



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Integração de conceitos de Mecânica Vetorial e Isostática com abordagem multidisciplinar: situações problema para o Ensino de Engenharia

Integration of Vector Mechanics and Isostatic concepts with a multidisciplinary approach: problem situations for Engineering Education

Tulio Meirelles Pinheiro¹, Sônia Elisa Marchi Gonzatti²

¹Engenheiro Civil, Mestre em Ensino de Ciências Exatas – Univates –
tulio.pinheiro@universo.univates.br

²Orientadora, Doutora em Educação – Univates – soniag@univates.br

Finalidade

O presente produto educacional apresenta uma proposta pedagógica para o ensino de Isostática, disciplina precursora dos estudos de estruturas no curso de Engenharia Civil, que visa integrar conhecimentos de Mecânica Vetorial e Isostática.

Dessa forma, propõe-se uma sequência de situações problema de caráter multidisciplinar, que integram conhecimentos de Mecânica Vetorial, como cálculo de reações de apoio, e de Isostática, relativos ao estudo de Esforços Solicitantes Internos (ESI) e seus respectivos diagramas de esforços.

Contextualização

O produto educacional em voga é proveniente de uma intervenção pedagógica que, em



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

função das contingências da pandemia e fatores institucionais, foram aplicadas em um curso de extensão de 16 horas. O curso contou com 26 participantes, no período de 30 de abril de 2022 a 28 de maio de 2022, na cidade de Goiânia – GO. O público-alvo consistiu de estudantes do curso de Engenharia Civil. As situações problema foram elaboradas pelo primeiro autor, sob orientação da segunda autora, inspiradas em referenciais teóricos sobre a interdisciplinaridade (SANTOMÉ, 1998) e prática colaborativa.

Insta salientar que a intervenção pedagógica que gerou este produto envolveu uma prática colaborativa entre dois professores da área de estruturas, aproveitando as diferentes especialidades e conhecimentos disciplinares para analisar e resolver problemas reais do contexto profissional, segundo uma perspectiva interdisciplinar. No entanto, tais atividades podem ser desenvolvidas por um único professor e em diferentes componentes curriculares do curso de Engenharia Civil, atendendo a distintos objetivos de aprendizagem.

As situações-problema, de natureza multidisciplinar, integram e retomam conceitos de diferentes disciplinas ligadas ao núcleo formativo da área de Estruturas. Desde conceitos de Física e Matemática Básicas, de Álgebra Linear, até Mecânica Vetorial e Isostática, os materiais desenvolvidos podem atender a diferentes objetivos de aprendizagem e serem replicados em distintos estágios formativos da matriz curricular de um curso de Engenharia Civil.

A referida intervenção foi proposta devido as inquietações do primeiro autor originadas de sua docência na disciplina de Isostática, após perceber que os estudantes possuem dificuldades em relacionar os conteúdos prévios com outras disciplinas dos conhecimentos do núcleo específico de estruturas. Essas inquietações encontram lastro nas reflexões de Oliveira e Pinto (2006), que afirmam que as escolas de engenharia, em sua maioria, formam profissionais a partir de currículos em que a sua organização dificulta a integração entre as disciplinas.

A partir disso, é possível perceber que a dificuldade dos estudantes de Engenharia Civil em integrar conteúdos de diferentes disciplinas é consequência de um ensino ainda fragmentado, embora algumas iniciativas de mudanças curriculares estejam em curso no Brasil.



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Esta fragmentação não é exclusiva de cursos de engenharia. Santomé (1998), problematiza que a fragmentação dos currículos em escolas e universidades é um traço da ciência positivista que inspirou a organização dos conhecimentos escolares ao longo de décadas.

Como tentativa de resposta a esta fragmentação, a Resolução Nº 2/2019 (BRASIL, 2019), que revisou as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, traz para o perfil dos egressos competências voltadas a uma visão holística e às perspectivas multidisciplinares e transdisciplinares em sua prática.

Sob essa perspectiva, de um currículo mais integrado, a Mecânica Vetorial e a Isostática devem proporcionar uma base consistente de conhecimentos para o aprofundamento das disciplinas estruturais específicas, já que a “eventual falha no aprendizado da Isostática tem danosas consequências em toda a sequência de aprendizado da área de conhecimento de análise e projeto de estruturas” (SORIANO; LIMA; FRIEDMAN, 2001, p.2). Portanto, é relevante, do ponto de vista do ensino e da aprendizagem, analisar as razões que causam essas dificuldades de aprendizado, para propor formas mais holísticas e integradoras de abordagem dos conteúdos ligados à Isostática e Estruturas.

Este Produto Educacional é destinado a professores da área de estruturas, no curso de Engenharia Civil, que procuram métodos para auxiliar os estudantes na integração de conhecimentos de Mecânica Vetorial aplicados à Isostática por meio de estratégias de ensino (situações problema) com abordagem multidisciplinar. Essas situações problema envolvem, inicialmente, uma análise dos conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos diferentes tipos de estruturas, as cargas aplicadas sobre elas, a identificação dos gêneros dos apoios que as suportam, tipos de ações (cargas) sobre estruturas, incluindo diferentes tipos de carregamentos distribuídos. Adiante, trata dos cálculos de reações de apoio, cálculos de esforços solicitantes internos (ESI) e, por último, os traçados dos diagramas de esforços. Importante salientar que as situações propostas podem ser adaptadas por professores conforme necessidades específicas.

Isto posto, espera-se que este material possa contribuir com as práticas pedagógicas de



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

outros professores, que compartilham dessas inquietações, e que intentam trabalhar os tópicos de Mecânica Vetorial na disciplina de Isostática em uma abordagem multi e interdisciplinar.

Objetivo

O objetivo desse produto educacional é propor situações problema, com abordagem multidisciplinar, que facilitem a integração de conceitos de Mecânica Vetorial e Isostática. Portanto, a sequência didática que será apresentada a seguir, constitui um material de apoio aos professores da área de estruturas, dos cursos de Engenharia Civil.

Detalhamento

O material utilizado na intervenção pedagógica consiste em seis situações problemas e uma situação problema com aplicação adaptada do trabalho de Sperb (2019). Dessa forma, o Quadro 1 apresenta a sequência didática exibindo os temas envolvidos em cada situação problema, segundo a ordem cronológica em que foram desenvolvidas.

Quadro 1 – Sequência das situações problema desenvolvidas na intervenção pedagógica

Situações problema elaboradas	Temas envolvidos
Situação Problema 1	Tipos de apoio (gêneros) e tipos de carregamentos em estruturas.
Situação Problema 2	Tipos de carregamento (pontual e distribuído), decomposição de vetores (cargas pontuais oblíquas).
Situação Problema 3	Carregamentos distribuídos (retangular, triangular e trapezoidal) e suas resultantes.
Situação Problema 4	Reações de apoio em vigas.
Situação Problema 5 – Partes I e II	Esforços solicitantes internos em vigas.
Situação Problema 6	Diagramas de esforço normal, cortante e momento fletor.
Situação Problema Aplicada	Arremate dos conteúdos apresentados nas situações problema anteriores

Fonte: Dos autores (2022)

As situações 1, 2 e 3 tem por objetivo examinar os conhecimentos prévios dos estudantes

e identificar as dificuldades conceituais existentes. Esse diagnóstico revela-se importante pois, ao inferir o nível de compreensão e domínio de conceitos de Mecânica Vetorial, o professor poderá ter ciência dos pontos mais sensíveis do aprendizado e adaptar as situações problema conforme as carências dos estudantes.

Situações problema 1, 2 e 3

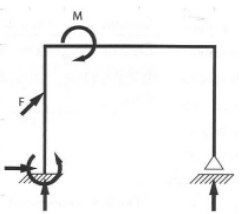
O foco dessas situações é verificar o nível de compreensão dos estudantes acerca dos diferentes gêneros de apoio e os tipos de carregamentos.

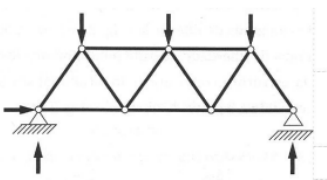
Figura 1 – Situação problema 1: tipos de estruturas, apoios e cargas.

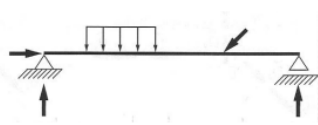
SITUAÇÃO PROBLEMA 1

1. Analise os esquemas estruturais a seguir:

Figura 1: Estruturas da situação problema 1

(I) 

(II) 

(III) 

- 1.1 Identifique cada estrutura. O que as diferenciam?
- 1.2 Para cada estrutura, determine as cargas sobre elas aplicadas.
- 1.3 Quais os gêneros dos apoios de cada estrutura?
- 1.4 Quais conteúdos do curso de Engenharia Civil foram necessários para responder os itens anteriores? Você se recorda em qual (is) disciplina (s) você estudou esses conteúdos?
- 1.5 Qual o seu grau de domínio e compreensão acerca desses conteúdos? Comente.
- 1.6 Quais conhecimentos prévios de Mecânica Vetorial você julga serem necessários para resolver essa situação?

Fonte: Dos autores (2022)

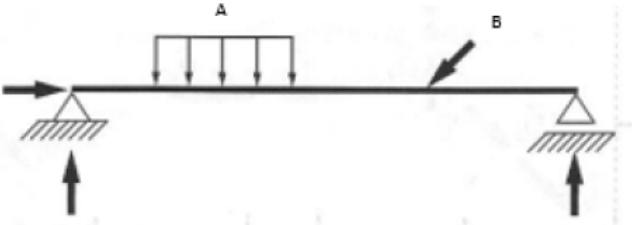
A situação problema 1 contém a parte introdutória de estruturas. Foram apresentados três tipos de estruturas diferentes – pórtico, treliça e viga –, estando cada uma delas sobre apoios de diferentes gêneros e sob diferentes tipos de ações (cargas).

Com intuito de verificar os conhecimentos dos estudantes a respeito dos diferentes tipos de estruturas, as cargas aplicadas sobre elas e a identificação dos gêneros dos apoios que as suportam, foram formuladas seis perguntas que, na intervenção pedagógica, foram respondidas individualmente e, a partir da análise das respostas, foi possível avaliar a necessidade ou não de ajustar as demais situações problema previstas e realizar uma discussão com todo o grupo.

Figura 2 – Situação problema 2: tipos de carregamentos sobre estruturas.

2. Diferenciar os variados tipos de carregamentos da Figura 2.

Figura 2: Viga bi-apoiada sob carregamentos



The diagram shows a horizontal beam supported by a pin support on the left and a roller support on the right. A distributed load, represented by a series of downward arrows, is applied to the top of the beam and labeled 'A'. A point load, represented by a single downward arrow, is applied to the top of the beam and labeled 'B'. The point load 'B' is shown at an angle to the beam's surface.

2.1 Quais critérios você utilizou para fazer essa diferenciação? Comente.

2.2 Em termos dimensionais, quais as unidades de medida para cada tipo de carregamento identificado?

2.3 Por que essas cargas são necessárias em uma estrutura?

2.4 Na situação de carregamento pontual "B", se a carga está a 30° em relação à superfície da estrutura e possui intensidade de 5kN, quais são as cargas efetivamente aplicadas perpendicular e paralela à superfície analisada?

2.5 Quais as teorias, conceitos ou equações, você precisou retomar para responder os itens anteriores?

2.6 Desses conceitos retomados, quais você considera mais difícil de compreender? Comente.

2.7 Desses conceitos utilizados, quais você considera que domina de maneira satisfatória? Comente.

Fonte: Dos autores (2022)

A situação problema 2 expõe um exemplo de uma viga (estrutura) submetida a uma carga distribuída retangular e uma carga pontual oblíqua (inclinada). A partir da análise dessas cargas, os estudantes devem responder algumas indagações, por meio das quais pretende-se observar o nível de compreensão e domínio sobre o tópico que, além de conhecimentos de Mecânica Vetorial, exige conhecimentos de decomposição de vetores.

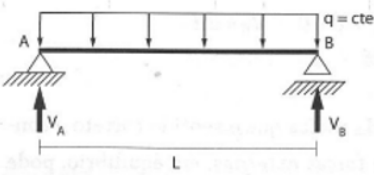
Figura 3 – Situação problema 3: Carregamentos distribuídos

SITUAÇÃO PROBLEMA 3

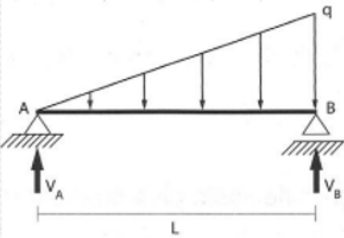
3. Observe e analise os carregamentos distribuídos da Figura 3.

Figura 3: Vigas bi-apoiadas sob carregamentos distribuídos.

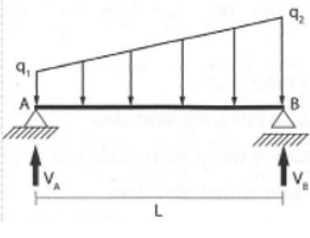
(I)



(II)



(III)



- 3.1 Diferencie cada tipo de carregamento distribuído.
- 3.2 Quais critérios você utilizou para fazer essa diferenciação? Comente.
- 3.3 Qual a condição básica para o cálculo das reações de apoio em cada caso?
- 3.4 Qual a posição da resultante em cada carregamento distribuído? Argumente.
- 3.5 Quais conhecimentos prévios de Mecânica Vetorial você julga serem necessários para responder os itens anteriores?

Fonte: Dos autores (2022)

Finalizando o exame dos conhecimentos prévios dos estudantes, a situação problema 3 apresenta três tipos diferentes de carregamento distribuído sobre vigas bi-apoiadas. Diante da análise das estruturas, os estudantes devem reconhecer cada carregamento e encontrar a(s)



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

resultante(s) em cada caso. Os questionamentos propostos nesta situação, visam auxiliar o professor em sala de aula para favorecer os estudantes na formação de um raciocínio integrador dos conceitos de Mecânica Vetorial e Isostática. Os estudantes precisam identificar e diferenciar os tipos de apoio e de carregamento, argumentar sobre os critérios a partir dos quais fizeram essa diferenciação e, por fim, analisar e explicitar quais são as condições que garantem a estabilidade de cada tipo de apoio/estrutura analisada.

Calha salientar que a principal dificuldade detectada nessas situações problema (1 a 3) foi a carência em definições de carga distribuída e oblíqua e, principalmente, a decomposição de vetores, conteúdo esse que não é visto apenas em nível de graduação, mas sim desde o ensino médio. Assim, sugere-se que sejam retomadas as técnicas trigonométricas (algébrica e geométrica), de decomposição vetorial, aplicadas a situações práticas de cálculo de reações de apoio.

Situação problema 4

O foco dessa situação é aplicar os conceitos revisitados nas situações problema anteriores para o cálculo de reações de apoio em uma viga bi-apoiada

Nessa situação problema, espera-se que os alunos apliquem os conceitos revisitados até então para calcular as reações de apoio da viga apresentada. Na intervenção realizada, os estudantes calcularam, individualmente, as reações de apoio de uma viga bi-apoiada sob ação de um carregamento distribuído trapezoidal e de uma carga pontual oblíqua e, em seguida, responderam a primeira proposição. Em um segundo momento, foi solicitado que os estudantes, em grupos, refletissem sobre as definições, conceitos e procedimentos que são necessários à resolução do problema. Foi proposto que registrassem suas reflexões na forma de um texto colaborativo.

A metodologia utilizada (texto colaborativo) visou explorar quais as definições, conceitos e procedimentos intervêm na resolução do problema que foi proposto (determinar as

reações de apoio). A Figura 4 apresenta a situação concebida.

Figura 4 – Situação problema 4: Cálculo das reações de apoio em vigas.

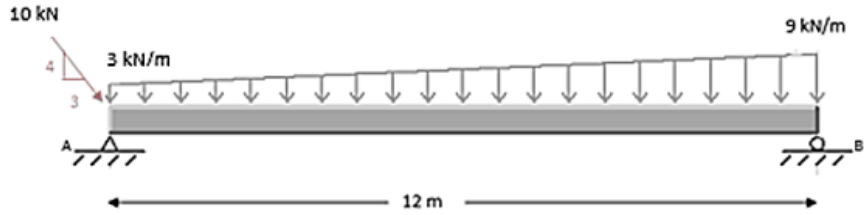
SITUAÇÃO PROBLEMA 4

4. Na estrutura apresentada na Figura 4, você precisa determinar as reações de apoio.

4.1 Por que isso é importante na prática da Engenharia Civil?

4.2 Quais definições, conceitos e procedimentos intervêm na resolução do problema proposto? Elabore suas proposições e argumentos na forma de um texto colaborativo.

Figura 4: Viga bi-apoiada sob carregamento distribuído trapezoidal e carga concentrada oblíqua.



Fonte: Dos autores (2022)

Esclareço que na experiência vivenciada na intervenção pedagógica, os textos elaborados se mostraram bastante heterogêneos. Alguns grupos utilizaram-se de um passo a passo para explicar como determinar as reações, sem a elaboração de um texto, estritamente falando. Outros grupos produziram textos sucintos e diretos que, ao mesmo tempo que incluíram áreas essenciais, não apresentaram todos os conceitos e teorias envolvidos na situação problema.

Por outro lado, houve grupos que conseguiram estabelecer um bom nível de argumentação, incluindo os elementos essenciais à análise do problema, ou seja, reuniram conteúdos conceituais e matemáticos que transitam entre diferentes disciplinas, revelando a

assertividade da situação problema em provocar algum nível de interdisciplinaridade na resolução de problemas típicos da engenharia.

Situação problema 5 – Parte I

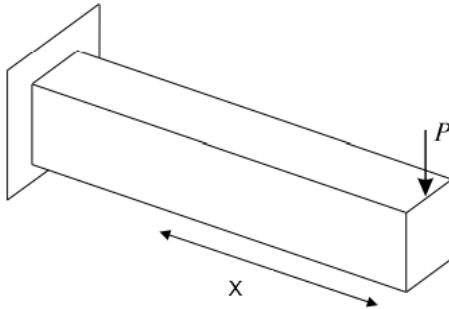
O foco dessa situação é estimular os estudantes, por meio de perguntas relacionadas a uma viga engastada, a raciocinar a respeito de esforços solicitantes internos.

Figura 5 – Situação problema 5 – Parte I: Análise de uma viga submetida a uma carga “P”.

SITUAÇÃO PROBLEMA 5 – Parte I

5. Analise a estrutura da Figura 5 e responda os questionamentos propostos.

Figura 5: Viga engastada sob carregamento pontual “P”.



5.1 Se o módulo de intensidade da carga “P” aumentar de forma contínua, em qual local da viga ocorrerá a ruptura? Justifique.

5.2 Por qual razão os maiores esforços nesta viga se darão no local da ruptura que você respondeu? Comente.

5.3 Se a carga “P” citada no item 5.1 for aplicada em outro ponto da viga, o que se altera na situação?

5.4 Quais definições e conceitos estudados no seu curso estão envolvidos na análise desta situação?

5.5 Se uma seção transversal for feita em um ponto “x” da viga, quais são os esforços solicitantes responsáveis pela sua estabilidade? Comente.

Fonte: Dos autores (2022)

A primeira parte da situação problema 5 apresenta uma viga engastada sob a ação de



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

uma carga pontual “P”. Os estudantes devem analisar o caso apresentado e identificar os pontos críticos da estrutura quando uma carga aplicada tem sua intensidade aumentada.

Nesse ponto, ao longo da aplicação dessa primeira parte, foi possível identificar a dificuldade que os participantes possuíam em aplicar conceitos vistos anteriormente – como aplicação de momento – no caso concreto. Embora muitos estudantes acertassem o que foi perguntado – onde ocorreria a ruptura -, eles não conseguiam explicar a razão para tal resposta.

Dessa forma, a partir da análise do modelo esquemático foi possível colher respostas a partir das proposições apresentadas e, a partir delas, discutir diversos conceitos que envolvem os ESI, como por exemplo o conceito de “momento”.

Foi possível identificar a partir de discussões no grande grupo que os estudantes possuem dificuldades de compreensão relacionadas aos conceitos de ESI. Destarte, é interessante retomar a definição de momento, sendo ele igual a carga aplicada multiplicada pela distância entre essa carga e o ponto de referência para o cálculo ($M_p = P \cdot d$, onde “ M_p ” é o momento em um determinado ponto (referência) da estrutura, “P” é a carga aplicada e “d” é a distância entre a carga e o ponto de referência). A partir dessa revisão, os alunos podem estabelecer conexões a respeito dos momentos máximos e, com isso, terem uma melhor compreensão do local de ruptura da estrutura, conforme perguntado na situação problema.

Desse modo, percebe-se que o conceito de ESI pode ser considerado um conceito estruturante, pois envolve vários outros conceitos interligados para interpretar e modelar situações que o envolvem. Assim, é possível inferir que, quanto mais avança o nível de complexidade de um problema, surgem maiores dificuldades para resolver/analisar a pleno um problema envolvendo ESI. Portanto, a compreensão desse tema, exige articulação entre diferentes conceitos e modelos, tanto físicos quanto matemáticos.

Situação problema 5 – Parte II

O foco dessa situação é aplicar os conceitos estudados na primeira parte da situação problema 5 para calcular as reações de apoio e os esforços solicitantes internos em uma viga.

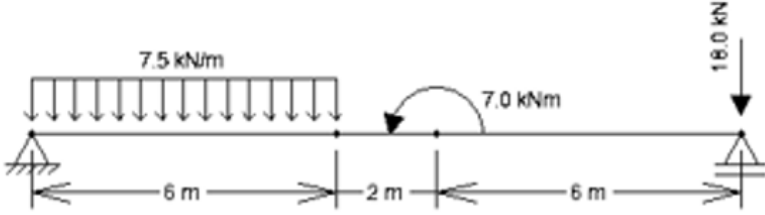
Figura 6 – Situação problema 5 – Parte II: Aplicação – cálculo dos esforços solicitantes internos em vigas.

SITUAÇÃO PROBLEMA 5 – Parte II

APLICAÇÃO

Analise a estrutura da Figura 6, calcule suas reações de apoio e os esforços solicitantes internos. Em seguida, responda as perguntas propostas.

Figura 6: Viga bi-apoiada sob carregamentos distribuído retangular, momento aplicado e carga concentrada.



a) Quais definições, conceitos e procedimentos você precisa dominar para resolver a situação?

b) Em quais disciplinas do curso de Engenharia Civil você estudou esses conhecimentos?

c) Na época que você estudou esses conceitos e procedimentos você percebeu que eles têm conexão entre si?

Fonte: Dos autores (2022)

A segunda parte da situação problema 5 envolve uma aplicação de tudo o que foi apresentado até o momento. Trata-se de um exercício contendo uma viga bi-apoiada, sob alguns carregamentos, em que os estudantes devem identificar os apoios, os carregamentos e calcular as reações de apoio. Em seguida, eles devem aplicar o método das seções para calcular os ESI



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

da estrutura indicada e, por fim, responder às três proposições apresentadas.

Importante apontar que a resolução do exercício em si não foi o foco da situação, mas as respostas das três arguições, visto que alguns participantes não haviam cursado a disciplina de Isostática, que aprofunda o estudo de reações de apoio em estruturas e ensina Esforços Solicitantes Internos, enquanto em Mecânica Vetorial apenas os conceitos de reações de apoio são vistos.

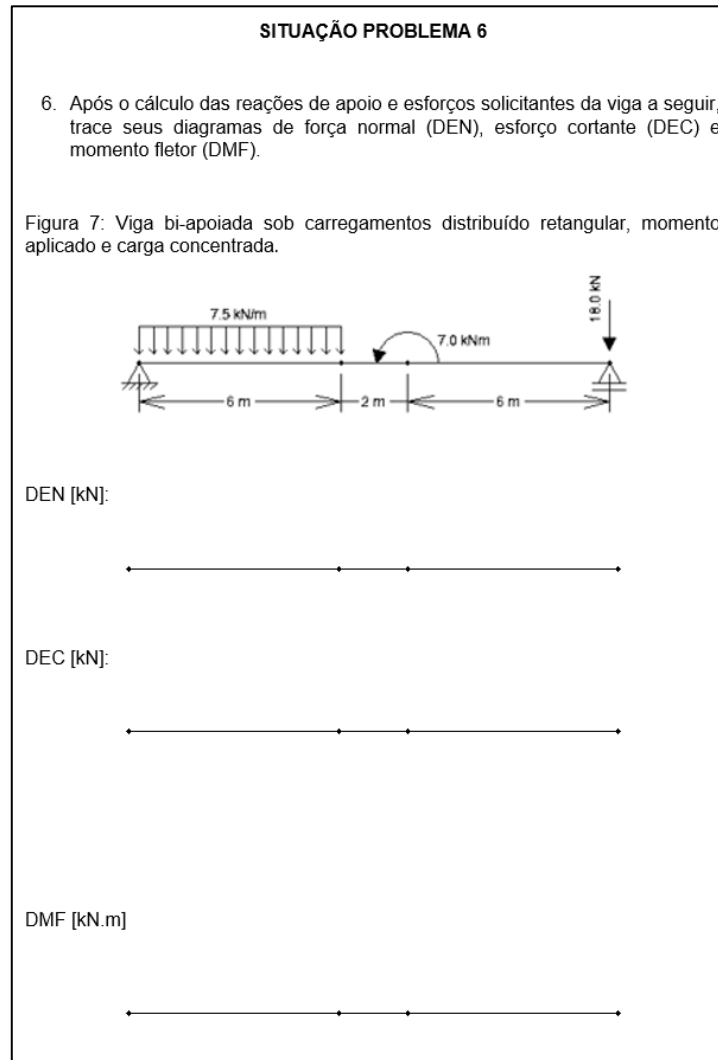
Desse modo, foi possível observar durante essa aplicação que os participantes perceberam, em sua maioria, que as definições e conceitos necessários para resolver a situação proposta são aquelas estudadas e revisadas ao longo do curso de extensão (tipos de carregamento, gêneros de apoio, reações de apoio etc.), que por sua vez, foram abordadas em disciplinas como Mecânica Vetorial, Isostática, Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas. Entretanto, poucos deles perceberam uma conexão entre os conceitos e procedimentos quando cursaram a disciplina de Isostática.

Nesse diapasão, esse resultado demonstra a importância deste produto educacional. Conforme explorado por Bandeira, Chivante (2006), a multi e a interdisciplinaridade estão intrínsecas entre as disciplinas que orbitam a Isostática, entretanto, os alunos não as percebem de imediato, e parte disso pode ser atribuído à desarticulação curricular. Dessa forma, é “imprescindível que as disciplinas envolvidas tentem trabalhar uma metodologia comum, que equalize as diferenças, transformando-as em semelhanças (PAVANELO; GERMANO; FREITAS-LEMES, 2017, p. 138).

Situação problema 6

O foco dessa situação é traçar os diagramas de esforços normal, cortante e de momento fletor a partir dos cálculos de esforços solicitantes internos.

Figura 7 – Situação problema 6: traçados de diagramas de esforços solicitantes.



Fonte: Dos autores (2022)

Embora o exemplo trabalhado na situação problema anterior seja o mesmo da situação problema 6, neste momento devem ser abordados os conceitos e condições necessários para traçar os diagramas de esforço normal, cortante e momento fletor. Ou seja, após os cálculos dos ESI da viga, deve-se traçar os seus respectivos diagramas.

Sugere-se que antes da aplicação seja realizada uma discussão dos conceitos inerentes ao assunto, explicada a importância dos traçados dos diagramas e como eles se aplicam na



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Engenharia Civil, visando facilitar o aprendizado dos futuros profissionais. Dessa forma, essa situação problema tem por objetivo a compreensão dos estudantes de que os diagramas de ESI de uma estrutura são traçados em que se demonstra graficamente como cada um dos ESI varia ao longo das barras de uma estrutura sob ações.

Na intervenção pedagógica, essa situação problema foi realizada em conjunto, em um grande grupo, de forma que os participantes, ao longo da explicação, poderiam sanar as dúvidas de como traçar os diagramas. No entanto, esta estratégia pode ser modificada, a critério de cada professor.

Nesse sentido, para traçá-los, foi explicado que os conceitos de matemática básica deveriam ser revisitados visando saber qual o traçado-gráfico em cada seção. No cálculo dos esforços solicitantes internos, seguindo as equações da estática, encontraram-se equações, que eram de primeiro grau, de segundo grau ou uma constante. Ou seja, a partir do grau da equação encontrada foi possível reconhecer qual gráfico deveria ser utilizado na seção. Nesse sentido, o estudante deve avaliar a função encontrada nos cálculos dos ESI em cada seção para identificar qual o traçado naquela parte do diagrama. Dessa forma, fazendo em conjunto, em um grande grupo, visando incluir aqueles participantes que não viram esses conceitos, foram traçados os diagramas.

Outro ponto a ser explorado refere-se aos possíveis momentos máximos existentes nos traçados. Nesse caso, é importante revisar conceitos da própria Isostática e lembrar os estudantes que o momento em uma estrutura é máximo quando a cortante é zerada, ou seja, ao traçar o diagrama de esforço cortante e uma reta cortar o seu eixo, neste exato ponto existirá um momento máximo. Interessante pontuar que nem todos os diagramas de esforço cortante terão essa característica de cortar o seu eixo, logo, nem sempre existirá momento máximo.

O que se procurou com a situação problema 6 não foi somente traçar os diagramas, mas compreender todos os conceitos envolvidos, desde a análise dos carregamentos e apoios, passando pelas reações de apoio e pelos cálculos dos esforços solicitantes internos para, enfim, traçá-los. Dentro do debate entre o grande grupo, os professores apresentaram uma ideia de

sequência para a resolução de exercícios semelhantes, considerando tudo o que foi exposto desde o primeiro encontro do curso de extensão.

Situação aplicada do modelo criado por Sperb (2019) - adaptado

A aplicação deste modelo real visa abrir uma discussão para conferir se os estudantes conseguem extrair da fachada apresentada os elementos que foram trabalhados na sequência didática composta pelas situações problemas anteriormente apresentadas.

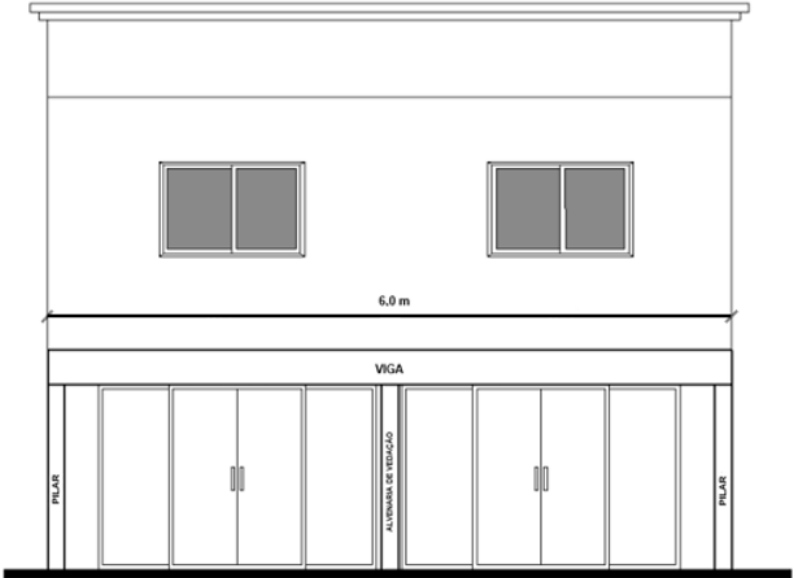
Figura 8 – Situação problema com aplicação

A seguir, tem-se um modelo de fachada. Sabendo que a superestrutura possui uma carga distribuída uniforme de 20kN/m, desenvolva em trios:

Obs.: Registre todas suas hipóteses e soluções para cada um dos itens.

- O modelo esquemático da viga que suporta a superestrutura.
- Calcule suas reações de apoio.
- Calcule os esforços solicitantes internos presentes na viga em estudo.
- Trace os diagramas de esforço cortante e momento fletor, evidenciando seu momento fletor máximo.

Figura 8: Fachada de edificação de um pavimento.



Fachada

Fonte: Dos autores (2022)



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Com intuito de inserir os conteúdos trabalhados na sequência didática composta pelas situações problema apresentadas em um modelo real prático, foi criada uma situação aplicada que consiste em uma fachada de edificação de um pavimento, modelo este proveniente e adaptado do trabalho de Sperb (2019).

Importante pontuar com os estudantes que a fachada possui dois pilares e, no centro, uma alvenaria de vedação que não possui função autoportante, ou seja, no centro não existe um apoio. Além disso, sugere-se que o professor explique as possíveis combinações de gêneros de apoios que podem ser realizadas, focando, entretanto, em um modelo isostático, respeitando as condições necessárias para tal. Portanto, ao optar por dois apoios de segundo gênero, a modelagem do problema seria hiperestática. De outro tanto, para poder analisar a situação nos moldes do que foi explicado até o momento (viga isostática), o ideal seria escolher um apoio de primeiro gênero e outro de segundo gênero.

Os estudantes devem colocar mais uma vez todos os conceitos abordados, a iniciar pela identificação do carregamento existente sobre a viga (superestrutura), representado por um carregamento uniformemente distribuído. Em seguida, deve-se encontrar a resultante deste carregamento, sendo esta numericamente igual à geometria do carregamento. A partir daí, no item “b”, realiza-se os cálculos das reações de apoio, por meio das equações da estática e, no item “c”, calcula-se os esforços solicitantes internos da viga. Por último, os estudantes devem traçar os diagramas de esforço cortante e momento fletor (por não haver esforço normal, não é necessário calcular esforços solicitantes internos provenientes da força normal) e, ainda, calcular o momento fletor máximo da estrutura.

No curso de extensão, após o término das explicações sobre o traçado dos diagramas de esforços, os professores utilizaram esta aplicação para introduzir, de forma superficial, alguns conceitos da disciplina de Concreto Armado II, explicando aos participantes a respeito da função do aço no tipo de estrutura apresentada, evidenciando que as práticas interdisciplinares e colaborativas podem auxiliar no ensino não apenas de Isostática, mas de outras disciplinas do currículo de engenharia.



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Nesse enredo, destaca-se que tudo o que foi abordado no curso, por intermédio das situações problema, foi utilizado nessa modelagem, que trouxe um caso concreto (modelo de fachada) para que os participantes pudessem pensar como seria o seu modelo esquemático e, com isso, pudessem efetuar o que lhes foi proposto.

Resultados obtidos

O tema apresentado neste produto educacional é pouco investigado no contexto da Educação em Engenharia, o que corrobora a sua importância e as potenciais contribuições para esta área.

As situações problemas aqui elencadas revelaram informações pertinentes a respeito da carência de integração de conhecimentos de Mecânica Vetorial aplicados à Isostática. Elas foram responsáveis por provocar nos estudantes do curso de extensão, contexto da intervenção pedagógica, um discernimento acerca da gama de conceitos e processos envolvidos, fazendo com que eles fossem capazes de reconhecer suas próprias dificuldades e, a partir disso, revisar conceitos por intermédio da revisão realizada pelos professores.

Nesse trilhar, as primeiras três situações problema foram responsáveis por diagnosticar os conhecimentos pretéritos dos estudantes. Foi possível identificar dificuldades em decomposição de vetores – procedimento necessário para análise e determinação de carga pontual oblíqua –, além de identificar as resultantes de cargas distribuídas e suas posições na estrutura. Ainda, como as situações problemas são munidas de questionamentos, os estudantes tiveram a oportunidade de avaliar o grau de domínio e compreensão que julgavam ter a partir das situações propostas. Assim, por meio de autocrítica e de reflexão, perceberam as próprias dificuldades.

A partir disso, foi notório que, à medida que os temas abordados se desenvolvem e, conseqüentemente, ficam mais complexos, as dificuldades apresentadas pelos estudantes aumentaram. Isso porque conteúdos mais complexos, como o caso dos esforços solicitantes internos e seus diagramas de esforços, demandam maior grau de integração entre conceitos para



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

sua análise e resolução. Sendo assim, esses conteúdos exigem maior nível de integração com outros conceitos. Por consequência, para sua compreensão, são exigidas articulações entre diferentes definições e modelos, tanto físicos quanto matemáticos.

Dessa feita, os questionamentos propostos em cada uma das situações problema, somados às discussões estabelecidas entre professores e alunos, facilitaram a integração de conhecimentos não apenas de Mecânica Vetorial e Isostática, mas também de Física e Matemática. Diante disso, ficou demonstrada que a opção por empregar situações problema com abordagem multidisciplinar é assertiva, sendo possível empreender a justaposição de diferentes disciplinas que possuem entre si algum grau de comunicação, caracterizando assim, uma abordagem que contempla traços pluridisciplinares.

A mediação realizada por dois professores conferiu aos participantes do curso, além de duas maneiras diferentes formas de explicação, a promoção de alguma justaposição de disciplinas conforme proposto na abordagem interdisciplinar (SANTOMÉ, 1998), de forma que eles conseguiram interagir com a situação problema em estudo e a explicação dos professores.

Evocando a interdisciplinaridade e a prática colaborativa, preceitos que motivaram a elaboração deste produto educacional, e que se articulam às suas intencionalidades, cabe ressaltar que as situações aplicadas são particularmente potentes para evidenciar as interrelações entre conceitos, fenômenos e processos de diferentes campos disciplinares.

A partir da aplicação das situações problemas apresentadas e explicadas nesse texto de apoio, verificou-se que elas foram capazes de proporcionar vivências que aperfeiçoaram a experiência pedagógica docente, visto que a prática colaborativa com abordagem multidisciplinar foi inédita e produziu valiosos resultados a partir dos dados coletados na intervenção pedagógica.

Em arremate, foi possível perceber o desenvolvimento dos estudantes que participaram do curso de extensão na integração dos conhecimentos explorados, que superou a fragmentação de conhecimentos ainda evidenciada em cursos de Engenharia.



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Referências

BANDEIRA, A. A., CHIVANTE, M. R. P. **A interdisciplinaridade do ensino de elementos finitos no curso de Engenharia Civil: aprendizagem e aspectos pedagógicos utilizando a ferramenta computacional ANSYS.** In: XXXIV COBENGE – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. **Resolução nº 2, de 24 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.** 2019. Brasília: Ministério da Educação, 2019. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=112681-rces002-19&category_slug=abril2019-pdf&Itemid=30192. Acesso em 16 de abril de 2021.

PAVANELO, E; GERMANO, J. S. E; FREITAS-LEMES, P. L. **A interdisciplinaridade em cursos de engenharia.** Rev. Docência Ens. Sup., Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 130-148, jul./dez. 2017

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade: o currículo integrado.** Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1998.

SORIANO, H. L; LIMA, S. S; FRIEDMAN, S. **Sobre o Ensino de Isostática.** VII Encontro Ensino em Engenharia, 2001. Disponível em <http://www.dee.ufrj.br/VIIIEEE/VIIEncontro/arquivos/18.pdf>. Acesso em 19 de abril de 2021.

SPERB, H. H. **O uso de tecnologias digitais no ensino de Mecânica Estrutural para a visualização dos momentos atuantes em modelos estruturais.** 2019. 97fl. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Exatas, Universidade Vale do Taquari - UNIVATES, Lajeado-RS, 2019.