



**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**DEBORAH MAIA CUNHA**

**METODOLOGIAS AUXILIARES NO ENSINO DAS DISCIPLINAS DE  
ESTRUTURAS NO CAMPO DA ENGENHARIA CIVIL**

**FORTALEZA**

**2020**

**DEBORAH MAIA CUNHA**

**METODOLOGIAS AUXILIARES NO ENSINO DAS DISCIPLINAS DE  
ESTRUTURAS NO CAMPO DA ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Ésio Magalhães  
Feitosa Lima

Co-orientador: Prof. Me. Leonardo Tavares  
de Sousa

**FORTALEZA**

**2020**

Dados Internacionais de Catalogação na  
Publicação Faculdade Ari de Sá

Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C972m Cunha, Deborah .

METODOLOGIAS AUXILIARES NO ENSINO DAS DISCIPLINAS DE ESTRUTURAS  
NO CAMPO DA ENGENHARIA CIVIL / Deborah Cunha. – 2020.

59 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil,  
Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima .

Coorientação: Prof. Me. Leonardo Tavares de Sousa

.

1. Metodologia Auxiliar. 2. Metodologias Ativas. 3. Aprendizagem. 4. Métodos de  
Ensino. 5. Engenharia Civil. I. Título.

CDD 620

---

**DEBORAH MAIA CUNHA**

**METODOLOGIAS AUXILIARES NO ENSINO DAS DISCIPLINAS DE  
ESTRUTURAS NO CAMPO DA ENGENHARIA CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial à  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientador: Prof. Me. Ésio Magalhães  
Feitosa Lima

Co-orientador: Prof. Me. Leonardo Tavares  
de Sousa

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Me. Ésio Magalhães Feitosa Lima  
Faculdade Ari de Sá

---

Prof. Me. Francisca Lilian Cruz Brasileiro  
Faculdade Ari de Sá

---

Prof. Me. Edglei de Sousa Marques  
Senai

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus avós maternos e paternos, ao meu namorado e a toda a minha família, pelos momentos de ausência, pelo incentivo recebido e por sempre acreditarem em mim, quando nem eu acredito.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela presença inquestionável em minha vida. Pela capacidade de em meio a um momento tão crítico em que a humanidade se encontra, a coragem e a disciplina de concluir a jornada, a caminhada para esse sonho.

À minha mãe, por todo o suporte nessa jornada, pelo exemplo de vida e as palavras que me motivaram a conclusão desse sonho.

Ao meu pai, por todas as vezes em que me fez refletir sobre o futuro e me fez enxergar o melhor caminho a se seguir.

À minha vó Elira, por acreditar no meu sonho e por não me deixar desistir, pois mesmo com palavras duras me mostrou que seria o melhor para mim, e que fraquezas vêm e vão, mais temos que ter determinação na caminhada e finalizar o percurso.

Ao meu avô Brito, por acreditar em mim antes mesmo de eu começar a trilhar o meu sonho, por todos os momentos de força e por todo o amor dado a mim, por me ensinar que tudo feito com amor e dedicação vale a pena. Exemplo de vida para a construção do meu futuro.

Aos meus avós, Maria Nilma e Ribamar Rodrigues, por todo o apoio na jornada acadêmica, pelo exemplo de vida e de superação.

Ao meu namorado, Kelvin, por sempre compreender esse momento de ausência, por sempre auxiliar em correções e leitura. Por sempre estar ao meu lado, na execução das peças, me auxiliando, na produção fotográfica das mesmas, e por sempre estar me motivando a não desistir.

Aos meus tios e tias por todas as palavras de ânimo e incentivo.

Ao meu tio Danilo, por sempre confiar no meu potencial e pela motivação.

A Ivana, minha amiga de faculdade, por sempre estar comigo nessa jornada, pelas noites em claro, pelo apoio ofertado tanto meu, quanto ela.

A minha sogra, Lucimeire, por todo o apoio e incentivo nessa caminhada, obrigada pela demonstração do orgulho e da motivação diária.

Ao meu Orientador, Ésio Magalhães, por toda a paciência e o apoio nessa jornada acadêmica, obrigada pelo incentivo e pela confiança depositada.

Ao meu Coorientador, Leonardo Tavares, por todo o apoio desde o início, por toda dedicação e por todo o incentivo nessa caminhada.

Ao longo dos anos, a fim de buscar novas formas de aprendizagem e de desenvolver novas competências, os métodos tradicionais de ensino-aprendizagem vêm dando espaço para as metodologias ativas.

(Souza & Neto,2018)

## RESUMO

O presente trabalho aborda as atividades relacionadas ao desenvolvimento de uma metodologia auxiliar de ensino. Tal metodologia consiste na utilização de peças estruturais em tamanho reduzido e em tamanho real, que tem como objetivo facilitar a compreensão de assuntos como, resistência dos materiais, concreto I e II, Teoria das estruturas, entre outros, tratados nas disciplinas de estruturas em cursos de engenharia civil, por meio de um laboratório de estruturas. Este projeto busca melhorar o entendimento e estimular o interesse de novos alunos na compreensão do conteúdo e facilitar a aprendizagem das disciplinas de Estruturas na Engenharia Civil. Para alcançar tal propósito, pensou-se na elaboração de um laboratório de estruturas, laboratório este que ainda está em processo de projeto e que será mostrada a sua utilização em trabalhos futuros, nele estariam inseridos protótipos, de diferentes tipos e tamanhos que estão presentes neste trabalho, representando conceitos como, índice de esbeltez, flexão, torção, flambagem, bem como uma estrutura em tamanho real, composta por vigas e pilares ilustrando posição das armaduras, tipos de armaduras em vigas, posições dos pilares, entre outros conceitos. Por meio desses protótipos, pretende-se incluir o aluno na sua rotina de aprendizagem, mostrar cada conceito teórico, de forma real. Para a execução dos materiais foram utilizados vários materiais de fácil acesso, podendo reproduzir esses protótipos a serem utilizados em diferentes ambientes e em diferentes instituições. Vale ressaltar que as cadeiras envolvendo o conceito de estruturas são as cadeiras do curso de engenharia civil aonde são apresentados diversos conceitos teóricos do comportamento de materiais quando submetidos a tensões, porém, como será explicado ao longo do trabalho esses protótipos vem com o intuito de tornar a experiência de aprendizagem mais ativa e mais compreensível aos discentes e mais fácil de ser transmitida pelos docentes.

**Palavras-chave:** Metodologia Auxiliar. Metodologias Ativas. Aprendizagem. Métodos de Ensino. Engenharia Civil.

## ABSTRACT

This work addresses the activities related to the development of an auxiliary teaching methodology. Such methodology consists in the use of structural parts in reduced size and in real size, which aims to facilitate the understanding of issues such as, strength of materials, concrete I and II, Theory of structures, among others, treated in the disciplines of structures in civil engineering courses, through a laboratory of structures. This project seeks to improve the understanding and stimulate the interest of new students in the understanding of the content and facilitate the learning of the disciplines of Structures in Civil Engineering. To achieve such purpose, it was thought the elaboration of a laboratory of structures, a laboratory that is still in process of project and that will be shown its use in future works, in it would be inserted prototypes, of different types and sizes that are present in this work, representing concepts such as, slimness index, bending, torsion, flambage, as well as a structure in real size, composed of beams and pillars illustrating the position of the reinforcements, types of reinforcements in beams, positions of the pillars, among other concepts. Through these prototypes, it is intended to include the student in their learning routine, show each theoretical concept, in a real way. For the execution of the materials were used several materials of easy access, being able to reproduce these prototypes to be used in different environments and in different institutions. It is worth pointing out that the chairs involving the concept of structures are the chairs of the course of civil engineering where are presented several theoretical concepts of the behavior of materials when subjected to stress, however, as will be explained throughout the work these prototypes come with the intention of making the learning experience more active and more understandable to students and easier to be transmitted by teachers.

**Keywords:** Auxiliary Methodology. Active Methodologies. Learning. Teaching Methods. Civil Engineering.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pirâmide de Aprendizagem .....	14
Figura 2 –Taxa de titulação e evasão dos cursos de engenharia no Brasil, considerando dados de ingressos totais.....	23
Figura 3 –Elaboração das peças que ilustram o efeito do índice de esbeltez .....	25
Figura 4 –Elaboração das peças que ilustram o efeito da torção em eixos circulares .....	26
Figura 5 –Elaboração das peças que ilustram o efeito da torção em eixos retangulares .....	27
Figura 6 –Elaboração de peça que ilustra o efeito da flexão em vigas .....	27
Figura 7 –Elaboração de placas para interação com peça de flambagem.....	28
Figura 8 –Elaboração de peça que ilustra o efeito de Flambagem .....	29
Figura 9 –Peça que irá ilustrar o efeito de flambagem em execução.....	30
Figura 10 –Vista Superior da peça em tamanho real para demonstração e execução de conceitos de estruturas .....	31
Figura 11 –Perspectiva da Estrutura Proposta.....	32
Figura 12 –Ilustração de armaduras simples das vigas .....	33
Figura 13 –Ilustração de armaduras duplas das vigas .....	34
Figura 14 –Ilustração de armaduras das vigas em seção T.....	35
Figura 15 –Ilustração de armaduras do Pilar P1 .....	36
Figura 16 –Ilustração de armaduras do Pilar P2 .....	36
Figura 17 –Ilustração de armaduras do Pilar P3 .....	37
Figura 18 –Ilustração de armaduras do Pilar P4 .....	38
Figura 19 –Ilustração de armaduras do Pilar P5 .....	38
Figura 20 –Ilustração de armaduras do Pilar P6 .....	39
Figura 21 –Protótipo de Índice de Esbeltez em Colunas.....	42
Figura 22 –Protótipo de Índice de Esbeltez em Colunas sofrendo a compressão ....	43
Figura 23 –Hipérbole de Euler.....	43
Figura 24 –Protótipo de Flambagem em Colunas.....	45
Figura 25 –Protótipo de Flambagem em Colunas sofrendo o esforço .....	46
Figura 26 –Flambagem em Colunas, Representação do Hibbeler .....	46
Figura 27 –Peça de Flambagem com molduras auxiliares.....	48
Figura 28 –Protótipo de Flexão em Vigas .....	49
Figura 29 –Protótipo de Flexão em Vigas sofrendo o Esforço .....	50
Figura 30 –Flexão em Vigas, Representação Hibbeler .....	50
Figura 31 –Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Retangulares .....	51
Figura 32 –Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Retangulares sofrendo esforço...52	
Figura 33 –Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Circulares .....	52
Figura 34 –Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Circulares sofrendo esforço.....53	
Figura 35 – Torção em Eixos Sólidos Circulares, Representação Hibbeler .....	53

## LISTA DE SIGLAS

FAS	Faculdade Ari de Sá
IES	Instituição de Ensino Superior
PET	Programa de Educação Tutorial
DCN'S	Diretrizes Curriculares Nacionais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>18</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO .....</b>	<b>56</b>
6.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	56
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as metodologias ativas estão tendo mais atenção por parte das instituições de Ensino Superior, tendo em vista que existem diferentes métodos de ensino e aprendizagem.

No que se refere a forma como a aula é ministrada, é bem perceptível que nas metodologias mais usuais tem-se uma oratória teórica, como exemplo podem ser citadas as disciplinas de estruturas, que na grande maioria das vezes não são tão compreensíveis no ponto de vista do aluno.

Se trata de um processo amplo, onde o objetivo principal é tornar o discente como principal responsável pela sua aprendizagem, inserindo disciplinas mais práticas, para obter um ensino de maior qualidade e interesse por parte dos alunos.

Um psiquiatra norte americano chamado William Glasser, estudava bastante sobre a mente humana e como ela absorvia o conteúdo que era captado, os estudos de William trouxeram uma mudança no padrão de ensino, pois de acordo com a Figura 1 a seguir, desenvolvida pelo mesmo, pode-se notar como o cérebro capta as mensagens transmitidas a ele em cada ação do ser humano.

Com seu estudo ele constatou que se o discente ler aquilo que estuda ele absorve 10% do que foi estudado, já se o mesmo escrever o que está estudando absorve até 20%, se o mesmo observar alguém ministrando ou explicando ele absorve até 30% do conteúdo e se ver ou ouvir algo sobre o seu objeto de estudo ele absorve até 50%, os métodos citados são a forma passiva de aprendizagem, ou seja é o estudo tradicional, a metodologia tradicional de ensino.

Já se utilizada as metodologias ativas como, Discutir sobre o que o professor ministrou em sala de aula com os colegas, por exemplo, o aluno já consegue absorver cerca de 70% do todo, se for praticado o que foi absorvido em sala de aula o discente já absorve 80% e se o mesmo passar a ensinar para os colegas o que seu

docente lhe ensinou, ou seja, se o discente passar a transmitir o conteúdo, assim como seu professor ele pode absorver cerca de 95% do conteúdo ministrado.

Figura 1: Pirâmide da Aprendizagem



Fonte: (A Teoria da Pirâmide de Aprendizado e William Glasser, n.d.)

Então, de acordo com o estudo feito e a pirâmide executada por Wiliam Glasser, pode-se notar que a utilização da aprendizagem ativa é sim uma aprendizagem relevante, pois a absorção do conteúdo pelo aluno é quase que totalmente proveitosa, tendo em vista que o mesmo absorve cerca de até 95% do conteúdo.

Por isso a utilização das metodologias ativas e a criação de metodologias auxiliares para as metodologias ativas no ensino de engenharia e não só de engenharia, mais de diversos cursos, nas graduações de todo o mundo, para que possamos construir profissionais cada vez mais qualificados e capazes de absorver o que lhe é ofertado.

Uma parcela do índice de evasão nos cursos de engenharia pode ser consequência do uso das metodologias tradicionais de usualmente são aplicadas no decorrer de toda a graduação. Nas disciplinas de estruturas, por exemplo, desde os primórdios do ensino de engenharias é utilizada uma estrutura de ensino tradicional, com uma vertente teórica, a carga de conteúdo é muito excessiva e pode causar o desinteresse por parte dos discentes.

Existem vários fatores que incentivam ou não um discente a querer permanecer em um curso de engenharia, cabe a cada Instituição de Ensino Superior (IES) modificar a sua metodologia de ensino aplicada em cada disciplina, principalmente nas disciplinas na área de estruturas como: Resistência dos Materiais, Concreto Armado, Teoria das Estruturas e Estruturas de Madeira e Aço, já que são disciplinas com uma quantidade de teoria e cálculos bem maior do que algumas outras disciplinas durante o curso.

A formação de engenheiros deve se assemelhar cada vez mais com as demandas que o mercado profissional oferece, tendo em vista que engenheiros são solucionadores natos de problemas, então, é viável uma parcela de prática aliada com a fundamentação teórica que o curso oferece.

Para que metodologias ativas sejam cada vez mais inseridas na grade curricular dos cursos de Engenharia de diversas instituições, foram aprovadas novas Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCN'S), que dão oportunidade aos estudantes que visam a inserção de um ensino mais ativo, bem como a instituições que desejam implementar as metodologias ativas nas suas grades curriculares, a fim de reduzir uma parcela da desistência ou evasão de alunos insatisfeitos com os métodos de ensino aplicados.

De acordo com pesquisas em Instituições de Ensino Superior pelo Brasil, nos últimos anos nota-se que 100 mil bacharéis em engenharia se formaram em cursos presenciais e a distância, entretanto obteve cerca de 50% de taxa de evasão nesse mesmo curso. (BRASIL, 2019).

Contudo, a pretensão de aliar a teoria a prática com a utilização das metodologias ativas é de fato válido, nota-se pela melhoria na absorção do conteúdo com a utilização das mesmas como mostra o psiquiatra Wiliam Glaser, tornar o aluno o principal responsável pela sua aprendizagem faz com que o mesmo absorva cada vez mais o que lhe é ofertado, podendo assim solucionar os possíveis problemas na educação em engenharia, formando cada vez mais jovens inovadores e qualificados.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desse trabalho é desenvolver protótipos e peças para que atuem como metodologias auxiliares na área da engenharia, mais especificamente na linha de estruturas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar protótipos que permitam ilustrar o comportamento de peças submetidas a torção;
- Elaborar protótipos que permitam ilustrar o comportamento de peças submetidas a flexão;
- Elaborar protótipos que permitam ilustrar o efeito do índice de esbeltez;
- Elaborar protótipos que permitam ilustrar o fenômeno da flambagem em colunas;
- Propor um modelo de estrutura em tamanho real, que permita ao aluno verificar como as armaduras das principais peças (vigas, pilares e fundações) são dispostas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Valente 2017, as estratégias pedagógicas que colocam o foco do processo de ensino e aprendizagem no aprendiz, contrastando com a abordagem pedagógica do ensino tradicional, centrada no professor, que transmite informação aos alunos.

Na atual conjuntura do ensino superior no Brasil, têm-se notado que o processo de aprendizagem vem dando espaço as novas formas de ensino, tendo em vista que os jovens vêm se questionando sobre o seu papel dentro do seu processo de aprendizagem e os professores vêm procurando formas de fortalecer cada vez mais essa relação docente-discente, porém, ainda se encontram barreiras para a transição da metodologia de ensino tradicional para as novas práticas de ensino.

O mundo acadêmico está passando por transformações, como vivenciadas por outras áreas nas últimas décadas e precisa se reinventar para continuar ocupando o papel de destaque dentro da sociedade. (GOULART; PAPA, 2009)

A disposição e desejo de inovar, de mudar de paradigma, de aprender a desaprender e reconstruir são ações cruciais para solucionar esse embate. (BARDINI; SPALDING, 2017)

A mudança de estilo de ensino é uma premissa que deve partir tanto do docente quanto do discente, pois nessa nova forma de trabalho todo o processo é dividido de forma igualitária, não só o docente tem o dever de “ensinar”, como o aluno recebe o dever de participar de forma ativa do seu processo de aprendizagem.

Segundo Cunha 2015, as metodologias devem ser voltadas para a criação de ambientes de aprendizagem que permitam ao estudante “aprender a aprender”, para o desenvolvimento de competências que atendam às exigências profissionais necessárias ao engenheiro.

Nesse sentido, cabe ressaltar que quando se trata de educação, o maior desafio atualmente é acompanhar o impacto que os avanços exponenciais em diversas áreas trouxeram para este ambiente.(FILHO ET AL; 2017)

Nos dias atuais é notório que o método de ensino tradicional é o mais usual em toda a grade curricular do curso de Engenharia, porém, em se tratando desse tradicionalismo o discente se torna o receptor do conhecimento e não o mediador da trajetória de aprendizagem. Considerando que o ensino de engenharia sempre vem dando ênfase ao estilo de transmissão de conhecimento tradicional, onde o docente é o centro da informação e o discente é o que absorve toda a informação de modo teórico.

A estagnação do modelo tradicional de ensino, ainda muito presente nas salas de aula, se dissemina de maneira preocupante, desacelerando a transformação inevitável que todo o sistema de ensino deve passar. (FILHO ET AL; 2017)

Segundo Bardini & Spalding, 2017, a nova geração de estudantes, por vezes, é confrontada com discursos conservadores e com um ensino clássico e tradicional, o que pode não apenas desfavorecer a relação professor-aluno, mas comprometer o processo entre ensinar e aprender.

A metodologia ativa de aprendizagem relaciona-se diretamente com a inserção do aluno no processo de aprendizagem, o qual é um dos responsáveis pelo próprio aprendizado, deixando de lado a mera transmissão de conhecimento.(OLIVEIRA;PONTES,2011)

Segundo Oliveira & Pontes,2011, existem duas condições para a construção da aprendizagem significativa: a existência de um conteúdo potencialmente significativo e a adoção de uma atitude favorável para a aprendizagem.

Dito isto, foi através deste fato que foram surgindo todas essas novas metodologias de ensino e de aprendizagem nos cursos diversos, nos cursos de engenharia não foi diferente, as novas metodologias foram e estão sendo cada vez mais aceitas, pois é uma área que requer uma vivência prática para que o aluno possa compreender qual o seu papel e quais seus dilemas enfrentados no dia a dia profissional.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais de Engenharia 2019, p.02, as DCNs devem ser capazes de estimular a modernização dos cursos de Engenharia, mediante a atualização contínua, tornando o aluno o mediador do seu conhecimento.

Para o Ministério da Educação, A demanda diversificada por engenheiros, com diferentes perfis profissionais, deve-se refletir em uma oferta mais diversa de programas atuais em cursos ou até mesmo naqueles que serão criados.

Tendo em vista o lugar central ocupado pela Engenharia na geração de conhecimento, tecnologias e inovações, é estratégico considerar essas novas tendências e dar ênfase à melhoria da qualidade dos cursos oferecidos no país, a fim de aumentar a produtividade e ampliar as possibilidades de crescimento econômico, tanto hoje quanto no futuro. (Luiz Roberto Liza Curi (Presidente) Antonio de Araujo Freitas Júnior (Relator), Antonio Carbonari Netto, 2019)

Segundo Ribeiro et al., 2016, a aprendizagem ativa tem o potencial de gerar resultados muito melhores se comparados aos métodos de ensino tradicionais, pois proporciona ao aluno de engenharia explorar situações hipotéticas, interagir com o processo ou sistema, sendo o tomador de decisão ativo na resolução de problemas reais do mercado de trabalho.

A aprendizagem pode ser entendida como uma mudança de comportamento provocada pela experiência de terceiros, reelaborada pelo próprio sujeito e não pela repetição ou pela associação automática de estímulos e respostas.(BOROCHOVICIUS;TORTELLA, 2014)

Neste contexto, vale salientar que as instituições de ensino superior (IES) irão começar a implantar em sua estrutura curricular a prática de novas metodologias ativas e sistemas que auxiliem os docentes na transmissão do conteúdo para os discentes, fazendo-os sentir o centro do contexto de aprendizagem.

Novas abordagens para o processo de ensino e aprendizagem em engenharia vêm sendo experimentadas em inúmeras Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil e no mundo.(FLEMING ET AL; 2006)

Dito isto, os profissionais da educação têm que estar cada vez mais preparados para essa fase de troca, bem como os alunos devem estar preparados para se inserirem na sua forma de aprender. O ensino híbrido, por exemplo, que combina o meio digital com o presencial, é uma forma bem explícita do que é uma metodologia ativa, onde o discente não espera mais a sala de aula e as instruções do professor para absorver um conteúdo específico.

Essas novas demandas e exigências impressas pelo progresso das sociedades em transformação têm levado o professor a aprender a ensinar de forma diferente daquela com a qual foi ensinado.(CEVALLOS;FERRAGUT PASSOS, 2012)

Essa interação entre ensino e serviço nunca estiveram tão próximas, interligando ações de gestores, docentes, tutores e alunos.(RIBEIRO ET ALI., 2016)

Todos os professores foram alunos de outros professores e viveram as mediações de valores e práticas pedagógicas.(M. I. DA CUNHA, 2006)

De acordo com Marcelo Garcia 2009, o saber se trata de um elemento genuíno da profissão do docente e o trabalho do mesmo é justificado e baseado pelo empenho de fazer do conhecimento transformador e relevante para os discentes que ele absorve.

A maior raiz dessa cultura do ensino tradicional é que ele vem sendo aplicado durante anos, e o mesmo vem passando de geração em geração. Contudo, como a nova geração, vem para transformar o cenário atual do ensino, será disseminada uma nova cultura de ensino, aquela que inclui, incorpora e insere o aluno no seu processo natural de aprender.

É muito importante que os educadores possam visualizar quais são as reais tendências para o futuro e estejam conscientes para participarem desse processo ensino-aprendizagem, numa sociedade globalizada e informatizada. Não oferecer acesso aos novos recursos tecnológicos é omitir o contexto histórico, sociocultural e econômico, vivenciado pelos profissionais da educação e educandos.(DINIZ, 2001)

A tecnologia sem dúvidas é uma aliada nas novas metodologias de educação, desde os primórdios da ideia de mudança nos métodos de ensino-aprendizagem, onde passava-se por uma era de globalização e mudanças, a tecnologia era a ferramenta de inovação para que o conteúdo pudesse ser aprofundado e assimilado com vídeos, imagens e até mesmo outras aulas de outros professores, resoluções de questões. O que auxiliava muito a relação entre professor e aluno.

É necessário também que os docentes possam inovar nos seus métodos de transmissão de conteúdo, principalmente em disciplinas que se nota a falta de estímulo dos discentes.

É possível dizer que o grande desafio deste século é desenvolver alunos cada vez mais qualificados para as demandas do mercado de trabalho. A educação deve ser capaz de desencadear uma visão do todo e da interdisciplinaridade. (RIBEIRO ET AL, 2016)

Ao longo dos anos, a fim de buscar novas formas de aprendizagem e de desenvolver novas competências, os métodos tradicionais de ensino-aprendizagem vêm dando espaço para as metodologias ativas.(SOUZA;NETO, 2018)

De acordo com o texto do PET Eng. Civil UFPR não é difícil perceber que as engenharias exigem um tempo maior de dedicação, além de um nível básico de conhecimento. Mas o que explica a desistência de cerca 55,59% dos alunos ingressantes? A escolha prematura do curso associada à deficiência na formação básica resulta em uma evasão de 56,02% dos alunos que cursam engenharia em instituições públicas e de 37,68% dos alunos que cursam em particulares (neste caso há a associação quanto a dificuldades financeiras ao decorrer dos períodos). Diante a este cenário, onde a universidade atua na melhoria da graduação como um todo? A falha no sistema educacional brasileiro começa na base e é carregada até o ensino superior. Um dos grandes fatores influenciadores para a desistência é a falta de conhecimento a respeito da grade curricular, em conjunto com um início de curso desestimulador para muitos que esperam aulas mais práticas e relacionadas ao curso escolhido, o que resulta em uma maior evasão durante os primeiros quatro períodos.

Figura 2 – Taxa de titulação e evasão dos cursos de engenharia no Brasil, considerando dados de ingressos totais

ANO INGRESSO/ ANO CONCLUSÃO	TITULAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS	TITULAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PRIVADAS	TOTAL CONCLUSÃO	TOTAL EVASÃO
2001/2005	56,12%	35,36%	43,19%	56,81%
2002/2006	57,21%	35,47%	43,01%	56,99%
2003/2007	56,40%	36,74%	44,12%	55,88%
2004/2008	53,92%	36,56%	43,28%	56,72%
2005/2009	60,06%	41,44%	47,91%	52,09%
2006/2010	56,38%	41,68%	46,73%	53,27%
2007/2011	56,02%	36,52%	42,59%	57,41%
<b>MÉDIA DA DÉCADA</b>	<b>56,59%</b>	<b>37,68%</b>	<b>44,41%</b>	<b>55,59%</b>

Fonte: Censo de Educação Superior (2011).

## 4 METODOLOGIA

Partindo do princípio de que esse trabalho visa a execução de peças que atuaram como metodologias auxiliares no ensino de estruturas na engenharia, será elaborado um estudo experimental acadêmico.

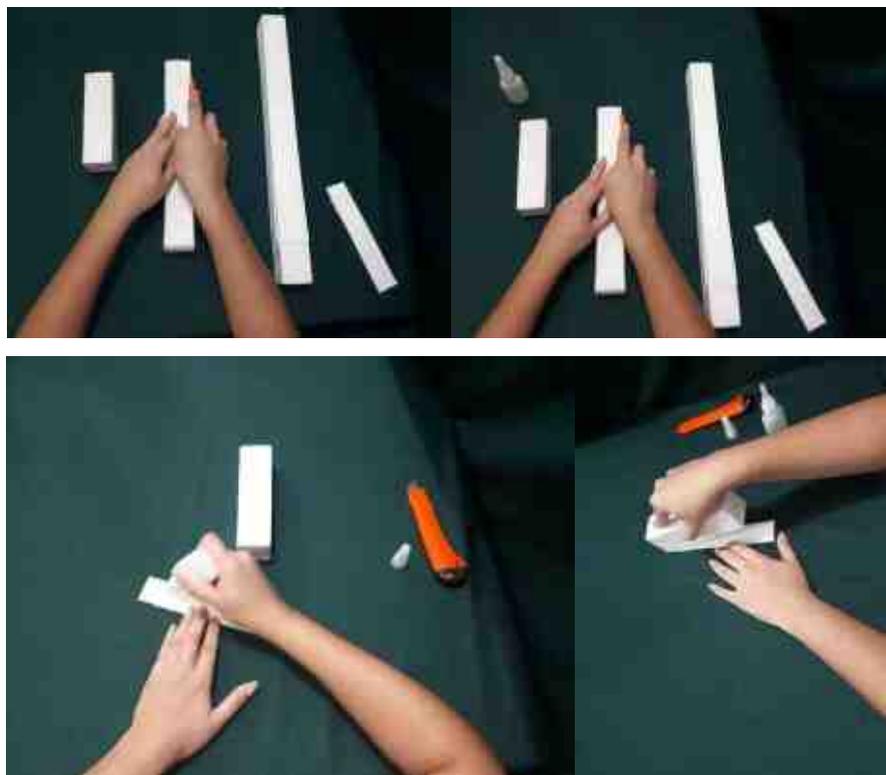
Onde pensou-se na elaboração de protótipos essenciais no estudo das disciplinas de estruturas, protótipos esses que serão utilizados posteriormente em sala de aula por professores da Faculdade Ari de Sá (FAS), aliando a teoria, mostrada pelo professor, com a prática.

Os conteúdos passaram a se tornar visíveis e palpáveis, tornando o processo de ensino e aprendizagem inclusivo e cada vez mais ativo. Conceitos como, Flambagem, Flexão, Torção, Índice e Esbelte, serão exemplificados através destes protótipos desenvolvidos e inseridos nesse laboratório.

A transmissão desses conceitos para os discentes se torna desafiadora, pois são conteúdos que necessitam de uma visão prática, como o conceito acontece e porque acontecem, e isso se torna concreto quando a experiência se torna “real” para o aluno, logo, criou-se protótipos que serão retratados a seguir para que haja a associação dos fundamentos teóricos com a execução técnica real.

A seguir será apresentado como os protótipos que representarão os efeitos citados acima foram concebidos. Na Figura 3, mostra-se como as peças que mostrarão os efeitos do índice de esbeltez foram elaboradas, o corte e a colagem para sua confecção, como será descrito a seguir.

Figura 3 – Elaboração das peças que ilustram o efeito do índice de esbeltez



Fonte: Autor

Para a criação de todas as peças pensou-se nos conceitos mais abordados nas disciplinas de estrutura no curso de Engenharia Civil, onde era complexa a apresentação do conceito de forma teórica, onde não era fácil, nem viável a visibilidade de tais conceitos na prática, como foi citado anteriormente. Pensou-se em protótipos de peças reais em tamanho reduzido e em materiais de fácil manuseio.

Para a execução de todas as peças utilizou-se folhas de EVA, cola instantânea, canetas de diferentes cores, madeira de Pinus e cantoneiras de ferro para fixação, além de parafusos, estilete para o corte e régua para a marcação das peças que necessitaram de marcações.

A escolha do material, EVA, foi pela facilidade no transporte, por ser um material leve e por se deformar facilmente, podendo assim, mostrar de forma prática os diferentes conceitos que serão mostrados no decorrer do trabalho.

O EVA quando ligado a mais de uma folha, ele torna-se rígido o suficiente para o experimento e ao mesmo tempo maleável para sua utilização. A produção deu início com o corte de tamanhos distintos na folha de EVA, após esse passo foram coladas 6 folhas com a cola instantânea em cada protótipo. A Figura 4 ilustra a execução da peça que demonstrará os efeitos da torção em eixos circulares.

Figura 4 – Elaboração da peça que ilustrará o efeito da torção em eixos circulares



Fonte: Autor

Em seguida, foram marcadas as peças de torção e flexão com linhas horizontais e verticais, com espaçamento de 1cm entre as linhas verticais e 1,5cm nas horizontais, como mostram as figuras 4 e 5. Foram executadas 8 peças para 5 diferentes funcionalidades.

Na Figura 5, mostra-se a execução da peça que ilustra a torção em eixos circulares, tendo em vista que foram elaborados 2 protótipos para a demonstração de torção, pois o fenômeno se comporta de maneira distinta em cada situação.

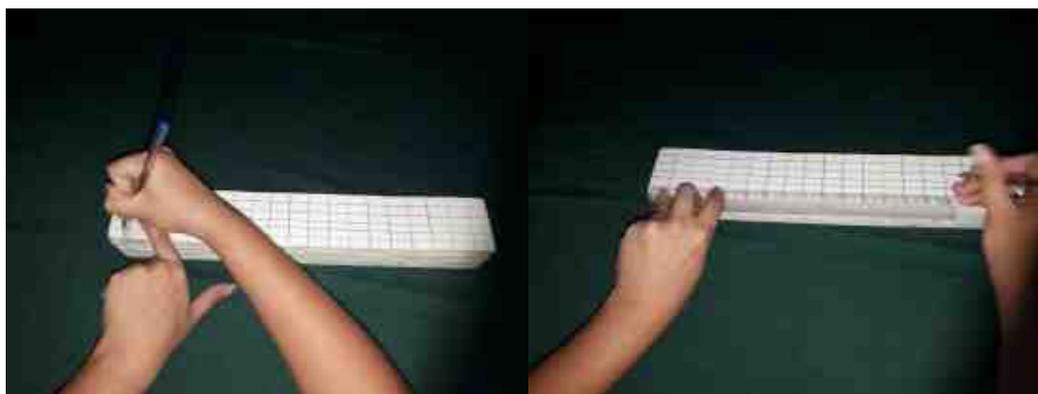
Figura 5 – Elaboração da peça que ilustrará o efeito da torção em eixos retangulares



Fonte: Autor

Na Figura 6, mostra-se a execução do protótipo de flexão em vigas, bem similar com a peça de torção em eixos retangulares, porém, possui um tamanho distinto será utilizado para demonstrar o fenômeno da flexão em vigas.

Figura 6 – Elaboração de peça que ilustra o efeito da flexão em vigas



Fonte: Autor

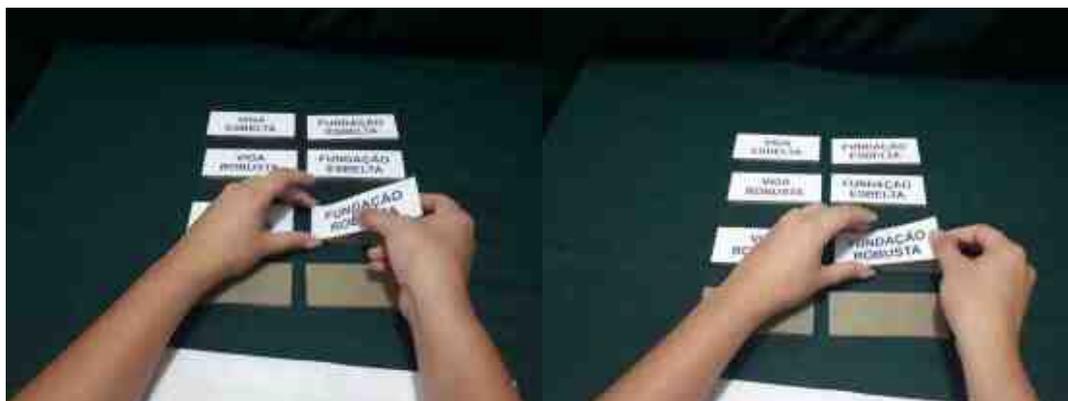
Criou-se também para compor a peça de flambagem, molduras em MDF, para que haja uma interação dos alunos com o protótipo. Em cada uma dessas molduras há uma nomenclatura diferente, são elas, viga esbelta, fundação esbelta, viga robusta, fundação robusta e livre.

Foram executadas para que os discentes posicionem nos locais certos da peça, de acordo com o tipo de apoio e com o que foi ministrado em sala de aula. São 8 molduras, no tamanho de 10 cm x 4 cm. Como já foi dito, o material escolhido foi o MDF e para a nomenclatura a folha de papel adesivo brilhoso, em letras azuis.

Como a peça é composta por quatro pilares com diferentes condições de apoio, cada um desses apoios age de uma maneira na peça, e isso ocorre na prática, porém não tem como verificar esse movimento que a peça faz ou o esforço que a mesma sofre, e com o auxílio das placas e da peça de flambagem será possível a visualização.

A seguir, na Figura 7 é possível visualizar as molduras e suas nomenclaturas, mais uma vez auxiliando o aluno no discernimento do conteúdo ministrado pelo docente.

Figura 7 – Elaboração de placas para interação com peça de flambagem



Fonte: Autor

É muito importante esse contato com a vivência prática, ainda na graduação, pois existem conceitos que só vão ser realmente visualizados, no canteiro de obras. Sabendo disso, a criação do laboratório de estruturas vem com o intuito de trazer essa interação para a graduação, utilizando de materiais de fácil acesso e criando peças para esse auxílio nas graduações de muitos alunos.

Peças essas, que podem ser recriadas em qualquer lugar e utilizadas por diversas universidades, pois como foi falado ao longo do trabalho, as metodologias ativas elas vêm para “revolucionar” o ensino em todo o mundo, e com elas, vem as metodologias auxiliares, para aliar a teoria e a prática, no desenvolvimento do ensino e aprendizagem de discentes de diversos cursos.

Na Figura 8 mostra-se o processo de execução do protótipo de flambagem em colunas com diferentes condições de suporte, tendo em vista que foram várias etapas até obter o resultado esperado.

Figura 8 – Elaboração de peça que ilustra o efeito de Flambagem



Fonte: Autor

Já na Figura 9 mostra-se a peça parcialmente pronta, para teste. Para a execução desse protótipo foram confeccionados os 4 pilares de mesmo tamanho e forma, em seguida foi feita a estrutura com a tábua de PINUS, foram executadas canaletas laterais para que a parte superior do protótipo deslizasse sobre seu eixo e foram inseridos os 4 diferentes suportes.

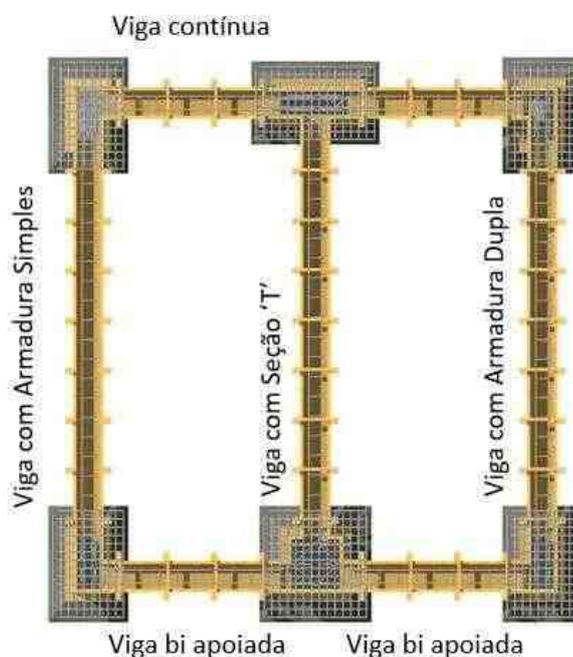
Figura 9 – Peça que irá ilustrar o efeito de flambagem em execução



Fonte: Autor

A figura 10 demonstra um modelo de peças em tamanho real vista de cima, modelo este que se encontra em fase de projeto, onde será composto por 6 pilares e 7 vigas, a fim de exemplificar os tipos de pilares e suas posições, os tipos de armaduras em vigas e exemplificar aos alunos os tipos de técnicas construtivas que se podem adotar em uma edificação e a melhor a se utilizar em cada situação.

Figura 10 – Vista Superior da peça em tamanho real para demonstração e execução de conceitos de estruturas



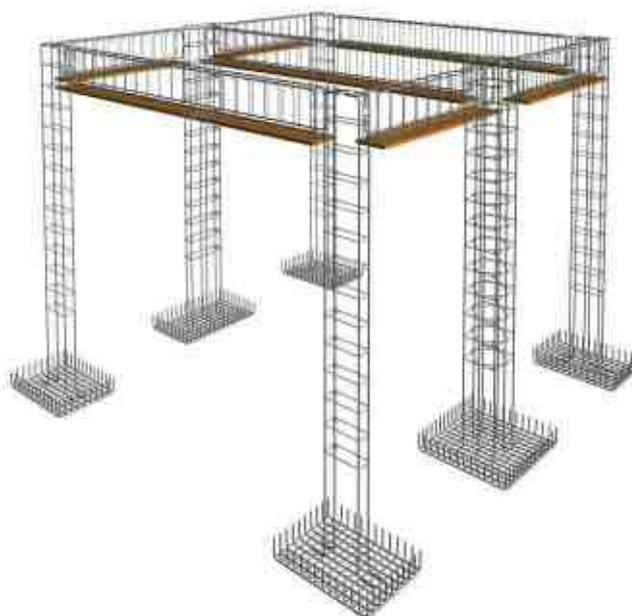
Fonte: Autor.

O conceito de como executar os diferentes tipos de armaduras, a visualização das mesmas, bem como a visualização de vigas e pilares, em seus diferentes conceitos e como realmente consiste a metodologia de execução de Obra, só é possível pôr em prática vivenciando a experiência de ver dentro do meio prático à sua execução. Porém, inserir o discente na prática real de uma obra, é realmente o diferencial.

Surgiu também a ideia da montagem de uma estrutura composta por peças em tamanho real, onde estão em etapa de projeto 6 pilares e 7 vigas, com o intuito de deixar visível e prático a montagem de armaduras de diferentes formas, bem como a classificação de pilares.

Uma estrutura completa, onde será executada com um pé direito de 1,70 m, conforme mostra a Figura 11, tornando possível a interação do aluno, colocando em prática seus conhecimentos e exercitando tudo absorvido em sala de aula na estrutura.

Figura 11 – Perspectiva da Estrutura Proposta



Fonte: Autor.

A estrutura representada pela Figura 11 demonstra que o protótipo real terá um pé direito de 1,70 m de altura, tendo 3m de largura e 3m de comprimento, ilustrando uma estrutura convencional. Será Composta Apenas por fôrmas, para que seja possível a visualização e a interação dos diferentes tipos de armadura de vigas e pilares.

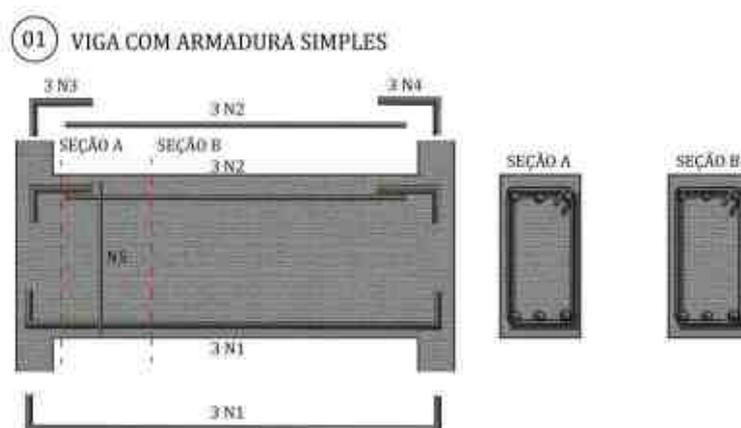
Possibilitando que os alunos, logo depois de obterem as informações teóricas, coloquem em prática cada assunto abordado nas aulas de estrutura, principalmente nas disciplinas de Concreto I e II.

Aliado a tudo isso, como mostram as Figuras 12,13 e 14 também serão executados 3 diferentes tipos de armaduras em vigas, são elas, armaduras simples, duplas e em seção T, como já foi dito anteriormente.

Podendo assim, viabilizar a noção dos discentes de como são executados esses diferentes tipos de armaduras, bem como será ministrado pelo professor, quais são elas, suas definições e suas usualidades.

Foram escolhidas as armaduras, simples, duplas e em seção T para as vigas, pois elas são utilizadas nos tipos mais comuns de vigas, as mais abordadas em sala de aula e as mais usuais na construção civil. Na figura 12 está representada a ilustração de armaduras simples.

Figura 12 – Ilustração de armaduras simples das vigas.



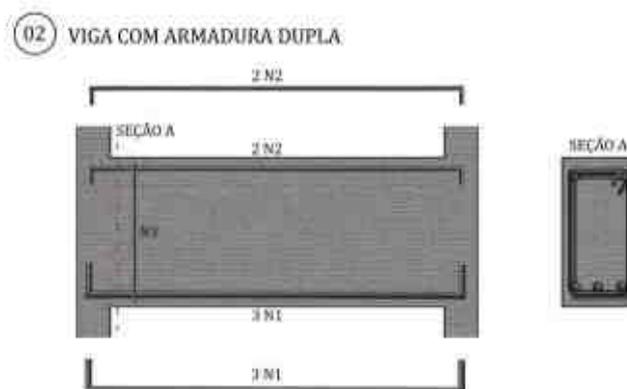
Fonte: Autor.

A armação simples de uma viga, como mostra as Figura 12, nada mais é do que armar a peça apenas no banzo onde sofre tração, tendo em vista que a região onde ocorre a compressão caberá apenas ao concreto trabalhar por essa peça.

É uma das características mais utilizadas na construção civil, armação simples de viga, tendo em vista que tudo depende do projeto estrutural para determinar a armação da estrutura, porém o discente já terá esse contato inicial, com um projeto, com a interpretação do mesmo e a experiência da realidade depois de uma aula ministrada de forma tradicional.

A Figura 13 está representada pela ilustração das armaduras duplas, que se trata da execução da armação tanto no banzo de tração, quanto no banzo de compressão da peça.

Figura 13 – Ilustração de armaduras duplas das vigas.



Fonte: Autor.

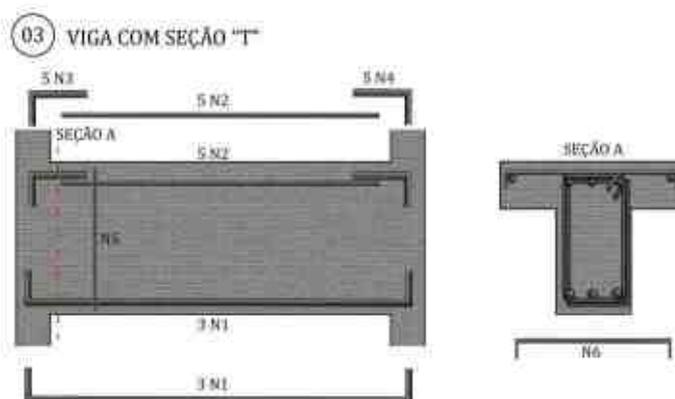
Nesse caso pode-se compatibilizar a teoria com a prática, pois quando calculamos o aço das vigas nas disciplinas de estruturas, aprende-se a encontrar a área de aço das mesmas, são elas  $A_s$  e  $A_s'$ . Nesse caso, a armadura no banzo de tração será  $A_s$  e a armadura no banzo de compressão será  $A_s'$ .

Tendo em vista que na armadura simples, como mostra a Figura 12, encontra-se apenas As, já que a viga é armada apenas no banzo de tração, constando uma única armadura apenas.

Na prática será abordado o conteúdo dos diferentes tipos de armaduras existentes e suas distintas formas de execução. Os alunos poderão subir na estrutura e visualizar a armadura, podendo também realizar dinâmicas em grupo para que cada um desses grupos possa discriminar as armaduras e seus tipos, compostas nesse protótipo.

Na Figura 14, está representada as armaduras em seção T, que consiste na armação que vai fazer a interação de vigas e lajes, tendo em vista que vigas e lajes não trabalham de forma independente.

Figura 14 – Ilustração de armaduras das vigas em seção T.



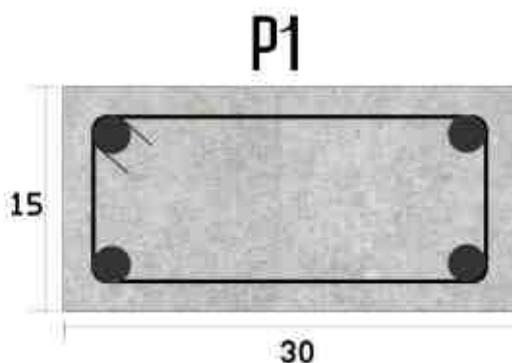
Fonte: Autor.

Com a representação os discentes poderão ver na prática a execução de armaduras em seção T em mais um tipo distinto de viga.

Na Viga em T temos a Mesa, que consiste na interação entre viga e laje, quando equivale a parcela da laje e a alma que nada mais é que a mesma interação da viga com a laje, porém, quando equivale a parcela da viga, ou seja, a nervura.

Se mostra necessário também a representação das ilustrações dos pilares que irão compor a estrutura em tamanho real, como mostra a Figura 15, o pilar P1 será uma peça retangular de tamanho 15x30cm, contendo 4 barras, um pilar simples com execução de estribos.

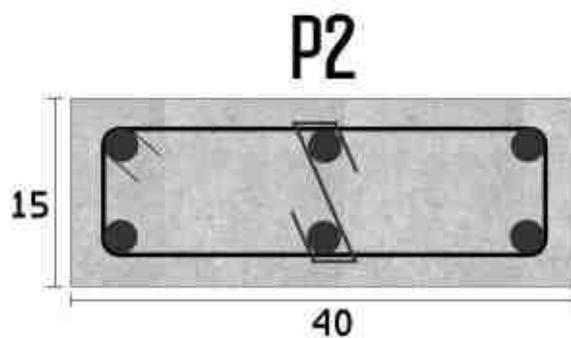
Figura 15 – Ilustração de armaduras do Pilar P1.



Fonte: Autor.

Já o pilar P2 será uma peça retangular de tamanho 15x40cm, contendo 6 barras de aço, como mostra a Figura 16, porém esse pilar terá a particularidade que são as gravatas que serão inseridas em sua execução, para a demonstração in loco do que são as gravatas e como são inseridas na armadura do pilar.

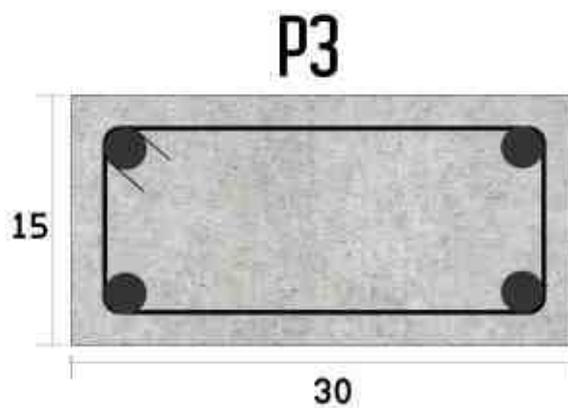
Figura 16 – Ilustração de armaduras do Pilar P2.



Fonte: Autor.

O pilar P3, como mostra a Figura 17, será uma peça retangular de tamanho 15x30cm, executada com estribos e 4 barras de aço.

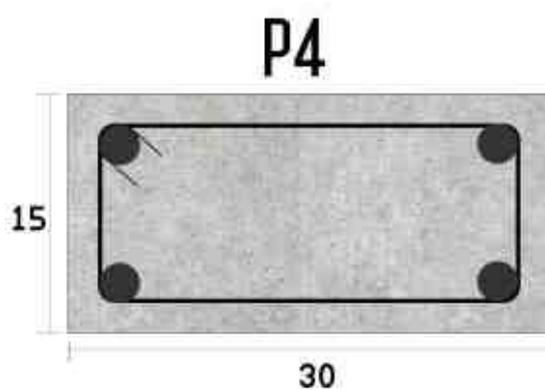
Figura 17 – Ilustração de armaduras do Pilar P3.



Fonte: Autor.

O pilar P4, como mostra a Figura 18, será uma peça retangular de tamanho 15x30cm, executada com estribos e 4 barras de aço, se assemelha com os pilares P1 e P3.

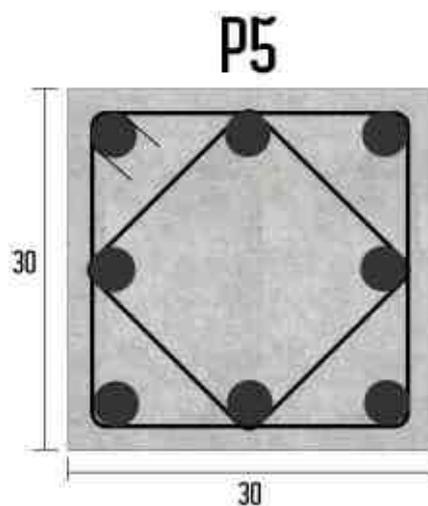
Figura 18 – Ilustração de armaduras do Pilar P4.



Fonte: Autor.

O pilar P5 será uma peça quadrada com 8 barras de aço e com um tamanho de 30x30cm, representado pela Figura 19, sendo o único pilar quadrado, irá ilustrar como é esse tipo de peça e suas particularidades, executado com estribos.

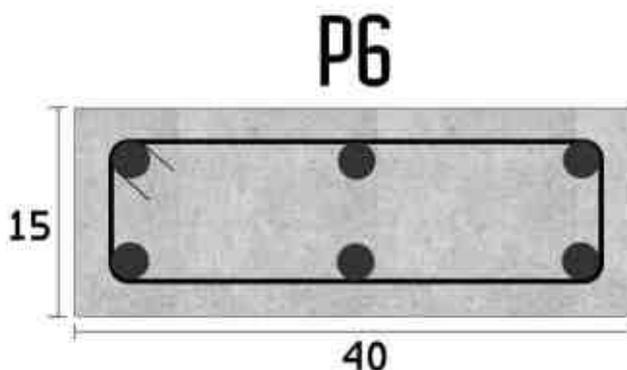
Figura 19 – Ilustração de armaduras do Pilar P5.



Fonte: Autor.

Já o pilar P6, ilustrado pela Figura 20 se assemelha um pouco com o P2, porém, o que os diferenciam é a presença das gravatas, a peça será executada no formato retangular, com um tamanho de 15x40cm e com estribos.

Figura 20 – Ilustração de armaduras do Pilar P6.



Fonte: Autor.

A idealização de diferentes tipos de pilares e vigas foi para ilustrar de maneira genuína as diferentes formas de se executar as armaduras nas peças e para ilustrar também a diferença entre as mesmas, como e quando usar os determinados tipos de armaduras e, mais uma vez, inserir o discente no seu processo de aprendizagem.

Portanto, a implantação de um laboratório de estruturas com todas essas metodologias inseridas é de grande valia para a instituição de ensino e seus discentes, pois a transmissão do conteúdo aliada a sequência prática dos assuntos abordados em sala proporciona uma leveza maior no ato de compreender todos os conceitos e exemplos citados em sala de aula.

Fazer do discente o principal responsável pela sua aprendizagem é uma definição para as metodologias ativas, elas vêm com o intuito de deixar o processo de aprendizagem mais claro, pois compreender o que um docente procura transmitir é muito importante.

Com a utilização do laboratório de estruturas como uma metodologia ativa facilitará o entendimento dos alunos e ajudará bastante o docente, pois ele terá em “mãos” o conteúdo a ser ministrado em suas aulas. Com isso, o ensino de estruturas nos cursos de engenharia civil se tornará mais prático.

Todos os protótipos citados anteriormente, irão fazer parte do laboratório de estruturas, que se encontra em fase de projeto, será um ambiente totalmente prático, situado na Faculdade Ari de Sá.

Ambiente esse que professores e alunos usufruirão de aulas mais interativas e divertidas, transformando cada vez mais o processo de aprendizagem em algo mais leve e de “fácil” percepção para todos os envolvidos.

Com o passar dos anos, os cursos de todo o mundo vêm passando por mudanças, se transformando, formando cada vez mais profissionais qualificados e criativos, e o propósito do laboratório é realmente modificar o estilo de ensino do Curso de Engenharia Civil e auxiliar as metodologias ativas utilizadas por professores e alunos nesse processo, tornando-o mais ativo e menos teórico e singular.

## 5 RESULTADOS

Pensou-se em peças e protótipos retangulares e circulares, de tamanhos variáveis de acordo com a funcionalidade, onde serão exemplificados conceitos e definições de diferentes disciplinas da área de estruturas, peças que tem o propósito de serem utilizadas em sala de aula para compor os métodos de aprendizagem que já são aplicados na IES.

Idealizou-se também, um Laboratório de estruturas, onde todas essas peças, mostradas abaixo, estarão disponíveis para que sejam utilizadas em aulas de disciplinas como, Resistência dos Materiais I, Resistência dos Materiais II, Concreto Armado I, Concreto Armado II, Teoria das estruturas. Demonstrando e exemplificando na prática os conceitos complexos que não são tão compreendidos apenas falados.

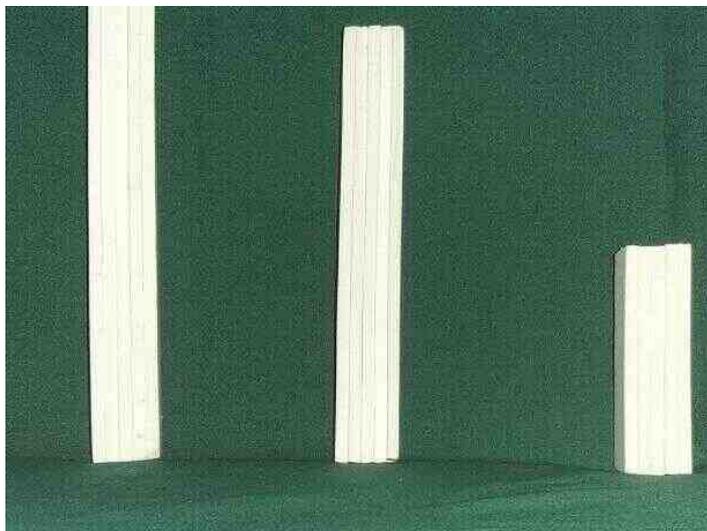
O laboratório de estruturas funcionará como um “canteiro de obras”, onde o aluno irá pôr em prática conceitos que serão explanados a seguir, conceitos esses que foram escolhidos com muita cautela, visando as dificuldades dos mesmos com a assimilação na área prática.

Vale ressaltar que o laboratório de estruturas se encontra em etapa de projeto, devido a pandemia, não se conseguiu executar o mesmo. O laboratório será executado posteriormente e utilizado por todos os docentes e os discentes da Faculdade Ari de Sá e será apresentado em trabalhos futuros.

A priori escolheu-se conceitos de Índice de Esbeltez em Colunas, Flambagem em Colunas, Flexão em vigas, Torção em vigas, Torção em Vigas e a demonstração de execução de armaduras em peças em tamanho real.

A peça ilustrada pela Figura 21 será utilizada para ilustrar o índice de esbeltez, que é um indicador mecânico usado para avaliar com que facilidade um pilar irá se curvar, é dado por  $L_e/r$ , onde  $L_e$  é o comprimento de flambagem e o  $r$  consiste no raio de giração, como mostra a equação que está representada pela Figura 23.

Figura 21 – Protótipo de Índice de Esbeltez em Colunas

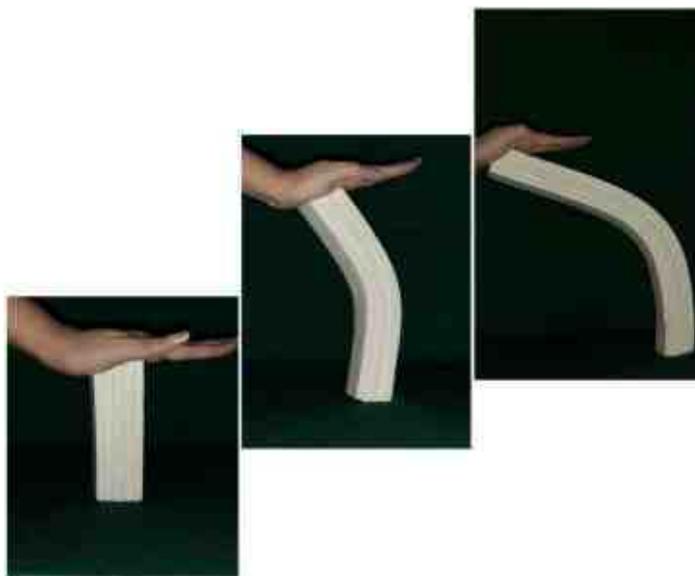


Fonte: Autor.

O Índice de Esbeltez é um dos parâmetros mais importantes a serem avaliados em uma peça estrutural, pois remete principalmente as características geométricas da peça, assim como qualquer peça que venha a sofrer alguma deformação ao longo de sua vida útil, os pilares também sofrem e necessitam ter uma geometria adequada para que suportem toda as cargas a serem executadas sobre ele.

Na Figura 22, é ilustrado o comportamento dos pilares ao sofrerem a compressão e o que acontece com cada um deles, tendo em vista que a seguir será explicado o conceito do índice de esbeltez.

Figura 22 – Protótipo de Índice de Esbeltez em Colunas sofrendo a compressão



Fonte: Autor.

De acordo com o resultado indicado pela equação, como mostra a Figura 23, se o indicador for maior que o padrão a peça em questão sofre flambagem e se for menor que o padrão a peça sofre compressão.

Figura 23 –Hipérbole de Euler

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Fonte: (Hibbeler, 2004)

Pensou-se na diferença de tamanhos entre as peças apresentadas acima, pois, como o conceito envolve o comprimento do protótipo em relação a seu raio, pode-se demonstrar o efeito nos diferentes tamanhos, fazendo com que a compreensão se torne cada vez mais clara.

É difícil a compreensão de um conceito como esse acima, pois é de extrema complexibilidade “imaginar” uma peça flambando quando seu índice de esbeltez é maior que o padrão dela ou vice-versa. Então foi criada a peça demonstrada pela Figura 21, simulando colunas de tamanho reduzido, onde o aluno poderá ver e aplicar o conceito na prática.

A partir do momento em que a força é aplicada em cada pilar, de acordo com seu tamanho, é notória deformação que o mesmo sofre, exemplificando assim de forma prática o conceito de Índice de Esbeltez em colunas e em diferentes tamanhos, para que haja a compreensão do que a peça sofre em cada estado seu.

O protótipo ilustrado pela Figura 24, será utilizado para mostrar na prática o conceito da flambagem, que é uma manifestação que acomete peças esbeltas, quando sofrem uma compressão axial excessiva. A mesma consiste em uma deflexão lateral-, devida a um esforço de compressão axial, é considerada uma variabilidade elástica, dessa forma, a peça pode deixar de lado a sua estabilidade, sem que o material já tenha alcançado a sua tensão de escoamento.

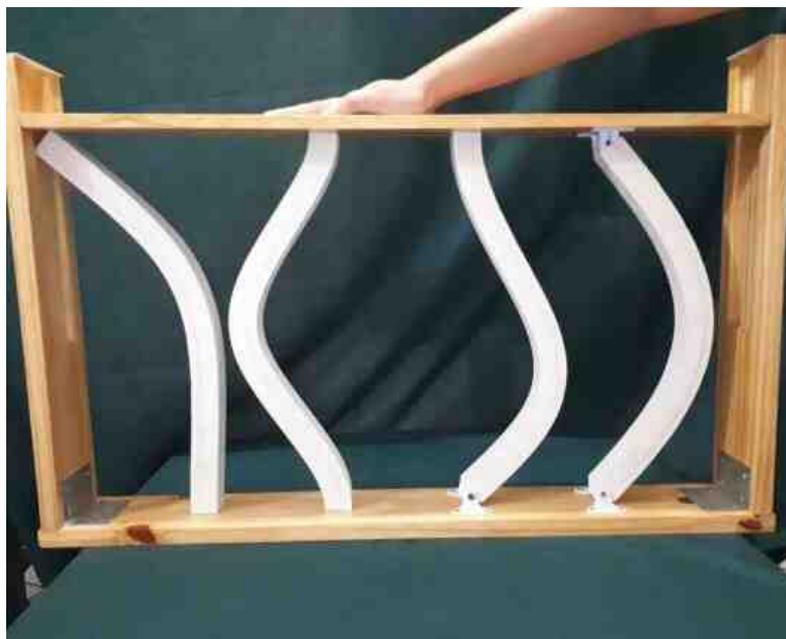
Figura 24 – Protótipo de Flambagem em Colunas



Fonte: Autor

Quando a força é aplicada na parte superior do protótipo pode-se notar a diferença nas deformações sofridas por cada um dos pilares, como é mostrado na Figura 25, isso ocorre pela diferença nos apoios em que cada pilar é fixado. Exemplificando de forma bem simples e prática a flambagem em pilares com os diferentes tipos de apoio.

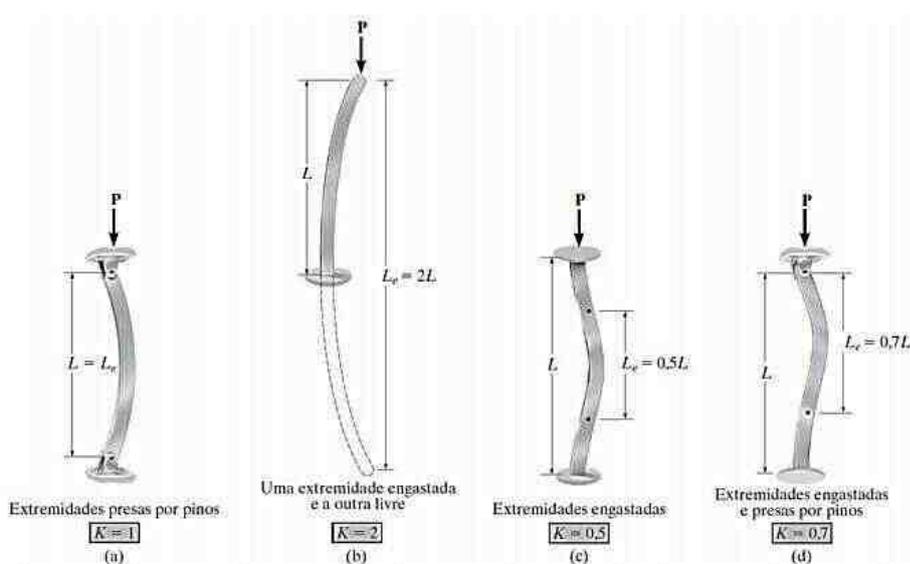
Figura 25 – Protótipo de Flambagem em Colunas sofrendo o esforço



Fonte: Autor.

E esse conceito é fundamentado teoricamente no Hibbeler, como mostra a Figura 26, os quatro pilares com os 4 diferentes tipos de apoios.

Figura 26 –Flambagem em Colunas, Representação do Hibbeler



Fonte: (Hibbeler, 2004)

O protótipo foi criado com o intuito de exemplificar o fenômeno que acontece quando um elemento sofre o processo de flambagem, tendo em vista que existem 4 peças, com apoios distintos, o que varia a reação das mesmas. Assim, o aluno pode ver de forma real o que acontece quando pilares sofrem flambagem, a diferença do fenômeno em cada tipo de apoio e os seus estados de deformação ou curvatura.

É um procedimento que em sala de aula se tornará bem aplicável, pois, como já foi discutido seria complexa a demonstração em peças reais e não muito didático, pois peças reais são de tamanhos excessivos e não teriam a facilidade da demonstração.

Tendo em vista que o próprio aluno poderia estar se tornando centro da aprendizagem, uma forma interativa de fazê-lo compreender o fenômeno de Flambagem, que associado a peça citada na Figura 15, onde se mostra o índice de esbeltez, faria entender cada processo, o seu porquê e a sua consequência em uma peça similar a uma peça real.

Pode-se notar na Figura 24 (peça não deformada) é composta por quatro pilares, com diferentes condições de suporte em cada um deles. São eles, bi apoiado, engastado e apoiado, bi engastado e engastado e livre.

Criou-se também molduras para que os alunos possam interagir com a peça de Flambagem, como foi citado na metodologia, ilustrada pela Figura 27.

Figura 27 – Peça de Flambagem com molduras auxiliares



Fonte: Autor

Essas placas serão fixadas pelos discentes nas extremidades da peça, os mesmos a posicionaram aonde acham conveniente, propondo assim um tipo de atividade dentro do laboratório, aliando o conteúdo visto em sala de aula com o exemplo prático na atividade proposta pelo protótipo.

Na extremidade superior da peça, se encontram as vigas e na extremidade inferior da peça se encontram as fundações, pode-se dizer assim. Em sala de aula, é ministrado que peças com apoios fixos tem vigas e fundações robustas, por estarem “presas” aquele apoio, ou seja, o apoio não lhe dá liberdade para se “mover”.

Já as peças com apoios móveis, são elementos que tem uma liberdade de trabalho maior, portanto, são compostas por vigas e fundações esbeltas, onde essas vigas e essas fundações não lhe impõe tanto peso, nem tanto carregamento, o que acarreta peças livres e que se movimentam.

Portanto, a ideia, como já foi citado é que o aluno ponha em prática o conteúdo ministrado, que através das placas ele consiga assimilar quem possui vigas robustas e quem possui vigas esbeltas, bem como as fundações robustas e as fundações esbeltas. Vale salientar que o pilar mais à direita tem a característica de ser um pilar livre e engastado, ou seja, em cima é livre e em baixo, possui uma fundação robusta, por ser engastado.

O protótipo ilustrado pela Figura 28, será utilizado para a demonstração de deformações que ocorrem em vigas, tendo em vista que são elementos estruturais que são calculados e projetados para trabalhar, principalmente por flexão. O fenômeno consiste na deformação da peça, em direção ao seu eixo longitudinal.

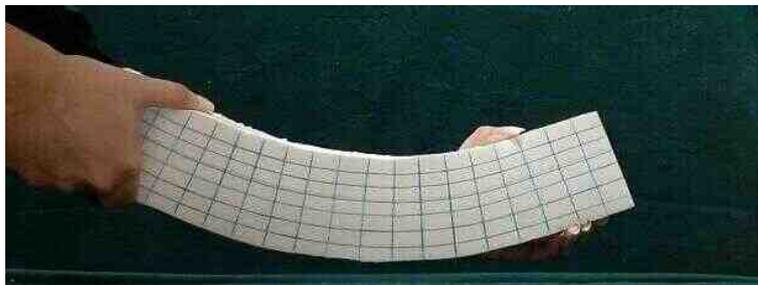
Figura 28 – Protótipo de Flexão em Vigas.



Fonte: Autor.

Considera-se, por exemplo, a Figura 28, a mesma tem uma seção transversal marcada por linhas nas verticais e horizontais. Quando é aplicado o momento fletor mostrado na Figura 29, pode-se perceber que as linhas horizontais tendem a se posicionar de forma curva, em quanto as linhas verticais tendem a permanecer retas, contudo, é notória a rotação das mesmas. Com o caso mostrado acima fica mais fácil a compreensão do discente com o conteúdo abordado em sala, podendo ele mesmo aplicar o conceito.

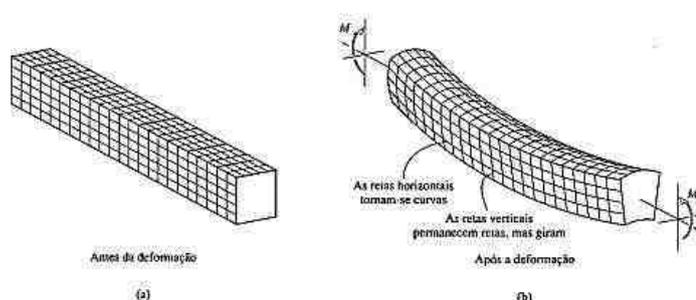
Figura 29 – Protótipo de Flexão em Vigas sofrendo o Esforço



Fonte: Autor.

Na Figura 30, mostra-se a representação teórica disposta no Hibbeler, para aliar a fundamentação prática apresentada com a utilização dos protótipos.

Figura 30 – Flexão em Vigas, Representação Hibbeler



Fonte: (Hibbeler, 2004)

A flexão ocorre em eixos retos, a deformação acontece exercendo uma força de tração em uma extremidade e de compressão em outro lado. O momento resultante na seção transversal é igual ao momento produzido pela distribuição de forma linear da tensão normal em torno do eixo neutro. Podendo acometer Vigas e pilares, o protótipo mostrado na Figura 28, retrata uma viga.

Foram utilizados materiais que possuem facilidade em se deformarem para que seja mostrado o estado retilíneo da peça e logo em seguida o estado deformado da mesma, podendo fletir o protótipo entendendo como trabalham nossos elementos. Mais uma vez colocando o discente como centro do seu aprendizado, colocando-o para executar o esforço na prática em protótipos de tamanho reduzido.

A peça ilustrada pela Figuras 31 auxiliará professores e alunos no desenvolvimento do aprendizado do conceito de torção em eixos retangulares e circulares, podendo avaliar a diferença de comportamento de cada um, em sua singularidade.

Figura 31 – Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Retangulares



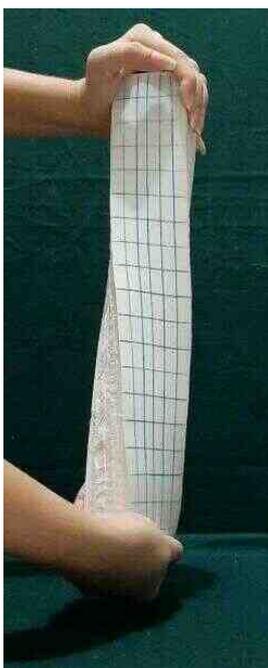
Fonte: Autor.

Considera-se que no momento em que um torque é aplicado a um eixo sólido de seção transversal retangular ou circular, como mostra a Figura 32, as deformidades por cisalhamento alteram linearmente de zero no centro a máxima nas zonas externas.

Além do mais, devido a regularidade da deformação por cisalhamento em todos os pontos de raios equivalentes, o eixo não se deforma, mas ele permanece plano após o torque aplicado.

Eixos não circulares, não são proporcionais em relação às linhas centrais e, como a tensão de cisalhamento é partilhada de um modo muito complicado nas seções, elas ficarão curvas ou tortas quando o eixo sofrer o efeito do torque, como mostra a Figura 32.

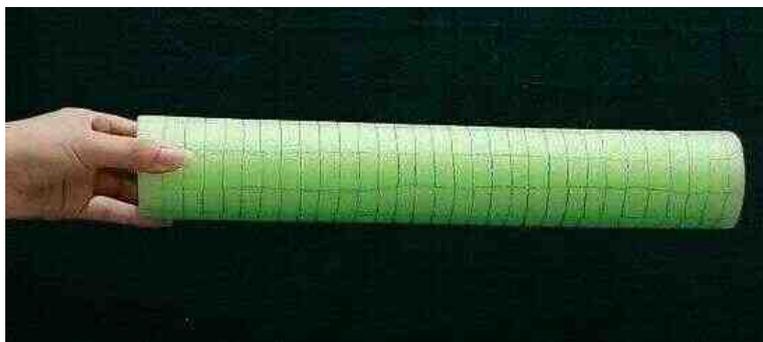
Figura 32 – Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Retangulares sofrendo esforço



Fonte: Autor.

Esse protótipo mostrado pela Figura 33 auxiliará na transmissão do conteúdo ministrado de forma prática, demonstrando o conceito da torção em eixos circulares de forma sólida e de fácil compreensão, podendo avaliar de forma palpável e visual.

Figura 33 – Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Circulares



Fonte: Autor.

Em eixos circulares toda a seção transversal está submetida ao mesmo torque interno, essas peças se comportam de maneiras distintas dos protótipos retangulares, as seções transversais da peça não alteram sua forma enquanto estão sofrendo o esforço sobre o eixo longitudinal. Em outras palavras, todas as seções transversais mantêm-se planas e circulares e todos os raios mantêm-se retos, como mostra a Figura 34.

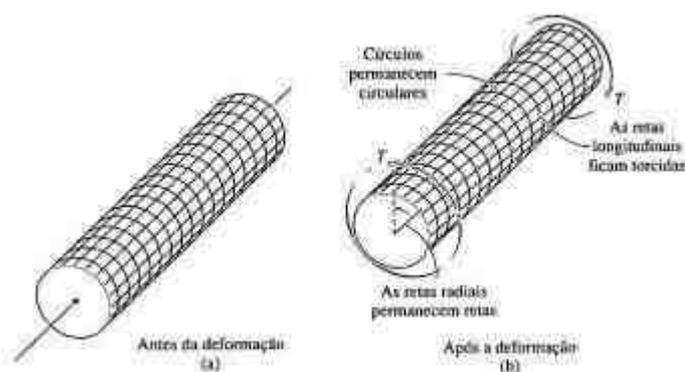
Figura 34 – Protótipo de Torção em Eixos Sólidos Circulares sofrendo esforço



Fonte: Autor.

Na Figura 35, mostra-se a representação teórica disposta no Hibbeler, para aliar a fundamentação prática apresentada com a utilização dos protótipos.

Figura 35 – Torção em Eixos Sólidos Circulares, Representação Hibbeler



Fonte: (Hibbeler, 2004)

Tudo que foi citado, pode ser observado através das linhas, que se deformam quando o esforço de torção é aplicado. Entretanto esse fenômeno em eixos não circulares se torna complexo.

Então, criou-se protótipos de eixos circulares e retangulares, que vem com o propósito também de avaliar a diferença de comportamento, de acordo com o eixo estudado. Tendo em vista que os mesmos se comportam de formas distintas, em virtude do seu formato, podemos avaliar isso de forma visual e palpável, a deformação das linhas e o comportamento das mesmas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS/CONCLUSÃO

Analisando os objetivos que orientaram este trabalho, observa-se que todos os propostos foram executados com êxito, exceto o protótipo em tamanho real que está em processo de elaboração de projetos, entretanto os demais foram concluídos com êxito, a fim de serem utilizados como metodologias auxiliares em salas de aulas de faculdades e universidades.

Contudo, o estudo experimental acadêmico foi elaborado através de projetos propostos pelo discente que orientou este trabalho, bem como a execução de peças a serem utilizadas como metodologias auxiliares, que partiram através destes projetos propostos.

A abordagem realizada neste trabalho faz com que o leitor, discentes e docentes tenham o conhecimento das várias metodologias auxiliares as metodologias ativas executadas através dos protótipos incluídos no laboratório de estruturas localizado na Faculdade Ari de Sá, a fim de incluir o discente em seu processo de aprendizagem, tornando a formação cada vez mais inclusiva e ativa.

Conclui-se que as peças abordadas durante todo o projeto, estão prontas e aptas a serem utilizadas futuramente em aulas nas disciplinas de estruturas, como um meio complementar do ensino, tendo em vista que os discentes teriam aulas que complementariam as aulas dadas de forma teórica.

Tendo em vista que o intuito seria incluir neste projeto a utilização das mesmas em sala de aula e a inclusão de um parâmetro para avaliar a inserção das peças utilizadas pelos docentes, entretanto o momento em que se vive não proporcionou condições favoráveis para a utilização dos protótipos, sabe-se que as aulas estão suspensas de acordo com decreto e que demonstrar a metodologia de forma online seria inviável quando se trata de interação com o conteúdo.

Portanto este trabalho visou apenas a elaboração e a execução das peças, levando então a utilização e a implementação de um parâmetro de confiabilidade da metodologia para trabalhos futuros, pois o tema metodologias ativas é bastante relevante para a sociedade acadêmica e as metodologias auxiliares são bastante importantes para a utilização dos métodos ativos em salas de aula.

### **6.1. Sugestões para trabalhos Futuros**

Através deste estudo e um estudo mais aprofundado do assunto abordado, conclui-se que o trabalho já está bastante rico de informações, entretanto ainda restará uma parcela a ser estudada e discutida em trabalhos futuros. Nota-se a possibilidade de um trabalho conclusivo.

Como já foi mencionado, por conta da pandemia não foi possível a execução do protótipo que seria a estrutura em tamanho real, contudo, com a construção dessa estrutura e a ida dos alunos e professores até o laboratório pode-se abordar um parâmetro para que possa comparar a utilização das metodologias auxiliares aliadas as metodologias ativas da própria instituição.

Outro meio seria perpetuar a utilização dessas metodologias auxiliares em salas de aula de todas as instituições do Brasil, tornando o acesso as metodologias ativas mais acessível, de modo que seriam ofertadas essas metodologias auxiliares no ensino da engenharia civil, tornando um caminho inovador no ensino de muitos engenheiros e engenheiras de todo o Brasil.

## REFERÊNCIAS

- A Teoria da Pirâmide de Aprendizado e William Glasser. (n.d.). *No Title*. <https://www.ludospro.com.br/blog/piramide-de-aprendizagem>
- Bardini, V. S. dos S., & Spalding, M. (2017). Application of Active Teaching-Learning Methodologies: Experience in the Engineering Area. *Revista de Ensino de Engenharia*, 36(1), 49–58. <https://doi.org/10.5935/2236-0158.20170005>
- Borochovicus, E., & Tortella, J. C. B. (2014). Aprendizagem Baseada em Problemas: Um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. *Ensaio*, 22(83), 263–294. <https://doi.org/10.1590/S0104-40362014000200002>
- Cevallos, I., & Ferragut Passos, L. (2012). O mestrado profissional e a pesquisa do professor. *Revista Diálogo Educacional*, 12(37), 803. <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.7204>
- Cunha, M. I. da. (2006). Docência na universidade, cultura e avaliação institucional. *Revista Brasileira de Educação*, 11(1998), 258–371.
- Cunha, M. (n.d.). *Ensino de engenharia: abordagem pela complexidade*. 3–16.
- Diniz, S. N. de F. (2001). *O uso das novas tecnologias em sala de aula. Tese(Mestrado em Engenharia de Produção) . Universidade Federal de Santa Catarina*. 173.
- Filho, B. da S. F., Santos, A. C. dos, Silva, R. O. da, Bittencourt, W., & Peixoto, Régis Nepomuceno; Marcelino, R. (2017). Aprendizagem Baseada Em Problema ( Pbl ): Uma Inovação Problem-Based Learning : an Educational Innovation ? *Revista Cesumar*, 22(2), 403–424.
- Fleming, P. V., Miranda, E. M., Neto, T. A., & Fernandes, V. S. (2006). *Ensino Interdisciplinar em Engenharia Mecânica e Mecatrônica*.
- Hibbeler, R. C. (2004). *Resistência de Materiais - 5ª Ed.* (p. 688).
- Luiz Roberto Liza Curi (Presidente) Antonio de Araujo Freitas Júnior (Relator), Antonio Carbonari Netto, F. C. de S. B. e P. M. V. B. B. (Membros). (2019). Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNs de Engenharia). *Ministério Da Educação Conselho Nacional De Educação Interessado: D*, 1–41.
- Oliveira, M. G., & Pontes, L. (2011). Metodologia Ativa no Processo de Aprendizado do Conceito de Cuidar – Um Relato de Experiência. *X Congresso Nacional de Educação - EDUCERE*, 8167–8177.
- Ribeiro, N. da S., Gonçalves, L. W. N., & Junior, L. G. V. (2016). *O Desenvolvimento Prático Do Aluno De Engenharia De Produção-Aplicação De Metodologia Ativa No Ciclo Básico*.
- Souza, D. L. L., & Neto, J. M. (2018). Práticas Ativas. *XLVI Congresso Brasileiro de Educação Em Engenharia.*, 9.
- Valente, J. A., Bianconcini de Almeida, M. E., & Flogi Serpa Geraldini, A. (2017). Metodologias ativas: das concepções às práticas em distintos níveis de ensino. *Revista Diálogo Educacional*, 17(52), 455. <https://doi.org/10.7213/1981-416x.17.052.ds07>