciando, poderíamos acrescentar uma quinta geração, em que os materiais didáticos ou meios de ensino utilizados seriam internet, DVD, retroprojeto, Datashow etc.

Nota-se que o quadro-negro, por exemplo, não é apenas um item obrigatório dentro das salas de aula como se pode pensar. Trata-se de um importante recurso didático em que seu sucesso está inteiramente ligado ao seu uso contínuo e fundamental de aprendizagem (BORDINHÃO E SILVA, 2015)

Nérici (1971, p. 402) pressupõe as seguintes funções do material didático, dispostas no infográfico da figura 1 abaixo:

Figura 3 - Funções do material didático



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Bordinhão e Silva (2015) reiteram que o ensino-aprendizagem deve ser mais prático e menos técnico, de modo que as aulas sejam mais atraentes e didáticas aos alunos e que o conteúdo seja assimilado. Os materiais didáticos surgiram como suporte e é importante ressaltar que não substituem aulas teóricas, de exposição do conteúdo e que o uso de tais materiais não deve ser simplesmente para preenchimento de horas.

2.2 ESTRATÉGIAS DE ENSINO COM UTILIZAÇÃO DE MODELOS ESTRUTURAIS

Nessa pesquisa, será adotada a classificação de modelos estruturais utilizada por Harris *et al.* (1999). Assim, os modelos são classificados da seguinte forma:

2.2.1 Modelo qualitativo

Sua característica principal é a análise visual dos fenômenos que ocorrem na estrutura. Em geral, informações exatas desses modelos não podem ser obtidas, pois esses se restringem à análise qualitativa do comportamento das estruturas (OLIVEIRA, 2008).

A vantagem desse modelo é que são facilmente adaptáveis a mudanças de qualquer informação sobre as condições da estrutura estudada, ou seja, varia de acordo com as condições impostas a estrutura.

2.2.2 Modelo Indireto

Trata-se de um tipo de modelo qualitativo. É utilizado para determinar reações de apoio e esforços resultantes, como força cortante, momentos e forças axiais (OLIVEIRA 2008). Para esse modelo, sempre apresenta semelhança geométrica direta com o protótipo.

Antigamente a aplicação desse modelo era para elementos não uniformes em pórticos estaticamente indeterminados. Hoje, esse tipo de modelo não é muito utilizado, uma vez que esses cálculos podem ser facilmente executados em computadores.

2.2.3 Modelo Direto

Quanto aos protótipos e aos carregamentos aplicados, os modelos diretos são geometricamente similares (OLIVEIRA, 2008). Suas tensões e deformações representam quantidades similares ao protótipo.

2.2.4 Modelo Reduzido

Sempre que possível, são construídos segundo as leis da Teoria da Semelhança. Tal teoria demonstra que no que diz respeito a problemas de comparação de resistência das estruturas

em escalas diferentes, a simples semelhança geométrica não é suficiente (OLIVEIRA, 2008). A grande questão de dificuldade deste tipo de análise é encontrar o material adequado e as técnicas de fabricação para o modelo (CARNEIRO, 1996), pois para que um modelo possa representar um protótipo e seus resultados obtidos em ensaios seja válidos e eficazes é necessário que além da semelhança geométrica, tais modelos sejam criados com materiais que apresentem semelhança física em relação aos materiais do protótipo, observando-se a “teoria da semelhança”.

2.3 CONCEITOS IMPORTANTES NA ANÁLISE ESTRUTURAL

De maneira mais técnica, alguns termos são utilizados repetidamente durante o estudo de estruturas, como momentos fletores, momentos torçores, esforços cortantes, normais e é importante para melhor entendimento da aplicação dessa pesquisa, que se conheça alguns deles.

No que diz respeito a momento fletor, é um esforço ao qual tende a “curvar” uma viga mediante um esforço aplicado sobre ela. Na Figura 4 é possível observar essa deformação e simulação desse tipo de esforço.

Figura 4 - Pórtico reproduzido com o Kit mola antes e depois da aplicação de uma carga pontual



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Nessa representação, é possível entender que quando a força é aplicada no meio do vão, tende a provocar um movimento de rotação na peça, ocasionando a curvatura no centro.

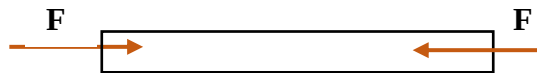
Já os esforços normais, são esforços no sentido normal do objeto, podendo ser de tração ou compressão. A tração é caracterizada como o esforço que tende a esticar o objeto, como um elástico, por exemplo. A compressão, em contrapartida, tende a comprimir as fibras do objeto. As representações dessas forças podem ser observadas nas figuras 5 e 6 abaixo.

Figura 5 - Esforço de tração na peça



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 6 - Esforço de compressão na peça



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Todos os esforços citados acima, são importantes ao longo do curso, no entanto com o kit mola, esforços cortantes e momentos torçores não são possíveis de serem analisados. Por esse motivo, firma-se somente conceitos que agregarão a essa pesquisa.

2.4 O KIT MOLA COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Mediante as estratégias de ensino com modelos estruturais, essa pesquisa utilizará como material didático uma maquete manipulável (kit mola) que simula variados modelos estruturais. Classifica-se como Modelo Estrutural qualquer elemento estrutural ou um conjunto de elementos executados em escala geométrica reduzida (em comparação com o tamanho real da estrutura) para ser testado, e por meio das leis de similaridade interpretar os resultados dos testes. (HARRIS *et al.*, 1999, p. 2).

O modelo Mola foi desenvolvido pelo arquiteto Márcio Sequeira de Oliveira em sua dissertação de mestrado finalizada em 2008. No início, as peças da maquete eram de madeira, cabos metálicos e imãs, o que dificultava a análise estrutural, pois, o material era muito rígido e as deformações sofridas eram pequenas. Como segundo plano, Marcio elaborou peças de plástico (como canudos) e não obteve êxito, já que o material era rígido e para que houvesse deformações nítidas, era necessário a aplicação de esforços elevados, sendo eles maiores que a força magnética existente nas ligações. Após as tentativas frustradas na procura pelo material ideal para as peças de sua maquete estrutural, começou-se a utilizar molas e posteriormente somou-se à maquete a utilização de elementos análogos a paredes estruturais e lajes, além de elementos de contraventamento (OLIVEIRA, 2008). Na figura 7, tem-se uma foto da primeira utilização do kit mola no curso do Centro Educacional de Apoio a Comunidade (CEACOM).

Figura 7 - Kit mola modelando uma estrutura



Fonte - OLIVEIRA, 2008. PÁG. 55

No manual do usuário escrito por Oliveira, Azevedo Leite e Rebello, consta as vantagens do kit pontuando algumas características, sendo:

- Observar diferentes configurações de deformações na estrutura mediante a aplicação de um carregamento em algum de seus elementos;
- Analisar o comportamento global da estrutura, observando os deslocamentos horizontais, verticais e de giro;
- Simular as diferentes etapas construtivas, analisando a hierarquia dos elementos da maquete e a sequência de montagem;
- Analisar a estrutura de forma tátil e visual, observando o efeito das forças nos elementos da estrutura, inclusive na seção transversal dos elementos;
- Observar como a configuração arquitetônica influencia no comportamento global das estruturas.

Os componentes do Kit mola são:

Chapas de base: Apoio sobre o qual será montada a estrutura. Tem seu perfil quadriculado a fim de ajudar no posicionamento das peças, como representado na figura 8.

Figura 8 - Chapas de base



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Ligações: Para ligações articuladas e engastadas tem-se as esferas que simulam as rótulas da estrutura. Nelas estão presentes ímãs que se atraem por outros ímãs existentes nas barras metálicas possibilitando assim, a vinculação das peças, ilustradas na figura 9. As ligações rígidas podem ser representadas por peças que bloqueiam o giro em uma ou mais direções, demonstradas na figura 10.

Figura 9 - Ligações Articuladas



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 10 - Ligações Rígidas



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Molas: As peças para representação dos pilares e vigas são as mesmas. Tratam-se de barras metálicas e magnéticas de mola, ilustradas na figura 11. O que diferenciara um ou outro será a montagem, sendo que dependerá do carregamento atuante e os vínculos.

Figura 11 - Molas



Fonte6 - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Diagonais para tirantes: Essas peças, respondem apenas aos esforços de tração, ou sejam, são facilmente deformadas quando submetidas aos esforços de compressão. Essas diagonais desempenham um importante papel na estabilidade global da estrutura, servindo como sustentação de coberturas e de pavimentos suspensos, além do travamento dos planos verticais e horizontais, na figura 12 é possível visualizar tais peças.

Figura 12 - Diagonais



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Placas: Tais peças simulam o comportamento das lajes e das paredes estruturais, no entanto, são utilizadas também como contravento, ou seja, impedem o deslocamento lateral da estrutura e podem ser analisadas na figura 13. Assim como as demais peças, essas placas possuem ímãs para facilitar sua conexão ao restante da estrutura.

Figura 13 - Placas

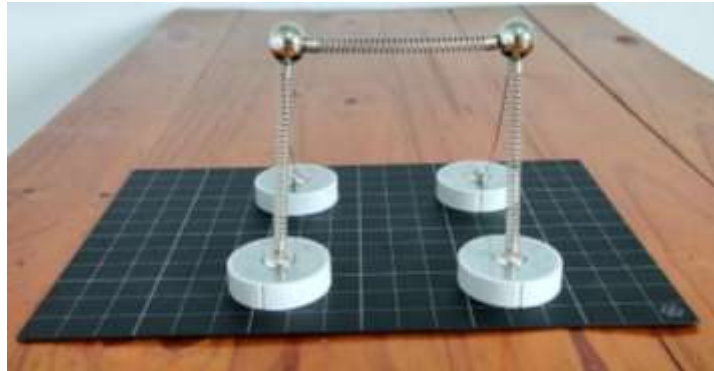


Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Márcio Sequeira, em sua obra intitulada “Maquete Estrutural, um instrumento para o ensino de Estruturas em Escolas de Arquitetura” destaca que há dificuldade em observar as deformações e deslocamentos em estruturas na construção civil, sendo que estas, dispõem de muita rigidez, de maneira que as deformações das peças se tornam inapreciáveis a olho nu. Com a utilização de maquetes com mola, ou seja, materiais elásticos a percepção do que acontece nas estruturas reais quando submetidas a diferentes carregamentos é clara e visível. O Kit mola é de fácil manuseio, sendo possível representar cargas pontuais, distribuídas, verticais e/ou horizontais e observar como é o comportamento real de uma estrutura durante e após esses esforços. Na

figura 14 abaixo é possível observar a deformação de um pórtico e na figura 15 a deformação associada ao esforço provocada por uma força horizontal e pontual aplicada a ele.

Figura 14 - Pórtico simples



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 15 - Reação do pórtico ao receber carga pontual no nó



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

Esta pesquisa, de cunho educacional e do tipo qualitativa, ou seja, pretendeu-se medir a qualidade da aprendizagem não tendo um valor exato e em números dessa avaliação. Para o desenvolvimento do trabalho, buscou-se responder a seguinte questão: a aplicação do uso do kit mola como material didático no ensino de engenharia estrutural, pode contribuir com entendimento dos alunos em relação ao comportamento das estruturas quando submetidas a esforços?

A pesquisa aconteceu no IFG, na cidade de Jataí, localizada no sudoeste do estado de Goiás. O curso de Engenharia Civil é ofertado em período noturno e com duração de cinco anos, sendo dividido em dez semestres. Anteriormente a pandemia, o curso era totalmente presencial, no entanto, desde 2020 (início da pandemia) tem sido ofertado de maneira *online*, nesse sentido, a duração das aulas foram reduzidas para uma hora por semana de maneira síncrona e atividades assíncronas complementares.

3.1 APLICAÇÃO DE FORMULÁRIO *ONLINE* PARA OS ALUNOS DE ENGENHARIA CIVIL DO CAMPUS JATAÍ COMO FORMA DE COLETA INICIAL DE DADOS

Iniciou-se o trabalho com uma pesquisa *online* aberta a todos os estudantes do curso de Engenharia Civil durante o semestre de 2021/1, as perguntas desse formulário estão anexadas no apêndice A. O objetivo a priori, foi obter a impressão dos alunos referentes as disciplinas de Resistência dos materiais I e Isostática no campus de Jataí, de maneira que o projeto e a aplicação do mesmo, faça sentido dentro do âmbito acadêmico. Foram obtidas 27 respostas e as porcentagens e resultados estarão anexados no apêndice A.

Ao analisar as respostas obtidas, algumas informações importantes foram colhidas. Dentre elas, ficou evidente que a disciplina de Rema I possuiu maior índice de reprovação se comparada com a disciplina de Isostática, sendo um total de 33% enquanto Isostática contou com 4% de reprovação. Outro dado interessante foi que em uma pergunta, perguntou-se aos alunos qual foi o nível de aprendizado em análise estrutural nas disciplinas de Isostática e REMA I? Sendo 0 (muito ruim), 5 (regular) e 10 (excelente) a maioria considerou o aprendizado obtido com nota 5, ou seja, regular.

Ainda, segundo 82% dos alunos que responderam o formulário, o ensino poderia ter sido melhor se durante as aulas fossem proporcionados materiais didáticos diferentes que proporcionassem a visualização real das estruturas ilustradas no quadro e seus respectivos deslocamentos mediante cargas aplicadas.

Para a última pergunta da pesquisa, foi destinado aos alunos um espaço onde eles poderiam escrever e deixar suas opiniões e ideias acerca do ensino dessas matérias. Abaixo, segue três respostas dadas pelos estudantes que resumem todas as demais:

“Realmente essa ideia de acrescentar modelos em 3D para melhor visualização dos esforços é excelente, muitas vezes não conseguimos visualizar a atuação de uma carga em um determinado sistema”

“Mostrar mais na prática como se comportam as estruturas ao receberem certo tipo de carregamento, seja por meio de visitas técnicas às obras voltadas a parte de estruturas ou até mesmo análise de estruturas através de softwares como Ftool”

“Tentar ao máximo trazer para o mundo da prática. Um bom exemplo foi o trabalho na disciplina de mecânica... em que a gente calculou a carga pontual, montagem na prática de uma estrutura e obtivemos os resultados. Foi muito bom! A propósito, também gostei o kit de molas na disciplina de isostática que é forma de visualização muito boa e foi uma das matérias que eu mais gostei de estruturas”

3.2 SELEÇÃO DAS DISCIPLINAS PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Os participantes da aplicação da pesquisa foram alunos do quarto e sexto período, das disciplinas de Resistência dos Materiais I e Teoria das Estruturas respectivamente. Tais matérias foram escolhidas por contemplar em conteúdos relacionados a aplicação do Kit mola e estarem sendo ofertadas no segundo semestre letivo de 2021, período de desenvolvimento deste trabalho. A tabela 6 foi retirada do PPC do curso para o campus Jataí e pode-se observar que um dos objetivos da disciplina de Rema I é “estudar as peças estruturais submetidas à esforços de tração e compressão”.

Tabela 6 - Grade curricular da disciplina de Resistência dos Materiais I

Disciplina	Objetivo	Ementa
Resistência dos Materiais I	Estudo de peças estruturais submetidas à esforços de tração e	Entender os fundamentos teóricos do comportamento mecânico dos

	compressão, resistência e deformações elásticas e plásticas. Estudo de peças estruturais submetidas a corte simples. Resistência à flexão de barras de seções com simetria. Características geométricas de seção transversal com simetria (centro geométrico, momento estático e momento de inércia). Flexão normal, oblíqua, simples, composta. Deformação por flexão: linha elástica. Torção em barras de seção circular e circular vazada. Centro de torção de seções delgadas abertas.	sólidos deformáveis. Reconhecer as limitações das hipóteses de cálculo adotadas. Estruturar de maneira lógica e racional, as ideias e os conceitos envolvidos nos cálculos. Estabelecer analogias de procedimentos de cálculo e conceitos em diferentes situações. Incorporar as habilidades necessárias para resolver problemas de aplicações. Calcular a tensão e deslocamento em estruturas de barras (isostáticas/hiperestáticas) submetidas a ações simples ou combinadas. Avaliar a resistência de materiais (dúteis/frágeis) sujeitos a solicitações combinadas
--	--	--

Fonte: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – CAMPUS JATAÍ (2013)

Por semelhante modo, observando a tabela 7, o objetivo descrito no PPC referente a disciplina de teorias das estruturas menciona:

Tabela 7 - Grade curricular da disciplina de Teoria das Estruturas

Disciplina	Objetivo	Ementa
Teoria das Estruturas	Fornecer os conhecimentos relativos ao comportamento e cálculo das estruturas isostáticas e hiperestáticas, do ponto de vista de ações externas, esforços solicitantes e deslocamentos, tendo em vista sua aplicação nos sistemas estruturais.	Estruturas Isostáticas. Cálculo de deslocamento aplicando o Princípio dos trabalhos Virtuais. Linhas de Influência. Estruturas Hiperestáticas. Generalidades. Processo dos esforços aplicados em treliças, vigas contínuas, pórticos e grelhas. Processo de Cross aplicados em vigas contínuas. Processo dos deslocamentos aplicados em vigas contínuas, pórticos e grelhas. Análise computacional de estruturas. Aplicação em treliças, vigas e em pórticos. Determinação dos esforços e deslocamentos. Arcos Isostáticos e Hiperestáticos.

Fonte: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS – CAMPUS JATAÍ (2013)

Por considerar que essas duas disciplinas seriam ofertadas durante o processo de pesquisa desse trabalho, optou-se por aplicar o kit mola nessas matérias estruturais visto que, os conteúdos relacionados a elas e o kit mola tem um grande elo de ligação e somados podem agregar muito ao conhecimento dos alunos.

3.3 ELABORAÇÃO E APLICAÇÃO DOS PLANOS DE AULA NAS DISCIPLINAS SELECIONADAS

Foi elaborado os planos de aula contendo uma revisão dos temas a serem abordados nas disciplinas selecionadas, buscou-se em todo planejamento incluir o uso do kit mola como ferramenta principal de ensino. Planejou-se uma dinâmica como forma de avaliação ao final de cada planejamento, a fim de obter um retorno dos alunos quanto ao que lhes fora apresentado, a dinâmica foi diferente para cada disciplina.

3.3.1 AULA NA TURMA DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS I

A aula na turma de Rema I contou com a participação de quinze alunos, as aulas foram ministradas pela plataforma *google meet*, fazendo uso do *power point* para apresentação e exposição da aula, com imagens e vídeos gravados e preparados de acordo com o conteúdo específico da turma.

A aula foi ministrada pela autora dessa pesquisa, tendo os professores titulares de cada matéria presentes para apoio e supervisão.

A primeira aula com uso do Kit Mola foi dada a turma de Resistência dos Materiais I sob supervisão do professor da disciplina, no dia 13 de outubro de 2021. Seguindo protocolos de segurança do Ministério da Saúde, as aulas permaneceram de forma remota no segundo semestre letivo do ano, assim sendo, a duração da aula foi de uma hora.

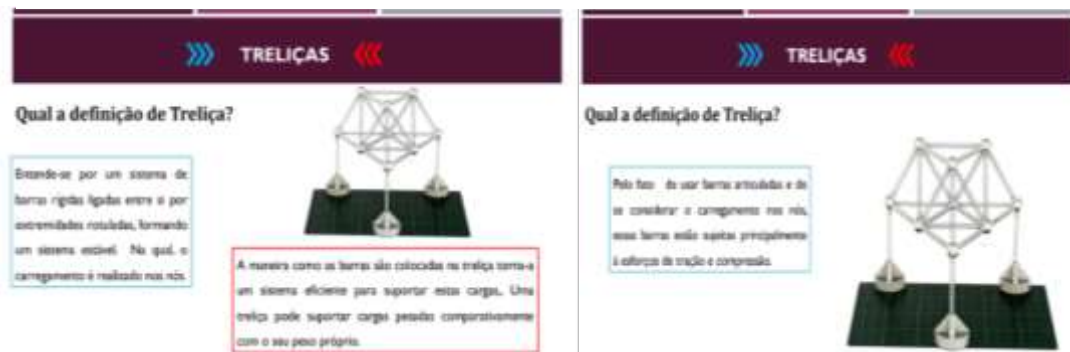
Num primeiro momento fora preparado e disponibilizado aos alunos com antecedência, um arquivo em PDF contendo todo o conteúdo que foi exposto e aplicado em sala. No início da aula, houve uma apresentação aos alunos, sendo o número de quinze presentes, do Kit Mola, sua história e seu criador, além de seus componentes e respectivas funções. Nas figuras 16 e 17, tem-se prints que foram tirados da tela do computador durante apresentação aos alunos.

Figura 16 - Slides exibidos nas aulas



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 17 - Slides exibidos na aula



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Posteriormente, houve uma sucinta explicação teórica sobre treliças, visto que o professor da matéria já havia anteriormente lecionado sobre o conteúdo. Procurou-se levar aos alunos, definições importantes sobre o que é uma treliça, por exemplo. Explicações sobre a definição de treliças, a forma como é considerada a aplicação dos carregamentos em uma treliça ideal (nos nós) e as forças que estão sujeitas as barras de uma treliça (tração e compressão).

Para compreensão dos alunos quanto à estabilidade da forma triangular, produziu-se um vídeo demonstrando o comportamento de três polígonos diferentes quando submetidos a forças horizontais e verticais, um quadrado, um pentágono e um triângulo.

Na imagem pausada do vídeo, representado na figura 18, transmitido aos alunos, é possível observar o comportamento do quadrado quando submetido a uma força horizontal primeiramente.

Figura 18 - Aplicação de uma carga horizontal no quadrado



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Em seguida, a mesma demonstração fora feita no pentágono, sendo aplicada uma força vertical, visualizado nas figuras 19 e 20 abaixo.

Figura 19 - Carga vertical sendo inicialmente aplicada no pentágono



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

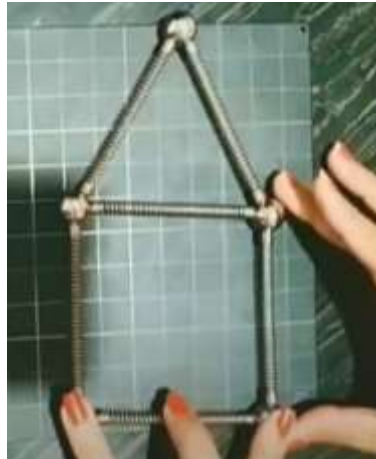
Figura 20 - Deformação do polígono devido a carga aplicada



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Diante dessas simulações e após os alunos visualizarem as deformações do quadrado e do pentágono, partiu-se para a aplicação e visualização da estabilidade da forma triangular e resistência. Aproveitando-se do pentágono já montado para a demonstração anterior, uma barra na horizontal foi montada, formando um triângulo, conforme figura 21.

Figura 21 - Estrutura triangular montada



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Aplicou-se a mesma carga vertical de outrora, no entanto a deformação é mínima como pode ser observado na figura 22.

Figura 22 - Aplicação da carga vertical no nó do triângulo



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

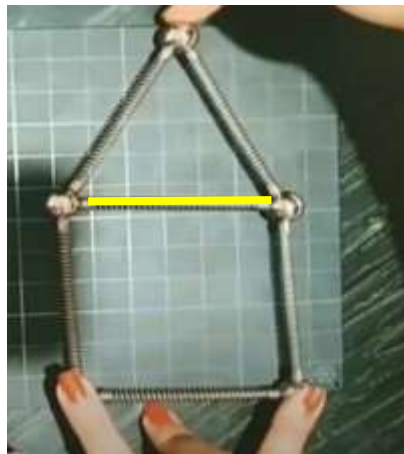
Com base nessa demonstração, foi possível atrair a atenção dos alunos e questiona-los sobre: qual efeito a barra horizontal colocada posteriormente (em destaque na figura 23 e 24), estava sendo submetida.

Figura 23 - Deformação da estrutura sem a barra horizontal



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 24 - Deformação da estrutura com a barra horizontal (formando triângulo)



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Com o auxílio e participação dos alunos, chega-se à conclusão de que a barra em destaque está sob efeito de tração, uma vez que esse esforço tende a alongar a peça no sentido do seu próprio eixo. Do contrário, a peça estaria sob efeito de compressão.

Demonstrado, portanto, a resistência de um sistema treliçado em comparação com outros polígonos, uma estrutura foi montada ao vivo para que os alunos acompanhassem todo o processo, desde as ligações no apoio até a estrutura finalizada. Abaixo, segue o modelo apresentado nas figuras 25 e 26.

Figura 25 - Estrutura montada com o
Kit mola



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 26 - Estrutura montada com o
Kit mola (de frente)



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Com a estrutura montada, demonstrou-se a eles que o carregamento em uma treliça ideal se dá somente nos nós e assim fora feito. Aplicou-se uma carga pontual vertical em um dos nós da estrutura. Surgiu, portanto, questionamentos sobre o porquê dos carregamentos se darem somente nos nós? O professor que acompanhava a aula pôde explicar que a treliça é caracterizada somente por efeitos de tração e compressão, quando uma carga é aplicada no meio da barra, está passando a ter momento fletor e deixará de se caracterizar como treliça. Na figura 27 abaixo, demonstra a aplicação da carga.

Figura 27 - Aplicação da carga vertical e pontual na treliça



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Após essa demonstração, propôs-se aos alunos que participassem de um jogo online KAHOOT, para fixação do conteúdo apresentado e verificação do aprendizado dos mesmos. Por se tratar de um software já utilizado pela autora, optou-se pela utilização do mesmo nessa pesquisa, além do acesso gratuito à plataforma do jogo. Bastou que fizessem *login* com o nome e o código do link disponibilizado pela pesquisadora aos alunos. As imagens da interface do software estão disponibilizadas no tópico ‘anexo’.

O jogo consistia em cinco perguntas, com questões objetivas e ao final, o aluno que mais pontuasse seria o ganhador do prêmio simbólico de dez reais. A pontuação é calculada pelo próprio software levando em consideração a agilidade e o acerto das respostas, ao final de cada pergunta, o ranking era disponibilizado para que todos acompanhassem suas pontuações.

Por fim, pôde-se vivenciar um exemplo de como a demonstração com o kit mola possibilitou a um aluno, que apresentava dificuldade de assimilação dos conceitos de tração e compressão em uma barra da treliça, visualizar e entender tais conceitos.

Quanto a participação dos alunos, destaca-se que a princípio não houve tanta interação, acredita-se que à distância entre alunos e o kit tenha afetado esse ponto. O fato é que o uso de alguns incentivos fez com que a maioria participasse. Nessa turma, por exemplo, o incentivo foi de uma premiação em dinheiro ao final do jogo o que contou com a participação de todos os presentes.

3.3.2 AULA NA TURMA DE TEORIA DAS ESTRUTURAS

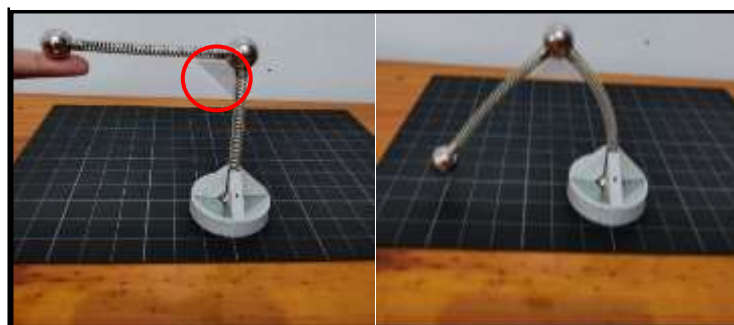
A aula de apresentação e introdução do uso do Kit Mola com a turma de Teoria das estruturas foi realizada no dia 22 de dezembro de 2021, dispondo de uma hora de encontro e contou com a participação de 8 alunos. Estavam presentes no encontro oito alunos juntamente com o professor da matéria que cordialmente cedeu o horário de sua aula para aplicação da pesquisa e contribuiu com esclarecimento de dúvidas durante o processo. A aula fora, assim como com a turma de Rema I, ministrada pela pesquisadora desse projeto.

O plano de aula iniciou-se de modo semelhante à introdução do kit mola realizada na turma de Rema I, primeiramente foi apresentado aos alunos um resumo da história, criação e das peças componentes do material didático. Perguntados se já conheciam o Kit mola, a maioria dos alunos responderam que sim. Alguns pessoalmente, outros por vídeos de montagem do mesmo.

Dando continuidade à exposição, o primeiro tema com o uso do kit mola foi relacionado as ligações rígidas e rotuladas das estruturas. Mencionando sobre o papel delas, explicou-se que são elas as responsáveis pela distribuição dos esforços entre as peças estruturais.

Ligação rígida impede por inteiro, a rotação relativa entre as peças. Nesse caso a deformação é muito pequena, praticamente nula. Existe momento. Com o Kit mola, conseguiu-se simular essa situação e para restringir a articulação no nó, utilizou-se a ligação rígida conforme pode ser observado na figura 28 abaixo.

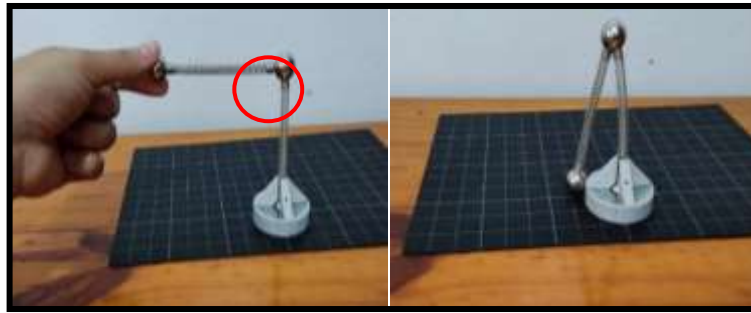
Figura 28 - Restrição do giro da estrutura



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Na ligação rotulada, ilustrada na figura 29 não há nenhuma restrição ao giro. Assim sendo, o momento é zero.

Figura 29 - Ligação articulada



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

O próximo ponto tratado em sala de aula foi referente aos pilares. Explicou-se que geralmente são peças estruturais verticais projetadas para resistir esforços predominantes de compressão, ou seja, o esforço de forças opostas aplicadas de fora para dentro na peça estrutural.

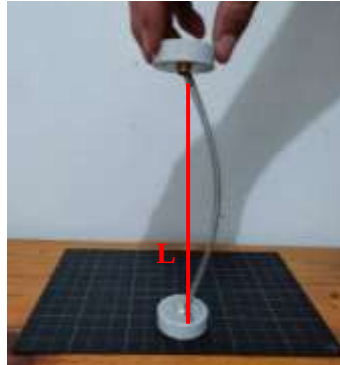
Destacou-se aos alunos que o comprimento da peça (pilar) é diminuído no sentido dessas forças. Com relação a isso, adentrou-se no conceito de flambagem e foi possível simular esse efeito aos alunos, aplicando uma força vertical de cima para baixo (fora para dentro) na barra com ligação rígida e outra com ligação rotulada para perceberem a diferença no comportamento da peça mediante sua ligação. Abaixo, na figura 30 e 31, segue uma foto do vídeo de simulação transmitido aos alunos, onde L é o comprimento de deformação da peça.

Figura 30 - Pilar com ligação articulada



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 31 - Pilar sob efeito de compressão



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

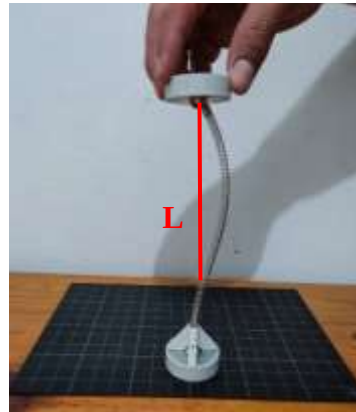
Nesse próximo caso, a ligação foi alterada. Passou-se a contar com o apoio debaixo completamente rígido conforme mostra a figura 32. Sendo assim, o comprimento de flambagem foi diminuído como mostra a figura 33.

Figura 32 - Pilar com ligação rígida no apoio



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 33 - Pilar sob efeito de compressão



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

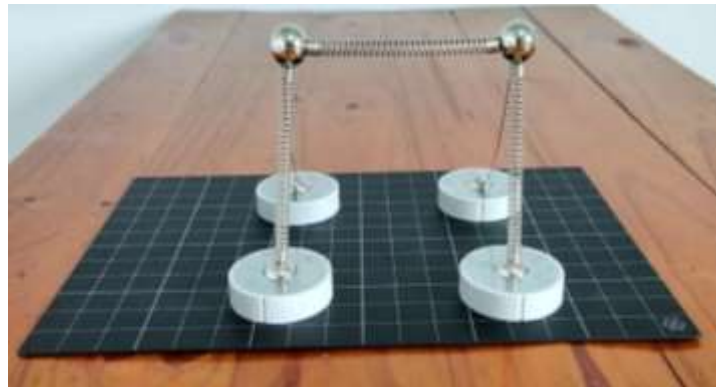
A carga aplicada e que foi necessária por causar o efeito de flambagem é chamada de carga crítica e possui algumas variantes quando relacionadas a esbeltez da peça, tipos de ligações e o comprimento do pilar, ou seja, alterando-se as características da peça, haverá mudança da carga crítica (OLIVEIRA; LEITE; REBELLO, 2016).

Posteriormente, adentrou-se ao assunto dos pórticos, que são modelos estruturais muito comuns nas edificações. Trata-se de um conjunto formado por pilares e vigas que se comportam como um sistema único (OLIVEIRA; LEITE; REBELLO, 2016).

De antemão, foi preparado um vídeo de montagem de um pórtico plano, desde os apoios e suas ligações, para que os alunos pudessem acompanhar mesmo de maneira remota, a execução e manuseio do Kit mola.

Primeiramente, colou-se as bases sob a chapa quadriculada. Subsequente a isso, fora montado as barras de representação dos pilares do pórtico e as ligações articuladas nos dois apoios, conforme figura 34 abaixo.

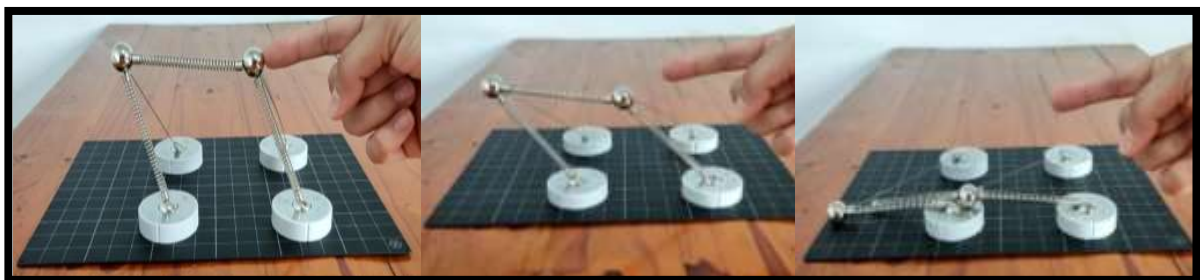
Figura 34 - Pórtico montado com ligações e nós articulados



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Com a estrutura montada, aplicou-se uma carga horizontal e observou-se o comportamento, figura 35.

Figura 35 - Comportamento do pórtico quando submetido a carga horizontal



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Mediante a isso, várias questões foram criadas. Com o objetivo de instigar os alunos, questionou-se o que poderia ser alterado na estrutura para que ela não entrasse em colapso (conforme o exemplo anterior)? Levando-os a pensar maneiras e estratégias de manter a estrutura estável após a aplicação da força horizontal. Assim sendo, a primeira mudança significativa foi tornar uma das ligações nos apoios rígida, impedindo o giro da estrutura naquele ponto. Novamente, uma força horizontal foi aplicada no mesmo ponto e já é possível perceber a diferença no comportamento, conforme figura 36 e 37 demonstram.

Figura 36 - Pórtico com uma ligação de apoio rígida



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

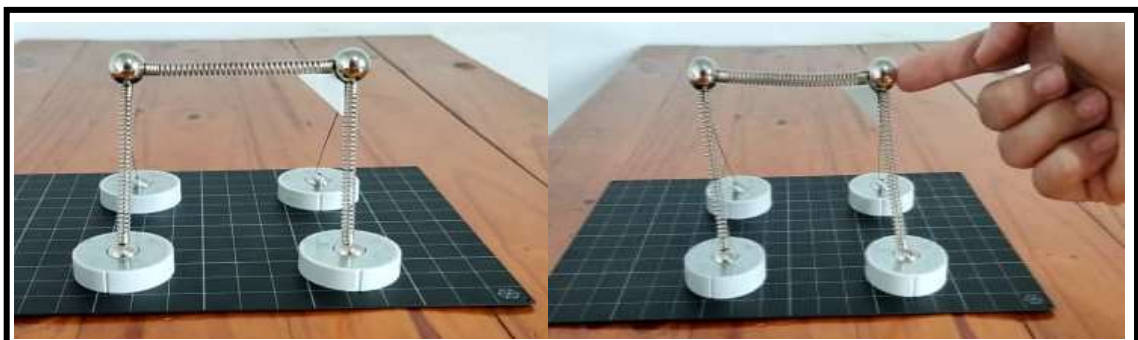
Figura 37 - Deformação no pórtico com uma ligação rígida no apoio devido carga horizontal



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Outra maneira de tornar a estrutura mais estável é proporcionar rigidez nos nós do pórtico, assim, haverá restrição do giro também naquele ponto. A princípio, somente um nó foi restringido, posteriormente a carga horizontal foi aplicada. Pede-se a atenção dos alunos ao comportamento do pórtico para que os mesmos, consigam identificar as diferenças de reações da estrutura. Na figura 38, tem-se o passo a passo dessas situações e suas respectivas reações.

Figura 38 - Pórtico com nó articulado e carga aplicada



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Assim como nas aulas com a turma de Rema I, conceitos como tração e compressão foram analisados na estrutura com o uso do kit mola. Aproveitando o mesmo pórtico do exemplo anterior, foi acrescentado à estrutura uma diagonal, conforme a figura 39 abaixo.

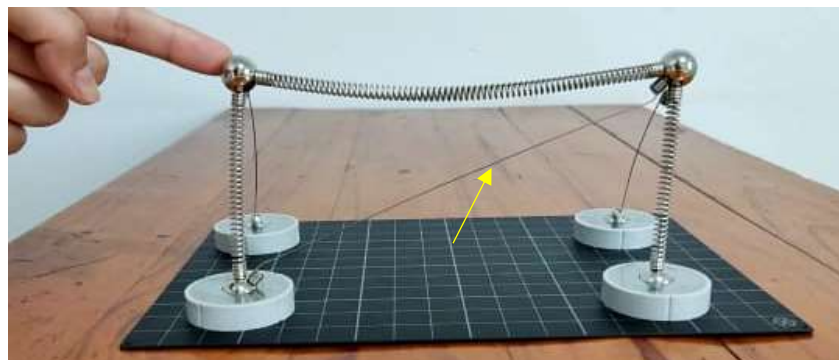
Figura 39 - Tirante adicionado à estrutura



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Nesse sentido, o objetivo foi analisar sob qual efeito essa peça diagonal estava sendo submetida. Nesse ponto da aula, houve muita participação dos alunos quando perguntados sobre essa questão. Houve um incentivo do professor da turma em nota para quem acertasse essa análise. Assim sendo, o vídeo foi reproduzido com a aplicação de uma carga horizontal e pontual no nó a esquerda do pórtico, de acordo com a figura 40.

Figura 40 - Pórtico submetido a carga horizontal



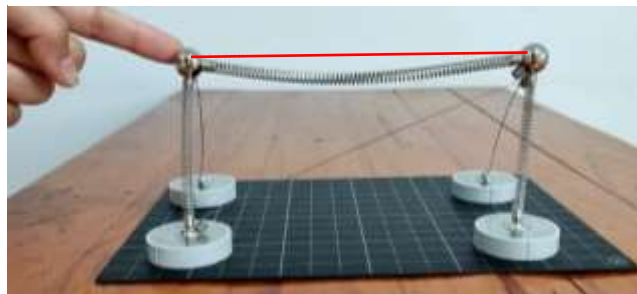
Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Muitos alunos ficaram confusos sobre a resposta correta dessa simulação. Um aluno disse que “para esse caso, a peça diagonal estaria sob efeito de compressão”. A participação foi agradecida, no entanto, a resposta do mesmo estava errada. Imediatamente a isso, outro aluno respondeu que a peça estava sob efeito de tração. Parabenizado e questionado do porquê, ele respondeu que aquela “peça estava reagindo a forças opostas”.

Considerando o erro do outro aluno e para evitar que os demais caíssem em engano, procurou-se esclarecer para todos o que estava acontecendo com a peça. Explicou-se que, levando em

conta que a carga pontual estava sendo aplicada naquele ponto, a diagonal estava sob efeito de tração, visto que sua ligação estava no nó direito do pórtico e a tendência da estrutura quando submetida a carga era se movimentar no sentido da força. Chamou-se a atenção para o comportamento da barra longitudinal superior (em destaque na imagem 41) como maneira de entenderem melhor a situação.

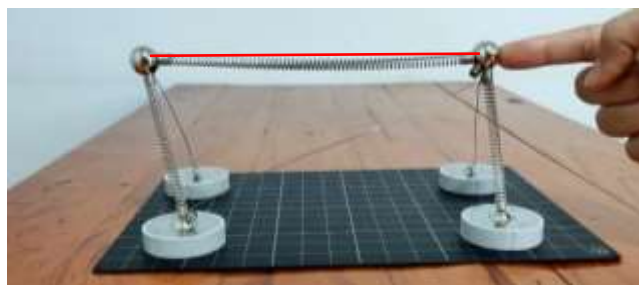
Figura 41 - Barra longitudinal deformada e tirante sob efeito de tração



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Distintamente, quando a carga pontual é aplicada da direita para a esquerda, como mostrado na figura abaixo, a mesma peça diagonal está sob efeito de compressão. A resistência a esse esforço, pode ser visível quando se observa o comportamento da mesma barra longitudinal analisada anteriormente. Para essa ilustração, tem-se a figura 42 abaixo.

Figura 42 - Tirante diagonal sob efeito de compressão



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Após a explicação, perguntou-se aos alunos se tinham entendido o conceito teórico por detrás da representação e todos afirmaram que sim.

Ao final, alguns alunos pediram a palavra para tirarem dúvidas. Perguntaram a respeito das ligações rígidas e articuladas, relataram que entenderam o conceito e o comportamento, mas gostariam de ver na prática como seriam essas ligações. Gentilmente o professor da turma

buscou imagens na internet de diferentes estruturas com as respectivas ligações mencionadas e mostrou aos alunos e pode aplicar a parte teórica e conceitual desse conteúdo.

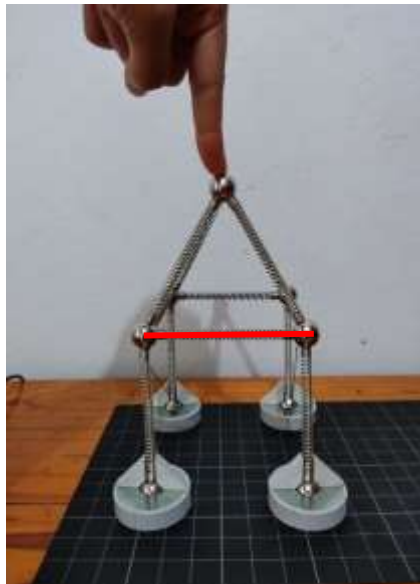
CAPÍTULO 4 RESULTADOS

4.1. AULA NA TURMA DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS I

Com a turma de Rema I, a coleta de dados após a aula foi realizada por meio do jogo *online kahoot*. Foram planejadas cinco perguntas objetivas tendo como base o conteúdo que fora apresentado com a aplicação do kit mola. Todas as perguntas juntamente com os resultados obtidos estão anexadas no apêndice B.

No total, quinze alunos responderam ao questionário no final da aula. Com relação a compreensão dos alunos quanto aos tipos de formação das treliças, 67% acertaram quando responderam que podem ser simples, compostas ou complexas. Essa mesma porcentagem respondeu corretamente que o carregamento em uma treliça ideal se dá somente nos nós. Um tópico que chamou a atenção da pesquisadora foi com relação ao entendimento dos alunos a respeito dos esforços de tração e compressão nas barras de uma treliça. Montou-se uma estrutura com a utilização do kit mola e destacou-se uma barra específica, como mostra a figura 43.

Figura 43 - Imagem utilizada na questão



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Diante dessa imagem, perguntou-se que tipo de efeito a barra em destaque estaria resistindo. 47% da turma acertou ao responder corretamente que seria o efeito de tração. Nesse momento, houve uma pausa no *game* e voltou-se a atenção para o kit mola, pois a porcentagem de

aproveitamento foi considerada baixa pela pesquisadora. Nesse caso, fora novamente montada a estrutura a fim de esclarecer para os alunos que não acertaram a resposta. Tirou-se a barra da estrutura e a carga foi novamente aplicada, notou-se que a estrutura se deformou no sentido longitudinal da barra com forças opostas, ou seja, a tendência da estrutura é esticar aquela barra. Sendo assim, o esforço que a barra em questão estava resistindo era ao de tração.

Perguntou-se, portanto, se todos haviam entendido esse conceito. Todos os alunos responderam que sim e prosseguiu-se com a aula.

Outra estrutura foi montada, conforme ilustra a figura 44. Sobre uma questão, referente ao esforço de compressão, todos os alunos acertaram e para demonstrar o efeito de compressão, a barra foi retirada (figura 45) e os alunos puderam notar a diferença entre os dois esforços. Nesse caso, a tendência é encurtar a peça e não a esticar como na tração.

Figura 44 - Trelça montada com o Kit mola



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Figura 45 - Barra retirada da trelça



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Vale ressaltar que a partir da segunda pergunta, dois alunos abandonaram o jogo, com isso a média de aproveitamento caiu. No entanto, foi uma experiência enriquecedora com a turma de Resistência dos materiais I do campus e através da análise dos dados do jogo, nota-se que houve entendimento da diferenciação desses esforços sendo demonstrados pelo kit mola.

4.2.AULA NA TURMA TEORIA DAS ESTRUTURAS

A aula com a turma de teoria das estruturas prosseguiu da mesma maneira como foi conduzida a aula com a turma de Rema I, diferindo-se no conteúdo abordado. Mediante a aplicação no final da aula de um questionário *online* com perguntas a respeito da utilização do kit mola no ensino dos temas relacionados a matéria (todas as perguntas e os respectivos resultados estão anexadas no apêndice C) pode-se analisar alguns pontos relevantes a essa pesquisa.

Todos os alunos responderam que consideram o kit mola como um material didático interessante nas aulas de disciplinas estruturais, sendo assim, de maneira responderam que são favoráveis ao uso dentro da sala de aula.

Ainda, 57% dos alunos responderam que a maior dificuldade em disciplinas de análises estruturais está na interpretação dos desenhos repassados por meio dos livros ou desenhados no quadro e entender na prática o deslocamento e/ou comportamento real de determinada estrutura.

Por fim, ao serem perguntados se houve algo que compreenderam e que antes não era claro ou era uma dúvida, 86% da turma responderam que sim.

No que diz respeito a participação dos alunos dessa turma, o incentivo foi ideia do professor da turma ao sugerir que quem respondesse de maneira correta contaria com uma nota bônus ao final do semestre, instantaneamente os microfones foram ligados e a aula passou a ser mais interativa. A maioria dos alunos participaram, obviamente alguns se mantiveram tímidos. Nesse ponto os incentivos foram utilizados como meio de aumentar a participação dos alunos no sistema remoto de ensino.

CAPÍTULO 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante toda a análise no presente trabalho, fica compreensível a importância da didática para a melhoria da aprendizagem. Além do mais, a satisfação dos alunos em presenciarem aulas com a utilização do kit foi notável, após as aulas, muitas mensagens por redes sociais foram recebidas pela pesquisadora com textos de gratidão pelo interesse em buscar ajudar no aprendizado e textos de alegria por terem conseguido entender um conceito que antes era incompreensível. Despertar o interesse e a curiosidade dos alunos sobre o conteúdo está longe de ser uma tarefa fácil, além do mais, ideias e preparo de materiais demandam tempo o que se contraria com a realidade enfrentada pelo professor. A demanda de aulas e turmas, correções, notas, lançamento de presenças e faltas, atendimento aos alunos e cobrança do governo por rendimento, faz do professor uma “máquina ambulante” durante o semestre letivo.

No entanto, o que de início pode parecer trabalhoso (planejar e elaborar correlação entre o conteúdo e o Kit mola e aplica-lo), proporcionará entusiasmo, por conseguinte. Como? Aulas mais participativas e rentáveis, desenvolvimento cognitivo dos alunos onde estes conseguirão analisar na prática o comportamento da estrutura que calculou anteriormente, como por exemplo, a deformação elástica de uma peça estrutural.

Os professores estão cada vez mais, se atualizando tecnologicamente para acompanhar a demanda do público jovem a quem atendem (TAVARES e ALMEIDA, 2020) e o uso de materiais didáticos mais tecnológicos como, software de estruturas e o próprio kit mola fazem parte desse processo. A participação dos professores durante a aplicação do kit mola foi importante para o processo de ensino, visto que, em alguns momentos surgiram dúvidas e houve interação entre eles e os alunos com explicações teóricas e possíveis de visualização através do kit mola.

Com relação ao kit mola e com base nos dados fornecidos anteriormente, pode-se verificar que seu uso apresenta um método de aprendizagem que engloba demonstração visual e assimilação de conhecimentos prévios dos alunos (GOMES, OSÓRIO e VALENTE, 2018). O que promove a compreensão dos conteúdos aos quais o Kit Mola é relacionado, de modo que este auxilia na visualização da estrutura estudada.

As pesquisas por meio dos questionários online, demonstram que o material didático seria de grande ajuda se inserido nas salas de aula. Isto é, nos resultados obtidos após a aplicação do kit mola na turma de Teoria das estruturas, cem por cento (100%) dos alunos responderam que

consideram as disciplinas estruturais as mais difíceis do curso, sendo que cinquenta e sete por cento (57%) relataram que mediante a essas disciplinas, a maior dificuldade é interpretar os desenhos e entender o comportamento da estrutura na prática.

Um ponto importante que vale ressaltar é que o kit mola utilizado nessa pesquisa é de uma professora da área de estruturas e orientadora desse projeto. De modo que, a instituição não conta com o material didático em sua aquisição. Para as aulas remotas, o uso de apenas um kit foi suficiente, no entanto, para a realidade presencial de uma sala de aula, pode se tornar ineficaz, uma vez que é didaticamente recomendado a formação de pequenos grupos para manuseio do kit mola. Infelizmente o valor de aquisição de um kit não é baixo, tendo em média o valor de setecentos reais (R\$ 700,00) no site oficial da empresa.

Por fim, salienta-se que as mudanças ocorridas no conhecimento dos alunos com o uso do kit atingem a todos, obviamente que cada um com uma intensidade. E, sem medo do equívoco, externaliza-se que para a pesquisadora a mudança já se faz presente, mudança no sentido de que cada esforço no anseio por aperfeiçoar os procedimentos e se conduzir um conhecimento ao aluno tem grande importância no processo de ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Cristiano. **Sisu 2021: edição teve maiores notas de corte em comparativo com 2020**. Disponível em: <<https://portalpne.com/sisu-enem/sisu-2021-edicao-teve-maiores-notas-de-corte-no-comparativo-com-a-edicao-2020/>>. Acesso 16/jul/2021
- BACHELARD, G. A. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996.
- BARBOSA, Flávia Aparecida dos Santos; FREITAS, Fernando Jorge Correia de. **A didática e sua contribuição no processo de formação do professor**. 2018. Disponível em: <<https://fapb.edu.br/wp-content/uploads/sites/13/2018/02/especial/3.pdf>> Acesso: 08 de Janeiro de 2022
- BORDINHÃO, Jacqueline Pintor, SILVA, Elias do Nascimento. **O uso dos materiais didáticos como instrumentos estratégicos ao ensino-aprendizagem**. 2015. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/o_uso_dos_materiais_didaticos_como_instrumentos_estrategicos_ao_ensino-aprendizagem.pdf> Acesso: 11 de janeiro de 2022
- BOTH, Ivo Jose. **Avaliação Planejada, aprendizagem consentida: é ensinando que se avalia, é avaliando que se ensina**. – 3 ed. rev. – Curitiba: IBPEX, 2011 (p.192) BRASIL, Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno.
- BRAATHEN, Per Christian. **Aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa**. Revista Eixo, v. 1, n. 1, p. 74-86, 2012
- BRASIL. Planalto. **Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966**. Brasília, 1966. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5194.htm>. Acesso em: 16 jul. 2021
- BRASIL, MEC/CNE. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia Civil**. Resolução CNE/CP 11/2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002. Seção 1, p. 32. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>> Acesso em: 16 jul. 2021.
- CARNEIRO, Fernando Lobo. **Análise dimensional e teoria da semelhança e dos modelos físicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1996.
- DAMACENO, Érick William da Silva et al. **Estudo do uso kit mola estrutural no ensino de engenharia civil**. PI – Pesquisa e Inovação, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 38-50, jan./jun. 2019.
- Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Acesso em 19/07/2021 <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/res0398.pdf>
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.
- GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 2015. [E-book].
- GOMES, M. J.; OSÓRIO, A. J.; & VALENTE, L. (ORGANIZADORES). (2017). **CHALLENGES 2017: Aprender nas nuvens – Learning the clouds – Atas da X Conferencia Internacional de TIC na Educação**. BRAGA: Centro De Competência TIC Na Educação Do Instituto De Educação Da Universidade Do Minho. 2.º EDIÇÃO, 2017

HARRIS, Harry G.; SABINS, Gajanan M. **Structural modeling and experimental techniques**. 2nd ed. Florida: CRC Press LLC, 1999.

HAYDT, R. C. C. Curso de didática geral. São Paulo: Ática, 2006.

LEWIN, A. M. F. e LEMÁSCOLO, T. M. M. **La metodología científica en la construcción de conocimientos. Enseñanza de las ciencias**, 20 (2), p. 147-1510, 1998.

LOPES, Antonia Osima. **Aula expositiva: superando o tradicional**. IN: VEIGA, Ilma Passos Alencastro. Técnicas de ensino: por que não? Campinas, SP: Papirus, 2011.

LOWMAN, J. **Dominando as técnicas de ensino**. Tradução H. O. Avritscher. São Paulo: Atlas, 2007.

MALHEIROS, B. T. **Didática geral**. Rio de Janeiro: LTC, 2012

MARQUES, A. P. A. Z.; GITAHY, R. R. C. **O uso da metodologia ativa em team based learning aliado a tecnologia: Influência no processo de aprendizagem**. Universidade do Oeste Paulista. Presidente Prudente, 2017

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitiva ao ensino de física**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

NERICI, Imideo G. **Introdução à Didática Geral**. São Paulo: Fundo de Cultura, 1971.

NOVAK, J.D & GOWIN, D. B. **Learning how to learn**. Cambridge University Press, 1984

OLIVEIRA, Márcio Sequeira. **Modelo Estrutural Qualitativo para Pré-Avaliação do Comportamento de Estruturas Metálicas**. Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto – Escola de Minas. Ouro Preto, 2008

OLIVEIRA, Márcio Sequeira. **Maquete Estrutural: Um instrumento para o ensino de estrutura em escolas de arquitetura**. 2008. Disponível em: [https://www.abcem.org.br/construmetal/2006/arquivos/Maquetes%20Estrutura is.pdf](https://www.abcem.org.br/construmetal/2006/arquivos/Maquetes%20Estrutura%20is.pdf). Acesso em: 20 dez. 2021.

OLIVEIRA, Márcio Sequeira; AZEVEDO LEITE, Maria Amélia D. F.; REBELLO, Yopanan, C. P; **Manual Kit Estrutural Mola 1**; Brasil, 2016.

PEREIRA, Hugo Alexander Martins. **Professor do curso de engenharia civil: de uma prática pedagógica tradicional à uma ação docente inovadora**. 2015. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21213_9963.pdf>. Acesso em: 16 jul. 21

PEREIRA, Maria Suely. **A importância da boa formação do professor** IN: Revista Eletrônica de Ciências da Educação, Campo Largo, v. 6, n. 1, jun 2007.

PIMENTA, Selma Garrido et al. **A construção da didática no GT Didática–análise de seus referenciais**. Revista Brasileira de Educação, v. 18, n. 52, p. 143-162, 2013.

PINHEIRO, Paulo César da Costa. **Desenvolvimento de protótipos: instrumento de motivação e ligação das disciplinas do curso de engenharia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE-2000), 28., 2000, Ouro

Preto.Ouro Preto, ABENGE, Associação Brasileira de Ensino de Engenharia,2000. 1 CD-ROM.

PLEBANI, Solange; DOMINGUES, Maria José Carvalho de Souza. **A utilização dos métodos de ensino: uma análise em um curso de Administração.** Revista Angrad, v. 10, n. 2, p. 53-72, 2009.

SILVA, L; CECÍLIO, S. **A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia.** Educação em Revista, 2007.

SANTOS, Marcos Pereira dos. **Recursos didático-pedagógicos no processo educativo da matemática: uma análise crítico-reflexiva sobre sua presença e utilização no ensino médio.** Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2005.

TAVARES, Luísa Reis de Sousa; ALMEIDA, Ilda Neta Silva. **Principais métodos de ensino utilizados nos cursos de engenharia civil e ambiental em IES de Palmas – Uma reflexão sobre a formação e atuação docente.** Revista Multidebates, v.4, n.1.Palmas-TO, abril de 2020. Disponível em < <https://silabe.com.br/blog/aprendizagem-baseada-em-problemaspbl/>>. Acesso em 15 de janeiro de 2022

UNIVIÇOSA. **Alta do mercado de Engenharia Civil: o momento de se qualificar é agora.** G1.globo.com, São Paulo, 13 de março de 2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/especial-publicitario/univicoso/somos-o-centro-universitario-de-vicoso/noticia/2020/04/13/alta-do-mercado-de-engenharia-civil-o-momento-de-se-qualificar-e-agora.ghtml>>. Acesso em 17 de maio de 2021.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO ONLINE DE DIAGNÓSTICO PRELIMINAR

Figura 46 -Formulário Diagnóstico

Perguntas Respostas 29 Configurações

Pesquisa sobre as disciplinas de Isostática e REMA I do IFG Campus Jataí

Obrigada por acessar e contribuir com essa pesquisa.

1. Em qual periodo está atualmente?

Texto de resposta curta

2. Já cursou as disciplinas de Isostática e Resistência dos Materiais I?

☐ Sim

☐ Apenas Isostática

☐ Apenas Rema I

☐ Não se aplica

3. Na primeira vez que cursou a disciplina de Isostática, conseguiu aprovação direta? Ou reprovou?

☐ Aprovação Direta

☐ Reprovação

4. Na primeira vez que cursou a disciplina de REMA I, conseguiu aprovação direta? Ou reprovou?

☐ Aprovação direta

☐ Reprovação

5. Precizou da ajuda de monitorias enquanto cursava tais disciplinas?

☐ Sim

☐ Não

☐ Não houve monitoria das disciplinas enquanto cursei

6. O que achou do conteúdo da disciplina de Isostática?

☐ Gostei

☐ Não gostei

☐ Gostei. Mas poderia ter sido melhor

...

O que achou do conteúdo da disciplina de Rema I?

- ☐ Gostei
- ☐ Não gostei
- ☐ Gostei, Mas poderia ter sido melhor

8. O que poderia ter sido melhor no ensino dessas disciplinas?

- ☐ Nada! Gostei da maneira que foi
- ☐ Proporcionar mais aulas teóricas, com mais resoluções de cálculos das estruturas
- ☐ Proporcionar materiais didáticos diferentes que proporcionem a visualização real das estruturas desenha...

9. Você acredita que a aplicação de um material didático que pudesse prever de maneira clara e visual o comportamento das estruturas, dentro da sala de aula durante as explicações do comportamento estrutural, proporcionaria maior aprendizado aos alunos?

- ☐ Sim
- ☐ Não

...

10. Acha importante a variedade didática (aulas teóricas, práticas, dinâmicas em grupos, vídeos, uso de materiais didáticos como maquetes com peças que simulam o comportamento real de uma estrutura) no ensino de estruturas?

- ☐ Sim
- ☐ Não

11. De 0 a 10, qual o seu nível de aprendizado em análise estrutural nas disciplinas de Isostática e REMA I? Sendo 0 (muito ruim), 5 (regular) e 10 (excelente)

- | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |

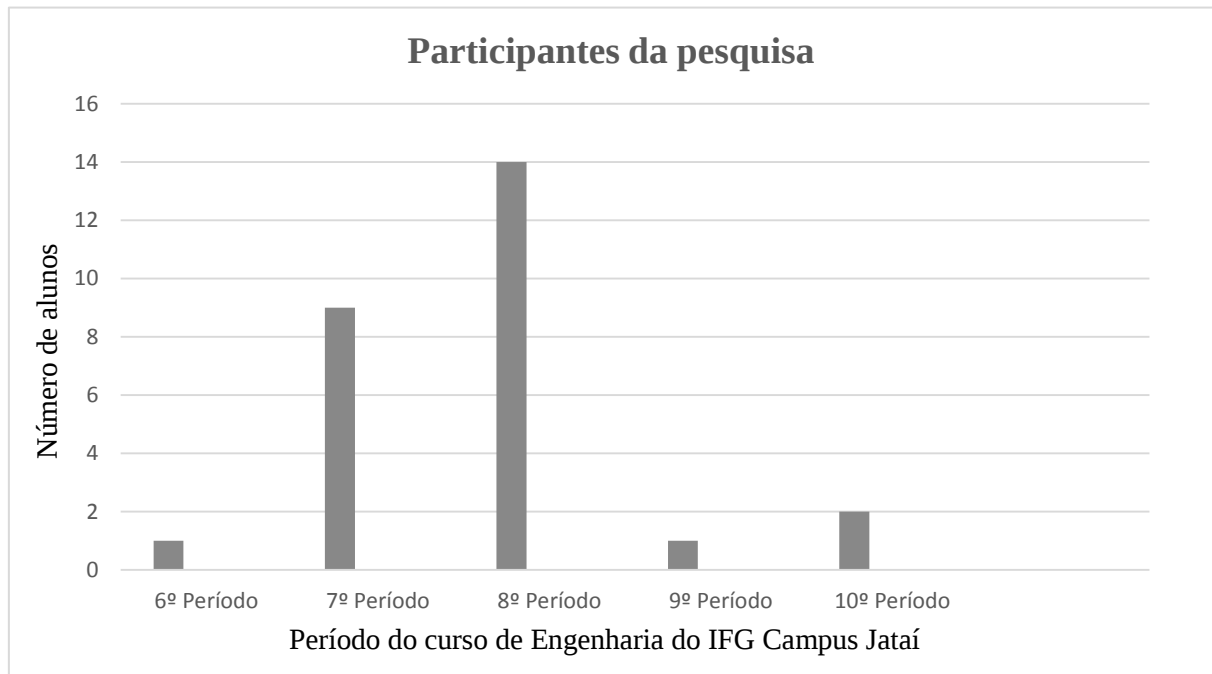
Se estivesse ao seu alcance uma mudança no ensino de tais disciplinas... O que poderia sugerir ?

Texto de resposta longa

Abaixo, segue as respostas obtidas com as respectivas perguntas:

1º. Em qual período está atualmente?

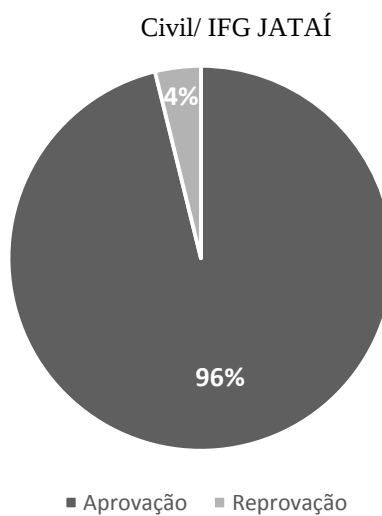
Figura 47 - Período dos alunos participantes do questionário online



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

2º. Na primeira vez que cursou a disciplina de isostática, conseguiu aprovação direta? Ou reprovou?

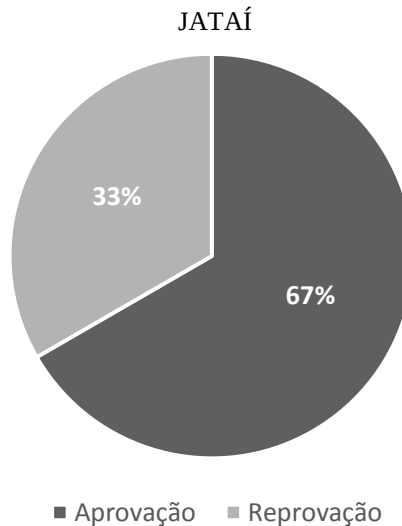
Figura 48- Índice de aprovação e reprovação na disciplina de Isostática - Engenharia



Fonte – AUTORIA PRÓPRIA (2022)

3°. Na primeira vez que cursou a disciplina de Rema I, conseguiu aprovação direta? Ou reprovou?

Figura 49 - Índice de aprovação e reprovação Rema I - Engenharia Civil/ IFG

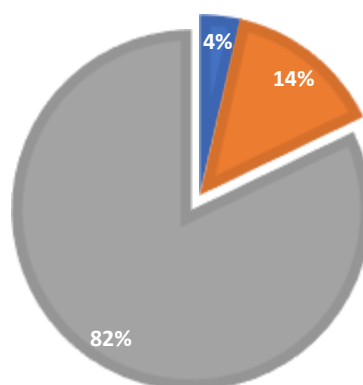


Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

4°. O que poderia ter sido melhor no ensino dessas disciplinas?

Figura 50 - Opinião sobre melhorias no ensino das disciplinas estruturais no curso de Engenharia Civil/

- Nada! Gostei da maneira que foi
- Proporcionar mais aulas teóricas, com mais resoluções de cálculos das estruturas
- Proporcionar materiais didáticos diferentes que proporcionem a visualização real das estruturas desenhadas no quadro e seus respectivos comportamentos mediante cargas aplicadas



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

5°. Questionados se a aplicação de um material didático que pudesse prever de maneira clara e visual o comportamento das estruturas, dentro da sala de aula durante as explicações do comportamento estrutural, proporcionaria maior aprendizado aos alunos? E se acham

importante a variedade didática (aulas teóricas, práticas, dinâmicas em grupos, vídeos, uso de materiais didáticos como maquetes com peças que simulam o comportamento real de uma estrutura) no ensino de estruturas? Todos os alunos responderam que sim.

6°. De 0 a 10, qual o seu nível de aprendizado em análise estrutural nas disciplinas de Isostática e REMA I? Sendo 0 (muito ruim), 5 (regular) e 10 (excelente).

Figura 51 - Nível de aprendizado dos alunos de Engenharia Civil/ IFG JATAÍ



Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

APÊNDICE B – PERGUNTAS E RESPOSTAS DO JOGO ONLINE KAHOOT

Destaca-se que, a resposta correta para cada pergunta foi destacada em cor diferente.

1ª Pergunta: Quanto a formação, as treliças podem ser:

1. **Simples, composta, complexa**
2. Simples, complexa
3. Simples, composta
4. Composta, complexa

Tabela 8 - Relatório das respostas do jogo online

Nº de alunos	Acertos	Erros	Sem resposta	Aproveitamento
15	10	5	-	67%

2ª. Que tipo de esforços atuam sobre uma treliça?

1. Tração, Torção
2. Compressão, Cisalhamento
3. **Tração, Compressão**
4. Cisalhamento, Torção

Tabela 9 - Relatório das respostas do jogo online

Nº de alunos	Acertos	Erros	Sem resposta	Aproveitamento
15	11	2	2	73%

Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

3ª. Analisando a demonstração, a barra em destaque de vermelho, está sofrendo que tipo de efeito?

1. Compressão
2. Cisalhamento
3. Torção
4. **Tração**



Tabela 10 - Relatório das respostas do jogo online

Nº de alunos	Acertos	Erros	Sem resposta	Aproveitamento
15	7	4	4	47%

Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

4ª. Analisando a demonstração, a barra em destaque estará sofrendo que tipo de efeito?

1. **Compressão**
2. Cisalhamento
3. Torção
4. Tração



Tabela 11 - Relatório das respostas do jogo online

Nº de alunos	Acertos	Erros	Sem resposta	Aproveitamento
15	12	0	3	80%

Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

5ª. O carregamento numa treliça ideal é realizado:

Nas barras

Nos nós

Nos apoios

N.D.A

Tabela 12 - Relatório das respostas do jogo online

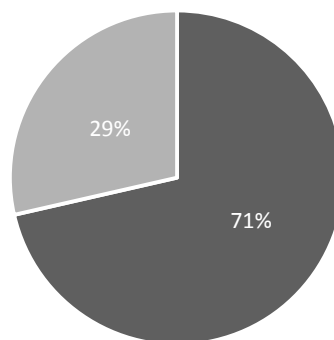
Nº de alunos	Acertos	Erros	Sem resposta	Aproveitamento
15	10	3	2	67%

Fonte - AUTORIA PRÓPRIA (2022)

APÊNDICE C – PERGUNTAS E RESPOSTAS DO FORMULÁRIO ONLINE COM A TURMA DE TEORIA DAS ESTRUTURAS

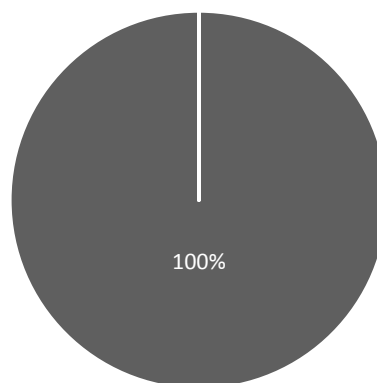
Ao final da aula e como forma de obter um retorno dos alunos a respeito da aula com uso do Kit, fora proposto um questionário online com perguntas a respeito da utilização do kit mola, segue abaixo os resultados obtidos:

Já conhecia o Kit Mola?



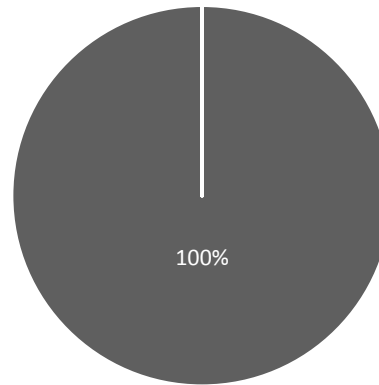
■ Sim ■ Não

Considera o kit um material didático interessante para as aulas de disciplinas estruturais?



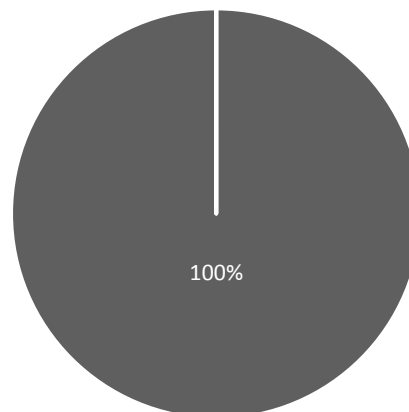
■ Sim ■ Não

Você é a favor da utilização do Kit Mola nas disciplinas estruturais em que seu uso é possível?



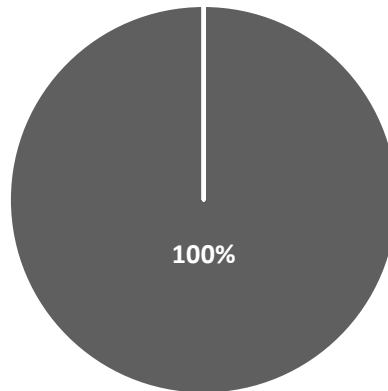
■ Sim ■ Não

Pode-se afirmar que as aulas com o uso do Kit proporcionaria maior entendimento sobre o comportamento das estruturas?



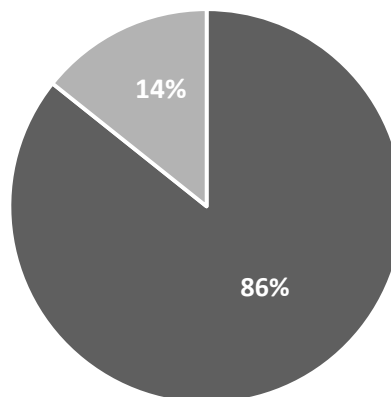
■ Sim ■ Não

Considera as disciplinas estruturais as mais difíceis do curso de Engenharia Civil? (Ex: Teoria das Estruturas, Concreto I e II, Estruturas de aço)



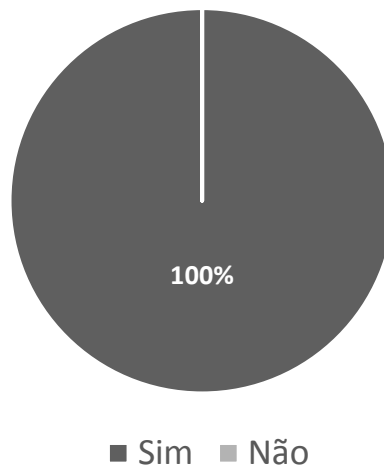
■ Sim ■ Não

Durante a aula, houve algo que você compreendeu e que antes não era claro ou era uma dúvida?

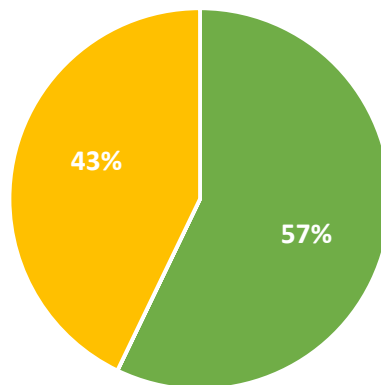


■ Sim ■ Não

A aula foi interessante para você?



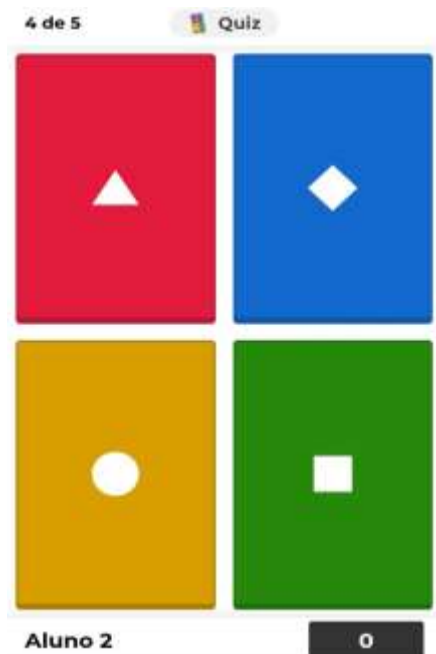
Qual sua maior dificuldade diante das disciplinas estruturais?



- Interpretar os desenhos do livro ou do quadro e entender "na prática" o comportamento da estrutura
- Não tenho dificuldade nas matérias
- Os cálculos

ANEXO – INTERFACE DO JOGO ONLINE KAHOOT

Figura 53 - Alternativas para responder



Fonte - ADAPTADA KAHOOT (2022)

Figura 52 - Tela inicial do Kahoot



Fonte - ADAPTADA KAHOOT (2022)

Figura 54 - Tela secundária para *login* com apelido



Fonte - ADAPTADA KAHOOT
(2022)