



DESIGN NA EDUCAÇÃO: PROJETO DE PRODUTO PARA O ENSINO DE ESTRUTURAS

Tainá Francisco Pirola, acadêmica
Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
e-mail: tainafranciscopirola@gmail.com

Fabio Costa Brodbeck, docente
Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC)
e-mail: fabiobrodbeck@unesc.net

Resumo

Atualmente, é notório que tanto as universidades como as escolas são importantes influenciadores no desenvolvimento do ser humano, uma vez que esse ambiente permite que o indivíduo seja capaz de compreender e solucionar os processos e problemas do cotidiano. Nos currículos de graduação em engenharia, a análise mecânica de objetos ou estruturas é tratada de forma considerada abstrata, devido a abordagem matemática, seguindo o ensino tradicional que se concentra no conteúdo apresentado pelo professor. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um produto lúdico direcionado ao ensino de estruturas, apropriando-se do uso da metodologia de Mike Baxter, em especial o planejamento de produtos. O produto é destinado para atividades de ensino de treliça plana. Sendo um produto adaptável, para possibilitar a configuração de diferentes treliças e/ou de dimensões distintas, empregando elementos modulares na forma de barras retas com seção constante. A aplicação do design colabora no estudo de novas abordagens, com produtos tangíveis, experimentais e de fácil visualização, buscando levar ao usuário a experiência da análise dos conceitos, podendo o mesmo aplicar as fundamentações teóricas e verificar seus resultados, tornando um futuro profissional que sabe aplicar a teoria no mundo real.

Palavras-chave: ensino; estruturas; metodologia; treliça; produto.

Abstract

Currently, it is notorious that both universities and schools are important influencers in the development of the human being, since this environment allows the individual to be able to understand and solve everyday processes and problems. In engineering undergraduate curricula, the mechanical analysis of objects or structures is treated in a way that is considered abstract, due to the mathematical approach, following the traditional teaching that focuses on the content presented by the teacher. The aim of this work is the development of a playful product directed to the teaching of structures, appropriating the use of Mike Baxter's methodology, especially product planning. The

product is intended for activities for teaching plane trusses. It is an adaptable product, to enable the configuration of different trusses and/or different sizes, using modular elements in the form of straight bars with constant section. The application of design collaborates in the study of new approaches, with tangible products, experimental and easy to visualize, seeking to give the user a experience of analyzing the concepts, so that he can apply the theoretical foundations and verify its results, becoming a future professional who knows how to apply the theory in the real world.

Keywords: teaching; structures; methodology; truss; product.

1 Introdução

Na atualidade, é notório que tanto as universidades como as escolas são importantes influenciadores no desenvolvimento do ser humano, uma vez que esse ambiente permite que o indivíduo seja capaz de compreender e solucionar os processos e problemas do cotidiano. No entanto, a algum tempo vem sendo discutido sobre as metodologias abordadas, a fim de converter as ferramentas tradicionais e suas fórmulas mecanizadas para uma transição às atividades práticas que tornem o aprendizado dinâmico e tangível em sua aplicação.

A Confederação Nacional da Indústria (CNI) propõe a reformulação das temáticas abordadas e protesta a inovação dos currículos de graduação, que são parte de gerenciamento do Ministério da Educação (MEC), evidenciando a divergência entre o planejamento de trabalho dos setores de engenharia das universidades e as aptidões dos profissionais exigidos pelo setor produtivo. Como contribuição indicam envolver os estudantes no aprimoramento de estudos autodirigidos, capacidade de ouvir, justificar e solucionar problemas. Uma forma de trabalhar essas competências é aplicando métodos ativos. Eles tornam o estudante agente da construção pelo conhecimento, habilitando-os como pessoas com mais autonomia, liderança, cooperação e criatividade.

Nos currículos de graduação em engenharia, a análise mecânica de objetos ou estruturas é tratada de forma considerada abstrata, já que envolve uma abordagem matemática. No entanto, os fenômenos que envolvem tal assunto poderiam ser demonstrados visualmente, porém existe a dificuldade de realizar essa experiência, devido a ausência de produtos pensados com tal finalidade.

A Engenharia Estrutural trata especificamente do estudo de estruturas e faz parte do núcleo base dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica. Segundo dados do CONFEA(Conselho Federal de Engenharia e Agronomia)/CREA(Conselho Regional de Engenharia e Agronomia), até 01/07/2020, haviam 931.838mil engenheiros registrados, destes a maioria são profissionais de Engenharia Civil, 398.156 mil, o que representa 37,1% do total (MONTEIRO; AFONSO, 2021).

Tendo em vista este cenário, o trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um produto lúdico direcionado ao ensino de estruturas para os estudantes de engenharia civil e mecânica, pois são eles, os futuros profissionais que lidam diretamente com a aplicação deste conteúdo. Este produto traz a possibilidade de realizar o estudo de forma ativa, permitindo a visualização a partir de formas geométricas manipuladas diretamente pelo aluno, facilitando a compreensão do comportamento estrutural.

2 Metodologia

Para o desenvolvimento deste projeto, apropriou-se da metodologia de Mike Baxter, em especial o planejamento de produtos, seguindo os aspectos de identificação das oportunidades, realizando a pesquisa inicial de todo o processo. Nesta metodologia a análise de produtos concorrentes promove a identificação das oportunidades de inovação do produto, além de apresentar métodos para estimular a criatividade e ferramentas direcionadas ao desenvolvimento do produto buscando viabilizar o processo de fabricação.

3 Público Alvo

Os dados da ABRES/2018 (Associação Brasileira de Estágios), apontam que mais de 70% dos estudantes estão na faixa etária entre 18 a 28 anos , podendo classificá-los como um público jovem. Atualmente, dentre as opções de profissão na área de exatas, a engenharia civil se encontra como a graduação mais procurada pelos estudantes (INEP/2017 - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira).

É importante salientar que as graduações de engenharia, seguem a Resolução nº 11/2002 do Conselho Nacional de Educação (CNE), onde é preconizado o dever de fomentar a formação do profissional com um perfil que tenha em suas características uma formação crítica, independente e flexível, para estar capacitado em identificar e solucionar problemas, além de desenvolver novas tecnologias com base nas demandas da sociedade. Portanto o estudante que se propõe a cursar engenharia precisa estar atento às propriedades e aos comportamentos que envolvem sua função dentro da civilização. Devendo se habituar com a necessidade de compreender o funcionamento de seus projetos, para adequá-los da melhor forma ao uso da sociedade (PACHECO, 2018). Além de que, atualmente o mercado de trabalho deixou de buscar profissionais centrados na operação e passou a desejar o colaborador que incorpora diferentes habilidades, aquele que compreende suas competências e administra situações complexas, transmitindo informações e que esteja aliado com as visões estratégicas (MARIANI, 2019).

Conforme dados da EPTNM (Educação Profissional Técnica de Nível Média) no ano de 2018, constavam 1.868.817 matrículas, o que revela que mais de 10% dos estudantes do ensino médio brasileiro estavam matriculados em algum curso técnico na educação profissional. Sendo que estes estudantes, geralmente optam por esta modalidade, por se tratar de uma formação com um curto período de duração, além de dispor de conteúdos direcionados, evidenciando a formação específica do curso escolhido (GAWRYSZEWSKI, 2021).

Para isso, a instituição de ensino possui um papel acentuado, devendo oferecer aos estudantes materiais e meios para a interpretação e busca pela solução de problemas cada vez mais próximos à realidade, bem como também despertar neles a atribuição de ser investigador, analisar conceitos e aplicar na prática as fundamentações teóricas, gerando um mercado de trabalho cada vez mais dinâmico (BRANCHIER, 2017).

3.1 Cursos

O produto está direcionado aos cursos técnicos em edificações ou em mecânica e cursos de graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia Civil.

O avanço e a expansão dos cursos de engenharia no Brasil estão intimamente ligados ao desenvolvimento da tecnologia e da indústria, incluindo as circunstâncias econômicas, políticas e sociais da região (OLIVEIRA et al. 2013). Segundo o MEC (Ministério da Educação), entre os anos de 2010 a 2017, as vagas do curso de Engenharia Civil passaram de 43.484 para 155.003, que expressa um aumento de mais de 350%, além de serem criados 1.056 novos cursos de Engenharia Civil entre o período de 2011 a 2018. Totalizando um somatório de 1.443 cursos de Engenharia Civil no país, criados entre 1930 a 2018.

3.2 Disciplinas

O estudo das estruturas tem enfoque na compreensão do seu comportamento quando são submetidas a algum esforço. Esse comportamento é compreendido pela maneira que a estrutura se deforma e se é ou não capaz de se manter estável. O seu comportamento está diretamente relacionado com o tipo de esforço e com a forma que a estrutura possui, sendo que a combinação desses dois fatores é chamada de sistema estrutural. As disciplinas que envolvem o conteúdo acerca dos sistemas estruturais, são física experimental, mecânica básica, elementos de máquinas, resistência dos materiais/mecânica dos sólidos, mecânica das estruturas, estruturas metálicas, estruturas de madeira, estruturas de concreto armado e análise experimental de estruturas (MARTHA, 2010).

Em grandes estruturas da construção civil como pontes, passarelas, edifícios residenciais, edifícios comerciais, instalações industriais, parques de diversão, portos, entre outros, os sistemas estruturais estudados são as chamadas estruturas reticuladas. Estas são compreendidas por elementos prismáticos com certa esbelteza conectados entre si, que recebem um nome específico, dependendo do esforço que se destinam a resistir, como pilares, tirantes, vigas, barras e nós (SORIANO, 2009). A Figura 1, mostra estruturas reticulares em fase de construção e como normalmente são representadas em fase de estudo.

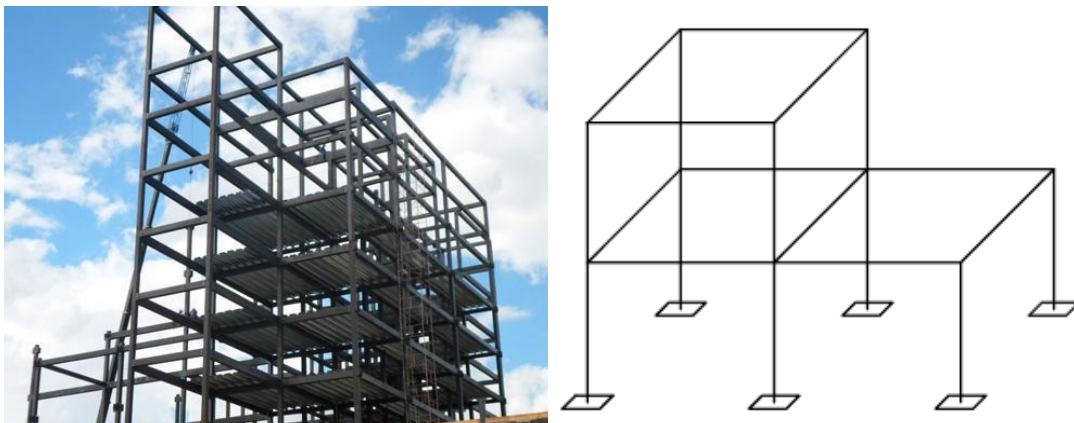


Figura 1: Estrutura de um edifício construído com elementos de aço e uma representação típica desse sistema estrutural.

Fonte: Freitas e Tiago, 2015, p. 9.

A forma com que essas barras são dispostas, influi no desempenho estrutural, em qual esforço serão capazes de resistir e como será a forma de sua deformação. Dentre os sistemas reticulares, tem-se os pórticos, que podem ser planos ou espaciais, as grelhas e as treliças, que também podem ser planas ou espaciais. O sistema estrutural reticular mais eficiente é a treliça, sendo a treliça plana, a mais empregada (SORIANO, 2009). Segundo Yopanan Rebello (2005), “a treliça é um sistema estrutural formado por barras que se ligam em nós articulados e sujeitas a esforços de tração e compressão simples.” Ainda como característica da treliça, para a obtenção de estabilidade, as barras configuram a representação de triângulos. A Figura 2 apresenta exemplos de treliças planas e espaciais e como são normalmente representadas em fase de estudo.

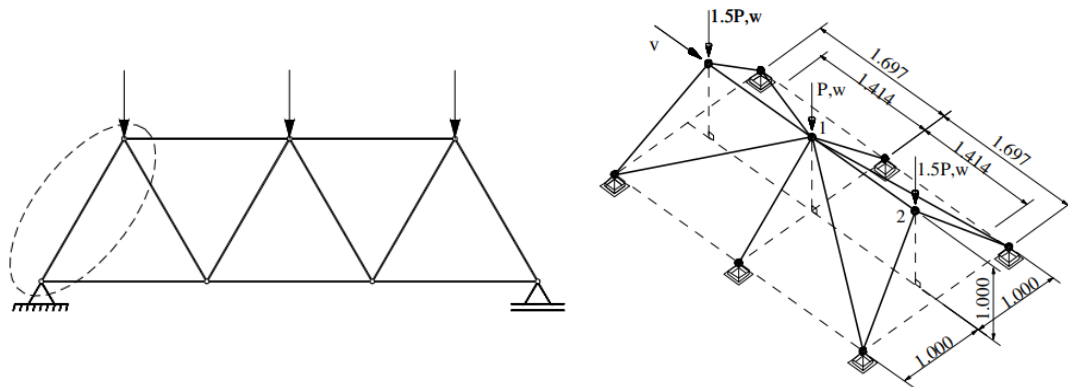


Figura 2: Representação em fase de estudo de treliça plana e espacial, respectivamente.
Fonte: Freitas e Tiago, 2015, p. 9.
Pinheiro, Santos e Silveira, 2006.

3.3 Demonstração do Conteúdo

As técnicas de ensino mais empregadas, ainda remetem apenas a aulas expositivas dialogadas, aulas práticas orientadas em sua maioria realizadas em grupo, podendo ou não ser em laboratórios. Tais técnicas de ensino concentram-se no conhecimento transmitido pelo professor, que está no centro do sistema de aprendizagem (PACHECO, 2018).

De forma geral, a formação de engenharia segue o ensino tradicional, como comentado, se concentra no conteúdo que é apresentado pelo professor, que transfere o conhecimento em sessões programadas, com tempo e lugar definidos. Neste método, o docente procura a melhor forma de ensinar. No entanto, em estudos recentes, foi identificado que o professor deve se concentrar na busca pela melhor forma de fazer aprender, colocando o aluno como parte integral no processo de aprendizagem, fazendo-o ter uma participação ativa. Dessa forma ocorre a transição do foco do ensino para a aprendizagem. Este objetivo vem sendo melhor alcançado com a aplicação de metodologias ativas, em que o estudante torna-se protagonista do seu próprio processo de aprendizagem e a transformação começa a ocorrer à medida que a tecnologia oportuniza ao estudante praticar e testar os seus conhecimentos para desenvolver as suas competências, construindo as suas próprias experiências e aperfeiçoando a sua formação para tornarem-se profissionais mais autônomos, independentes e pró-ativos (PACHECO, 2018).

Contribuindo para isso, existem como aplicações a aprendizagem baseada em problemas (problem based learning - PBL) e aprendizagem baseada em projeto (project based learning - PjBL). A PBL surgiu em 1969, no ensino de Ciências da

Saúde no Canadá. Os atributos do programa eram a “ausência de disciplinas, integração de conteúdo e ênfase na solução de problemas”. Este método busca a junção da teoria com a prática através da solução de problemas reais e o questionamento da realidade. Segundo Dewey (1959), pensador que apresentou uma fundamentação conceitual ao PBL, quando o conhecimento é produzido a partir de discussões coletivas, a aprendizagem transforma-se em uma constante reconstrução e reorganização das experiências cotidianas. Além de o método PBL buscar a solução final do problema, procura evidenciar fortemente todas as etapas da solução em equipe, desenvolvendo a autonomia e a colaboração.

A PjBL é baseada em projetos, onde os estudantes obtêm conhecimentos e novas competências, atuando em situações de caráter gerador, buscando a resolução de problemas, o suprimento de necessidades e a percepção de oportunidades. Ao longo do processo desta metodologia os projetos a serem desenvolvidos apresentam quatro estágios: intenção; planejamento; execução e julgamento, em todas as fases o professor está presente, na função de orientar e planejar (PACHECO, 2018).

4 Mercado

Cada vez mais o mercado de trabalho necessita de profissionais que vão além de suas formações curriculares, o cenário carece urgentemente de engenheiros que tenham visão e entendimento dos fenômenos, sejam qualificados a compreender o processo de tomada de decisão (MORAES, CARDOSO, 2018). Para isso é importante estar inserido em ambientes com experiências práticas e com maior proximidade dos problemas reais, dessa forma há uma contribuição para as habilidades de liderança e rápida percepção.

4.1 Produtos Análogos

Com o objetivo de contrastar os produtos em desenvolvimento com outros objetos existentes ou até mesmo concorrentes, a aplicação da análise sincrônica é uma ferramenta de estudo voltada à exploração de variáveis mensuráveis (BAXTER, 2011). Dessa forma, foi realizada a pesquisa por produtos voltados ao estudo de estruturas. Foram encontradas empresas especializadas na produção de equipamentos voltados à educação na engenharia, tendo à disposição diversos modelos estruturais. Uma delas é a Gunt Hamburg, de origem alemã, fabricantes de modelos experimentais. A Figura 3 exemplifica dois modelos destinados à demonstração do comportamento de sistemas estruturais utilizados na construção de pontes.

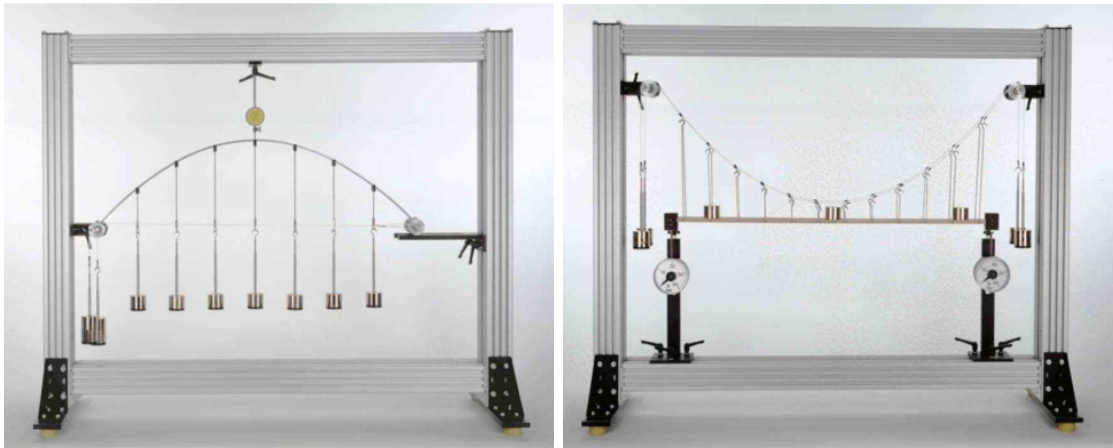


Figura 3: Modelo experimental de arco parabólico e ponte suspensa, respectivamente.
Fonte: Disponível em <http://www.gunt.de/static/s3_1.php> apud Oliveira, 2008, p.26

Utilizando pequenos elementos prismáticos de madeira e anéis de plástico, os pesquisadores Praiva e Orlando, 2001, desenvolveram um modelo qualitativo de estudo de treliça plana. No modelo, os anéis de plástico foram posicionados no centro dos elementos a serem estudados, de tal forma que a aplicação de uma carga externa à estrutura provoca a deformação dos anéis, tornando-os ovais, mostrando qual esforço cada elemento está resistindo. Os esforços de tração e compressão em cada elemento, ficam evidentes pela forma deformada do anel, como pode ser percebido na Figura 4.

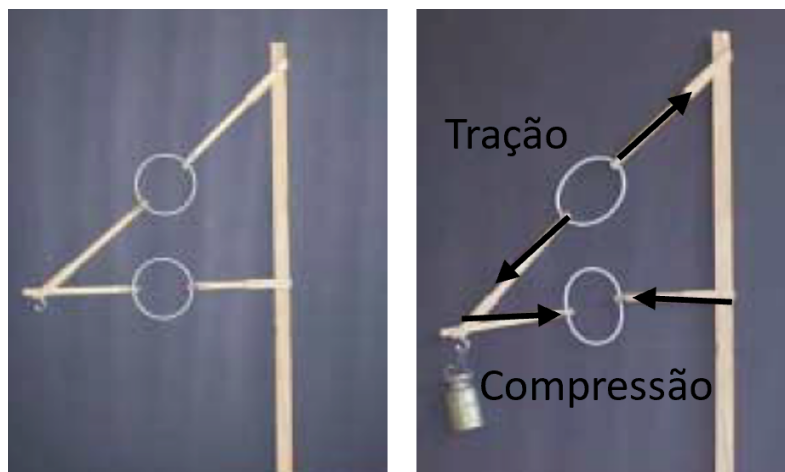


Figura 4: Modelo qualitativo de treliça plana de três nós sem e com carga, respectivamente.
Fonte: Praiva e Orlando, 2001.

Ainda como produto análogo, tem-se o Mola Structural Model, que é um modelo estrutural qualitativo baseado em elementos de mola. Desde o seu lançamento, em

2014, é visto como um excelente material para simulação do comportamento de estruturas. Foi vencedor do 31º Prêmio Design Museu da Casa Brasileira, pertencendo à categoria de utensílios, no ano de 2017. O modelo é formado por um conjunto de peças modulares que estabelecem conexões através de magnetismo, possibilitando infinitas combinações. Ao realizar a montagem é possível visualizar os movimentos e deformações dos elementos, permitindo que o usuário sinta as estruturas com as próprias mãos, devido a capacidade de deformação dos elementos de mola. Na Figura 5, um modelo qualitativo de estrutura de pórtico espacial é analisada com o Mola Structural Model.



Figura 5: Modelo qualitativo Mola Structural Model simulando aplicação de carga
Fonte: Disponível em <<https://br.molamodel.com/pages/info>>.

4.2 Ensino de Estruturas

Em Chigado/EUA, é realizado anualmente o Student Steel Bridge Competition (Concurso Estudantil de Ponte de Aço), uma competição que desafia as equipes de alunos a desenvolver uma ponte de aço em escala. O objetivo é desafiar os alunos a estender seu conhecimento em sala de aula para um projeto prático de design em estrutura de aço, com o intuito de aumentar as suas habilidades interpessoais e profissionais, incentivar a inovação e promover relacionamentos impactantes entre estudantes e profissionais do setor. Na Figura 6, exemplifica uma equipe de estudantes realizando a montagem de uma ponte em escala.



Figura 6: Desenvolvimento de uma ponte de aço em escala.
Fonte: Disponível em

<https://www.aisc.org/education/university-programs/student-steel-bridge-competition/about>.

Em Sojo, no Japão, é realizado o Toothpick Tower Seismic Contest (Concurso Sísmico da Torre do Palito), competição que desafia a equipe de estudantes a construir torres resistentes a terremotos, utilizando apenas palitos de dente e cola de madeira. O Japão é o país mais propenso a terremotos do mundo, por isso a universidade busca desenvolver na mente de seus alunos a instigação, a criatividade, o trabalho em equipe e o interesse em edifícios que podem tolerar terremotos. Na Figura 7, alguns exemplos de torres construídas pelos estudantes.

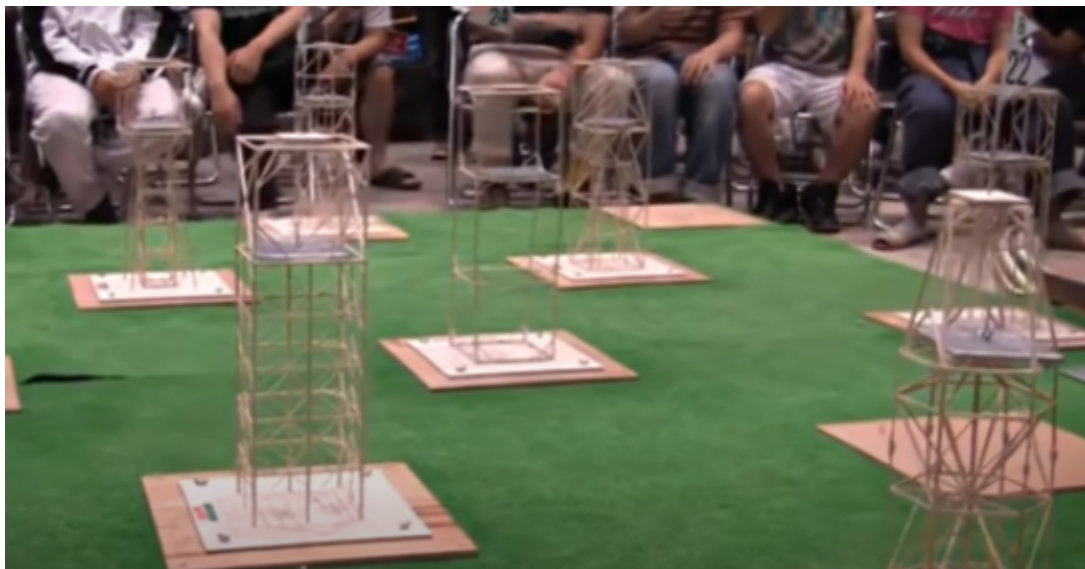


Figura 7: Torres resistentes construídas por palitos de dente e cola.
Fonte: Disponível em

<https://wonderfulengineering.com/these-japanese-students-compete-in-making-earthquake-resistant-toothpick-towers/>.

No Brasil, existe o concurso promovido pelo Centro Brasileiro de Construção em Aço (CBCA), direcionado aos estudantes de engenharia civil, que ao longo dessa competição compreendem uma experiência sobre concepção, projeto estrutural dos elementos e das ligações, montagem de edifícios com estrutura de aço. No entanto, esta competição se restringe ao desenvolvimento do projeto.

Na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, foi criada em 2004 uma competição de pontes de espaguete, fundamentada em experiências didáticas similares em outras instituições de ensino. Após a concepção das pontes, as mesmas são executadas pelas equipes utilizando macarrão e cola, para então serem submetidas a um teste de carga, verificando quanto de peso a ponte consegue suportar em relação a seu próprio peso. Na figura 8, é possível verificar a demonstração da ponte de espaguete finalizada.

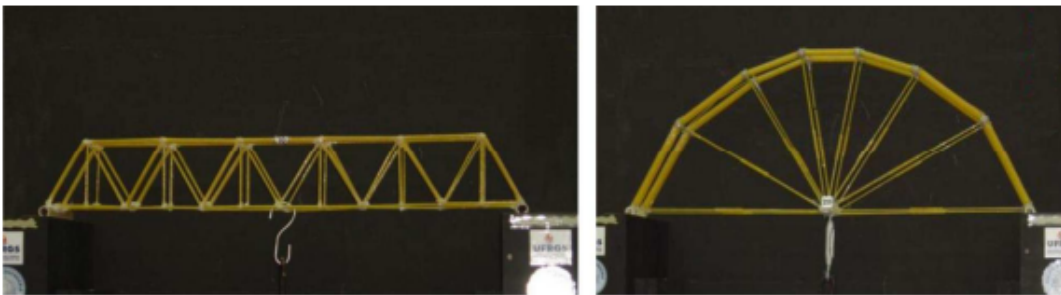


Figura 7: Torres resistentes construídas com macarrão e cola.
Fonte: OLIVEIRA, 2008.

5 Materiais

As estruturas das construções civis e mecânicas empregam em sua grande maioria os materiais aço, concreto armado e a madeira. A escolha por esses materiais está associada à sua disponibilidade no meio ambiente e às suas propriedades mecânicas de resistência e ductilidade, pois as estruturas devem ser economicamente viáveis, devem resistir aos esforços solicitantes e precisam ter capacidade de deformação (REBELLO, 2005).

A madeira foi um dos primeiros materiais utilizados para a fabricação de estruturas, pois é de fácil manuseio e usinagem, permitindo a elaboração de encaixes. Com o avanço da metalurgia e siderurgia, o aço teve sua produção aumentada e por oferecer maior resistência e ser um produto com maior controle de produção, substituiu a madeira na construção das estruturas. Em meados do século XIX, o concreto armado foi desenvolvido, apresentando a união de materiais simples e de grande abundância, como areia, rochas, água e cimento, com o aço. Assim o concreto armado aliou resistência, ductilidade e economia (PFEIL, 2021).

Atualmente as estruturas que são construídas em aço, apresentam grande interesse pela sua velocidade de execução, possibilidade de industrialização de todos os seus processos, podendo ser montada e desmontada e por ser baseada em um material 100% reciclável. Além disso, as estruturas metálicas são ideais para serem aplicadas em todos os sistemas estruturais reticulados, especialmente como treliças (BELLEI, 2008; PFEIL, 2021; REBELLO, 2005).

6 Projeto do Produto

O produto é destinado para atividades de ensino do sistema estrutural treliça plana. Também permite realizar estudo e experimentação de modelos para aplicação em projetos reais e na simulação de montagem da estrutura. Essas aplicações abrangem o ensino técnico, superior e de especialização, assim como escritórios de projeto e equipes de montagem de estruturas.

Com o objetivo de que o produto seja adaptável, para possibilitar a configuração de diferentes treliças e/ou dimensões distintas, foram empregados elementos modulares na forma de barras retas com seção constante. Estes possuem dois tipos de conexões, fixas funcionando como emendas para prolongar o seu comprimento quando necessário, ou rotuladas que deixam os elementos rotacionarem, devido ao funcionamento de uma treliça real.

6.1 Conceito

Segundo Baxter (2011), para a elaboração do projeto conceitual deve-se reunir as especificações das oportunidades e desenvolver as linhas básicas de forma e função. Para isso, foi realizado o uso de ferramentas que auxiliam na geração de conceitos.

Análise das Relações

Esta ferramenta busca contextualizar todas as associações que o usuário poderá ter com o seu produto (PAZMINO, 2015).

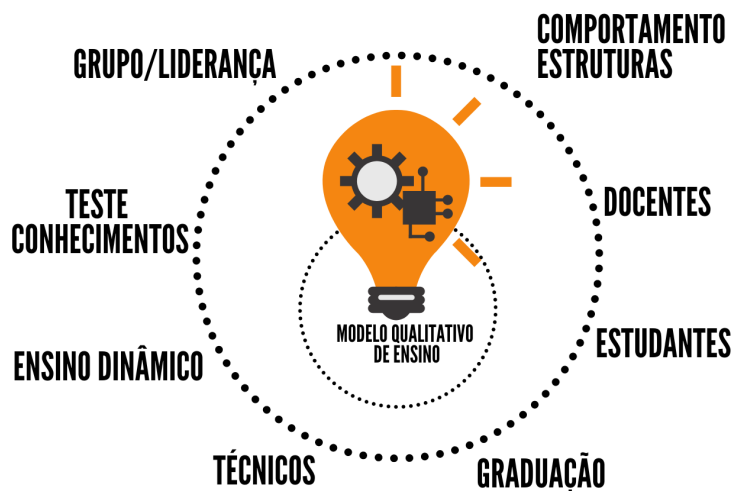


Figura 8: Diagrama da ferramenta Análise das relações.
Fonte: Autor, 2022.

Painel Semântico do Público alvo

A ferramenta de Painel Semântico do Público Alvo permite elaborar um perfil do usuário do produto, utilizando imagens que demonstrem o comportamento, materiais, características que agradam o público (PAZMINO, 2015).



Figura 9: Quadro da ferramenta Painel Semântico do Público Alvo.
Fonte: Autor, 2022.

Diagrama Ishikawa

Este diagrama foi proposto em 1960, pelo japonês Kaoru Ishikawa, ele permite visualizar de forma estruturalmente organizada o conjunto resumido dos dados que devem ser considerados no projeto (PAZMINO, 2015).

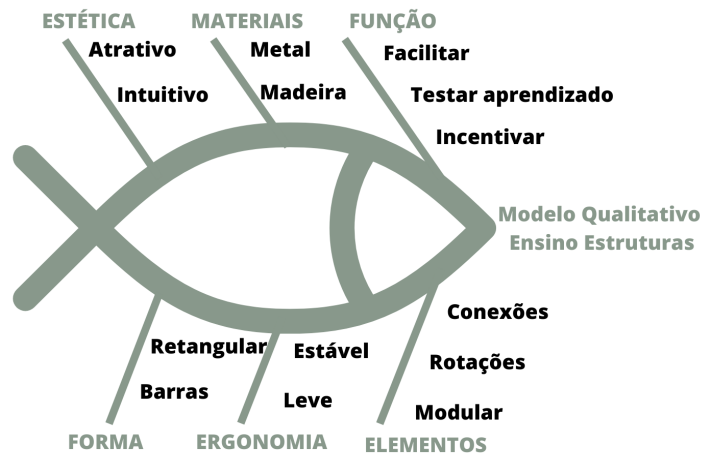


Figura 10: Ferramenta Diagrama Ishikawaes.

Fonte: Autor, 2022.

Mapa Conceitual

Uma representação gráfica que possibilita a visualização geral do problema, um instrumento de auxílio na organização do pensamento (PAZMINO, 2015).



Figura 11: Diagrama da ferramenta Mapa Conceitual.

Fonte: Autor, 2022.

A partir das ferramentas citadas acima, unindo as definições, diferenciações e propósito do projeto tem-se como conceito *o despertar do conhecimento a partir de uma experiência construtiva.*

6.2 Geração de Alternativas

Após a definição do conceito do projeto, é dada sequência às etapas deste processo criativo. Existem diferentes técnicas para a geração de alternativas, dentre elas a análise da função do produto que busca analisar as funções desempenhadas por um produto e como estas atribuições são percebidas pelos usuários, a MESCRAl uma sigla, criada a partir das iniciais de cada ação, que busca, Modificar, Eliminar, Substituir, Combinar, Rearranjar, Adaptar e Inverter, estimular possíveis alterações no produto e que posteriormente possam se tornar a solução do problema (BAXTER, 2011).

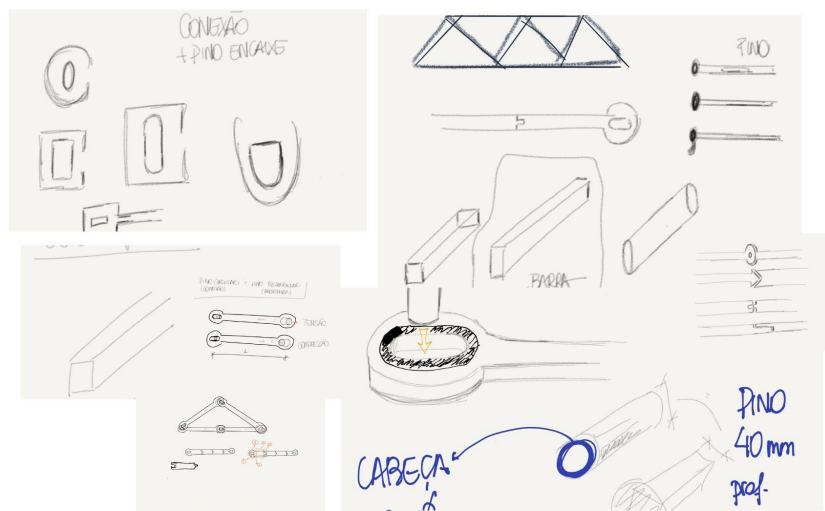


Figura 12: Geração de alternativas
Fonte: Autor, 2022.

Tabela 1: Tabela MESCRAl

Modificar	conexão dos pinos
Eliminar	tipos diferentes de conexões
Substituir	barras circulares retangulares
Combinar	mesmo elemento na conexão e prolongação da barra
Rearranjar	conexões magnéticas
Adaptar	utilização da mola
Inverter	ângulo das conexões

6.2.1 Metodologia de Definição

A partir do momento que encontram-se diversas alternativas, o próximo passo é realizar a seleção dessas alternativas ou a combinação destas alternativas, já que neste trabalho optou-se em fazer alternativas isoladas de cada elemento.

Como metodologia de definição utilizou inicialmente a matriz CSD, uma ferramenta que serve de alinhamento para compreender as certezas, suposições e dúvidas voltadas ao produto em desenvolvimento.

Certezas:

- Produto interativo;
- Dinâmico;
- Usuários buscam pelo *feedback*;
- Usuários desejam um ensino prático;
- Exercício de proatividade.

Suposições:

- Tipo de conexão entre os elementos se torna mais viável;
- Quantidade de peças mínima para um kit;
- Modelo de treliça definido.

Dúvidas:

- Utilizar cores ou usar a cor real da estrutura em estudo?
- Tipo de pino para estender o tamanho da estrutura?
- Como transformar a teoria em uma interpretação de fácil entendimento?
- Qual a visão do usuário?

6.3 Representação Gráfica

A fim de obter uma visualização prévia do produto e avaliar as dimensões para o seu projeto final desenvolveu-se seu modelo em três dimensões, utilizando o *software SolidWorks*. A partir dele, foi possível realizar uma representação gráfica do produto, com suas devidas peças e elementos de conexão, realizando a simulação de sua montagem e comportamento, conforme ilustrado nas figuras 13, 14 e 15.

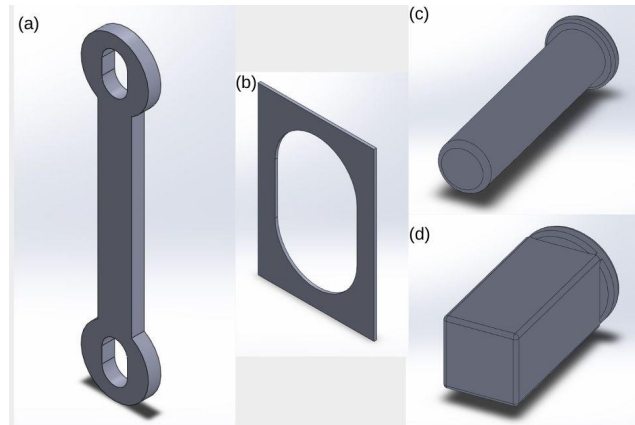


Figura 13: Representação gráfica das peças que compõem o modelo.
(a) Barra modular; (b) adesivo imantado; (c) pino de conexão rotulada; (d) pino de conexão fixa. Fonte: Autor, 2022.

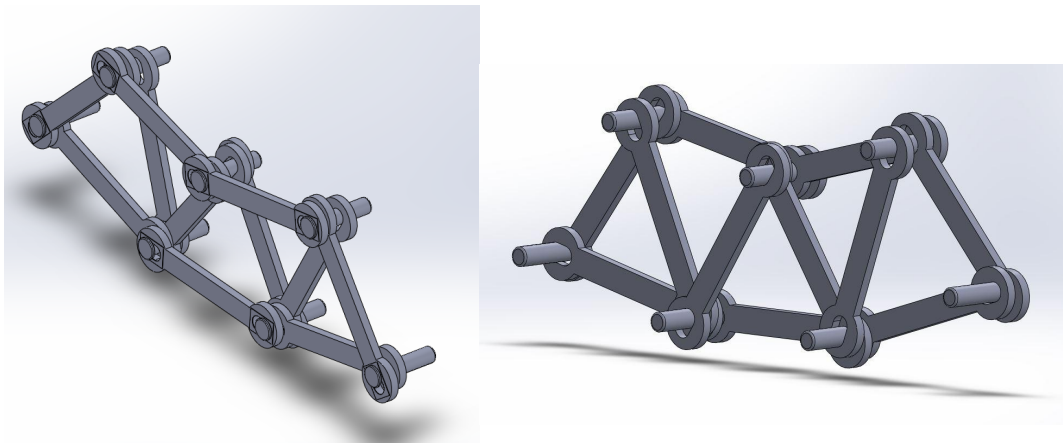


Figura 14: Representação gráfica do modelo.
Fonte: Autor, 2022.

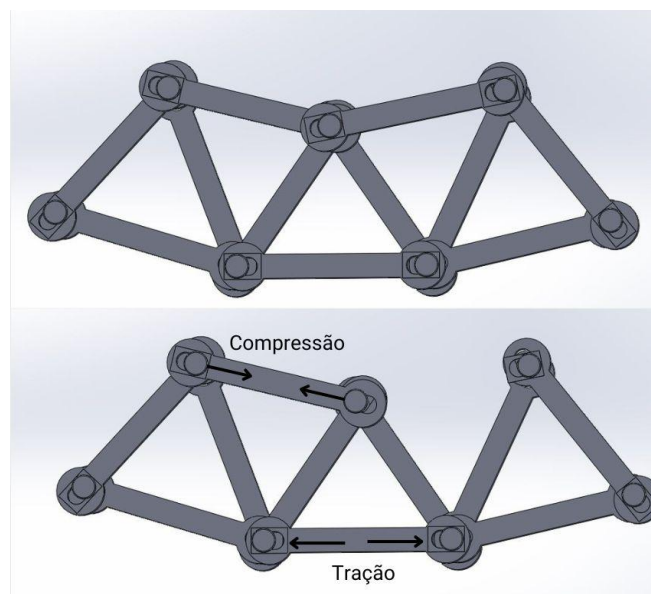


Figura 15: Representação gráfica do modelo ilustrando os esforços atuantes, compressão e tração.
Fonte: Autor, 2022.

A Figura 15 mostra uma vista frontal da montagem de uma treliça, onde estão representadas pelas setas os esforços atuantes em um elemento que sofre tração e um que sofre compressão. É possível identificar o esforço a partir da posição do pino, pois quando estão posicionados nas extremidades externas, indicam que a barra está sofrendo o esforço de tração, já quando estão posicionados nas extremidades internas, representam que o elemento sofre o esforço de compressão. Logo, é possível identificar o comportamento mecânico da estrutura de forma intuitiva e rápida, não sendo necessário uma aplicação matemática.

6.3.1 Detalhamento Técnico

Após a validação do modelo 3D ser obtida, foi desenvolvido o detalhamento técnico de cada peça para ser realizada a produção. O detalhamento de cada peça está no Apêndice A.

6.4 Modelo Físico

Utilizando da representação gráfica e detalhamento técnico elaborou-se o modelo físico.

O material das peças foi o aço, que permite um bom acabamento e possui boa resistência. Para a execução das peças que compõem o modelo, se fez uso de barra chata de $\frac{1}{8}$ " x 1", barra chata de $\frac{1}{8}$ " x $\frac{1}{2}$ ", barra quadrada e barra redonda, ambas de $\frac{3}{8}$ ".

Para o corte das peças, foi utilizado o equipamento serra fita horizontal. Já os furos, foram executados utilizando uma furadeira de bancada com brocas de aço rápido.

O corpo e a cabeça das barras modulares, foram unidas através do processo de solda por arco elétrico.

Para o acabamento utilizou-se a esmerilhadeira com lixa e posteriormente, pintura com tinta spray.

Como apoio de sustentação do modelo, foi empregado uma chapa de aço com espessura de 1mm, dobrada com ângulo de 70° em relação a horizontal. Para facilitar o posicionamento dos pinos na chapa de apoio, folhas imantadas foram coladas na superfície do mesmo. Assim, uma vez posicionado na chapa de apoio, o pino permanece aderido, permitindo sua usabilidade.

Para simular o carregamento da estrutura, foram utilizadas duas unidades de peso padrão.

No Apêndice B, encontram-se as fotos do modelo finalizado.

7 Considerações finais

O produto desenvolvido é destinado ao cenário educacional, tendo como propósito a usabilidade e interpretação de conceitos das disciplinas de ensino de estruturas, sobretudo a temática do sistema estrutural de treliças planas. Nele é possível perceber os esforços de tração e compressão.

Com base nos modelos comerciais existentes, a analogia do produto com a estrutura real tende a ser satisfatória, pois com o uso deste produto o estudante acaba desempenhando o papel de protagonista do seu processo de aprendizagem, desenvolvendo autonomia e adquirindo confiança.

Durante todo o desenvolvimento deste trabalho foi possível perceber a importância das metodologias de ensino, o anseio por parte dos estudantes em realizar atividades práticas, especialmente em visualizar resultados reais. Muitas atividades teóricas tornam os assuntos abstratos e distantes do olhar cotidiano. Nesse sentido, a aplicação do design colabora no estudo de novas abordagens, com produtos tangíveis, experimentais e de fácil visualização, buscando levar ao usuário a experiência da análise de conceitos, podendo o mesmo aplicar as fundamentações teóricas e verificar seus resultados, tornando um futuro profissional que sabe aplicar a teoria no mundo real.

Referências

BAXTER, Mike. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 3ª edição Blucher, 2011.

BELLEI, Ildony H; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O. **Edifícios de múltiplos andares em aço**. 2ª edição revisada e ampliada São Paulo: PINI, 2008. 556 p.

BRANCHIER, Henrique Scalcon. **Contribuições dos softwares na aprendizagem de análise e cálculo de elementos estruturais**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso.

DEWEY, J. **Democracia e educação**. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1959.

FREITAS, João António Texeira de; TIAGO, Carlos. **Análise Elástica de Estruturas Reticuladas**. 2015.

GAWRYSZEWSKI, Bruno. **A formação profissional e o mundo do trabalho pela ótica de estudantes de cursos técnicos de nível médio**. Educação em revista, v. 37, 2021.

MARIANI, Juliano Neme Costa. **As competências comportamentais e o ensino de engenharia: percepção de alunos e professores sobre as possibilidades de desenvolvimento**. 2019.

MARTHA, Luiz Fernando. **Análise de estruturas: conceitos e métodos básicos**. 2ª edição Elsevier, 2010. 560 p.

MONTEIRO, Vaz Viviane; AFONSO, Ariston Alves. **Avaliação do quantitativo de engenheiros cadastrados em relação aos engenheiros formados no sistema CONFEA/CREA.** 2021.

MORAES, Mônica Nogueira de; CARDOSO, Patrícia Alcântara. **Jogos para ensino em engenharia e desenvolvimento de habilidades.** 2018.

OLIVEIRA, Márcio Sequeira de. **Modelo estrutural qualitativo para pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas.** 2008.

SORIANO, Humberto Lima. **Elementos Finitos: formulação e aplicação na estática e dinâmica das estruturas.** Ciência Moderna, 2009.

PACHECO, Lucas Pereira et al. **O processo de ensino-aprendizagem em um curso de engenharia mecânica: Uma perspectiva docente.** 2018.

PAZMINO, Ana Verônica. **Como se cria: 40 métodos para design de produtos.** São Paulo: Blucher, 2015.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michele. **Estruturas de aço: dimensionamento prático.** 9ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021. 357 p.

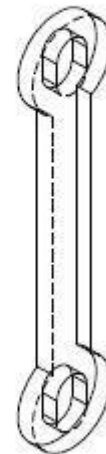
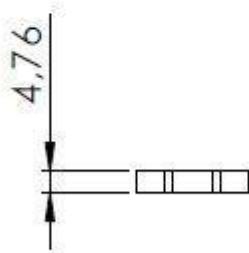
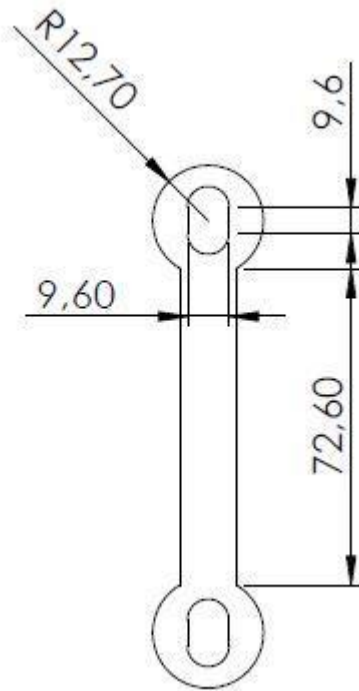
OLIVEIRA, V. F. et al. **Um estudo sobre a expansão da formação em Engenharia no Brasil.** Revista de Ensino de Engenharia, v.32, n.3, p.37-56, 2013.

ORLANDO, Diego; PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain. **Modelos Qualitativos de treliças planas: construção e aplicação no ensino da análise e comportamento estrutural.** COBENGE, 2001.

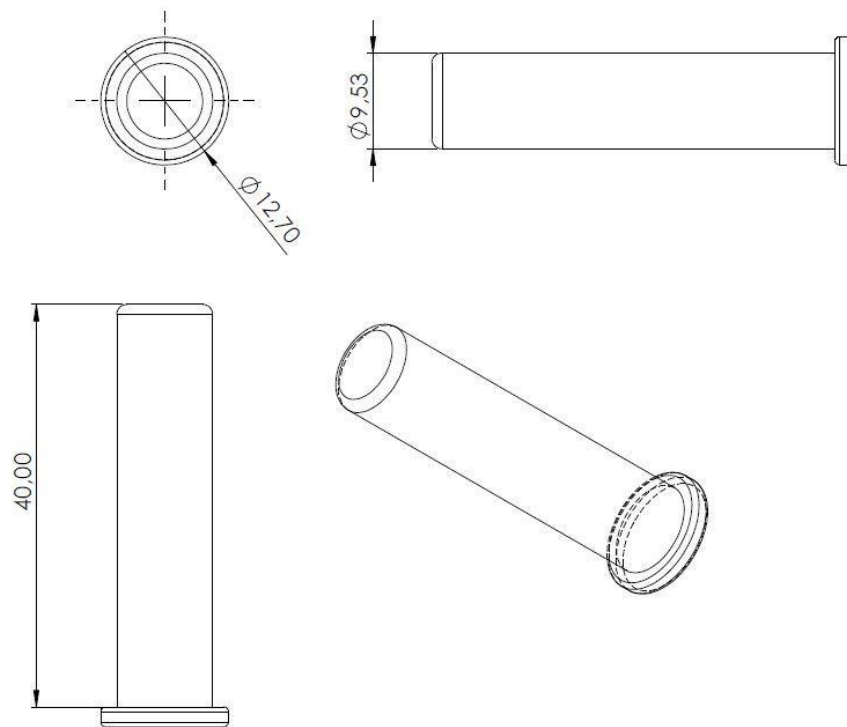
REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **Estruturas de aço, concreto e madeira: atendimento da expectativa dimensional.** São Paulo: Ziguarte, 2005. 373 p

Apêndice A: Detalhamento técnico das peças

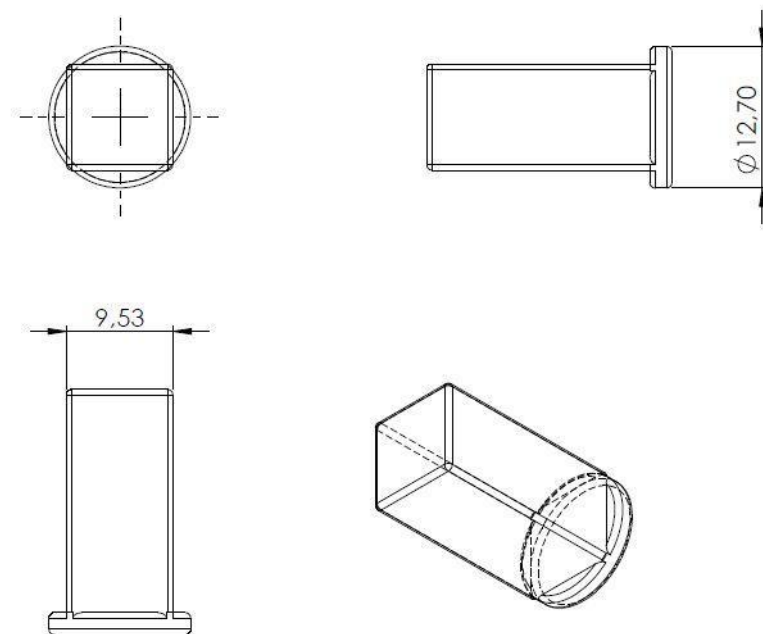
Barra modular.



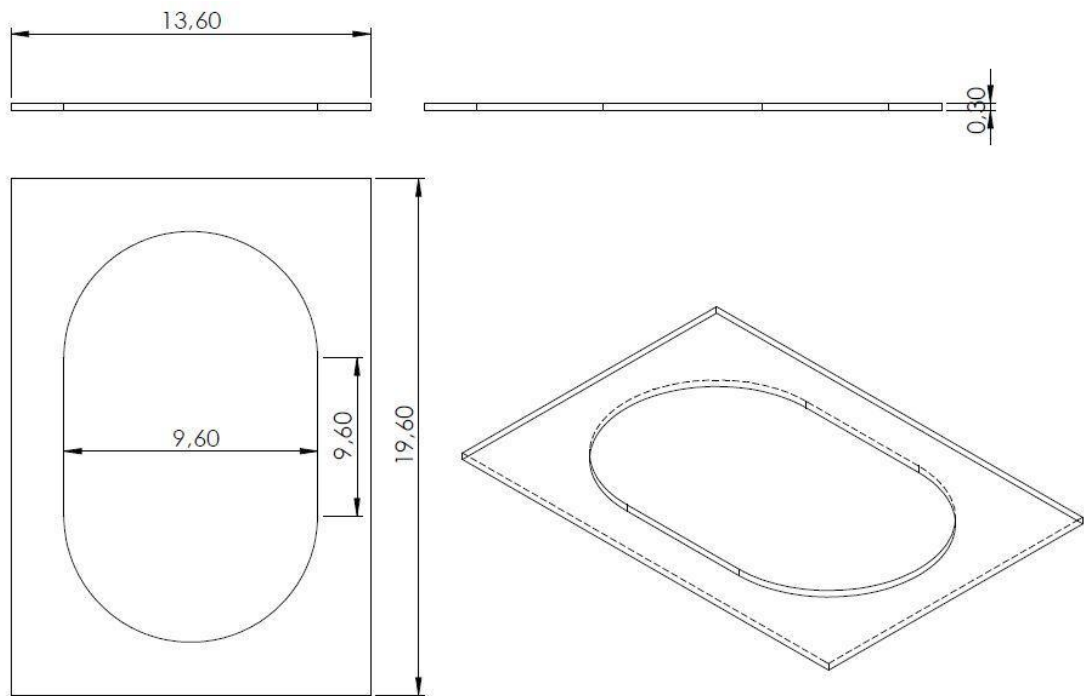
Pino de conexão rotulada.



Pino de conexão fixa.



Adesivo imantado.



Apêndice A: Imagens do modelo final



