



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

ESTUDO DAS PROPRIEDADES DOS MOMENTOS FLETORES POR INTERMÉDIO DO *SOFTWARE* FTOOL

STUDY OF THE BENDING MOMENTS PROPERTIES THROUGH FTOOL SOFTWARE

Henrique Hickmann Sperb¹, Rogério José Schuck²

¹Engenheiro Civil, Mestre em Ensino de Ciências Exatas - Univates - hsperb@univates.br

²Doutor em Filosofia - Univates - rogerios@univates.br

Finalidade

O presente trabalho apresenta uma proposta pedagógica para o ensino de Mecânica Estrutural, sendo o principal foco as propriedades dos Momentos Fletores em diagramas de esforços bidimensionais por meio do *software* Ftool.

Contextualização

A capacidade computacional dos dispositivos eletrônicos aumentou exponencialmente nas últimas décadas. Assim, os preços dos aparelhos caíram vertiginosamente, facilitando o ingresso das pessoas ao mundo digital e traçando um novo curso ao desenvolvimento da sociedade, tanto economicamente quanto culturalmente (LÉVY, 1999). Por conseguinte, o acesso à informação ocorre de maneira cada vez mais rápida e autônoma.

Acompanhando esse movimento digital, as tecnologias de ensino também ampliaram suas fronteiras, conforme Dullius e Quartieri (2014, p. 5) expressam: “A inserção do



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

computador nas escolas, como instrumento de ensino adicional às aulas convencionais, cresce progressivamente em todo mundo”. Ademais, como os alunos, em sua maioria, são o que Prensky (2001) nomeia de “nativos digitais”, os docentes precisam adaptar sua prática a essa expansão digital. Conforme Andrade (2003, p. 58) explica, a educação “requer novas estratégias, metodologias e atitudes que superem o trabalho educativo tradicional ou mecânico”. No entanto, as tecnologias não pretendem substituir os métodos convencionais, visto que esses ainda continuam sendo utilizados. Porquanto, a intenção é justamente desenvolver um sistema em que haja uma complementação entre os tipos de tecnologias, novas e tradicionais, de forma a tornar mais eficazes os processos de ensino e de aprendizagem (TEDESCO, 2004).

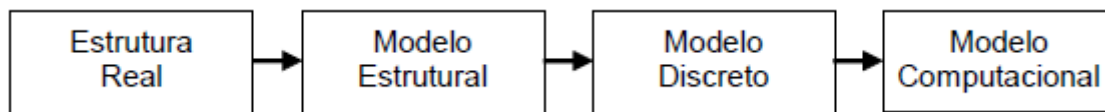
Outrossim, em cursos de formação profissional as questões devem ser, sempre que possível, contextualizadas com a atividade prática, cumprindo com as expectativas dos futuros profissionais (SILVEIRA, 2003; VALENTE, 1999). Nesse aspecto, o uso de simulações digitais pode contribuir para a construção do conhecimento pelos estudantes, pois eles podem alterar valores e variáveis e observar as alterações nos resultados. Apesar de que as simulações não devem substituir integralmente a realidade que elas representam, é pertinente que elas permitam abordar experiências muito difíceis ou impossíveis de realizar na prática, ora por serem muito perigosas ou muito rápidas (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Concordando com Moran (2007), não é recomendado que as simulações digitais sejam entendidas como substitutas de planejamento pedagógico, e sim como complementares a ele. A organização da atividade deve possuir uma finalidade bem definida, pois “[...] na ausência de objetivos mais claros, o que pode acabar acontecendo é um trabalho com o *software* pelo *software*, ou com computador pelo computador” (BARANAUSKAS et al, 1999, p. 84). Pertinentes são, portanto, as palavras de Vicinguera (2002, p. 83): “[...] a inserção de computadores nas escolas não trará os benefícios que esperamos, se os professores e a comunidade não forem devidamente conscientizados e preparados para utilizar o computador de maneira correta na realização de suas atividades”.

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

As simulações são ferramentas amplamente utilizadas em análise estrutural e podem possuir uma importante função pedagógica. A análise estrutural contemporaneamente trabalha com quatro níveis de abstração, apresentados na Figura 1. A estrutura real é transcrita em um modelo estrutural, ou seja, um modelo analítico que representa matematicamente a estrutura sendo analisada. Esse modelo estrutural é processado de acordo com um modelo discreto, que define quais métodos de cálculo serão utilizados, como por exemplo, o Método da Rigidez Direta ou o Método dos Elementos Finitos. Por fim, os modelos estruturais e discretos podem ser simulados em um modelo computacional, o que garante uma análise mais ágil e abrangente do modelo estrutural através de diversos modelos discretos diferentes (MARTHA, 2000).

Figura 1 - Quatro níveis de abstração para uma estrutura na análise estrutural



Fonte: Martha (2000, p. 3)

Entretanto, raramente as atividades desenvolvidas em sala de aula são planejadas em consonância com o uso das tecnologias. A preocupação com a inserção de novas metodologias, sobretudo as digitais, existe nos cursos superiores, mas, usualmente, os professores e os currículos preocupam-se com a inserção de novas tecnologias apenas como um adereço, em busca de uma participação maior e mais ativa por parte dos estudantes, sem levar em consideração o potencial fim dessa aplicação. Ou seja, introduz-se um *software* capaz de realizar diversas funções e demonstra-se de que maneira essas funcionalidades são acessadas, como uma espécie de “manual do usuário” (ROCHA, 2008). Assim, este produto educacional aborda um caráter de finalidade da utilização de um programa de modelagem, apresentando o *software* como o meio para se chegar ao fim desejado: a construção de conceitos sobre a atuação das forças em uma estrutura.



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

O trabalho aqui descrito dá ênfase nos quesitos de montagem da estrutura, ou seja, em sua morfologia, destinando o cálculo das reações e das forças ao programa. A utilização de um programa para o cálculo dos pórticos dá uma maior agilidade à realização das tarefas, dispensando o cálculo manual para cada caso individual. Dos *softwares* educacionais de simulação estrutural disponíveis, a escolha para esse trabalho foi o Ftool. Ele é destinado à simulação e análise de pórticos planos, com objetivo principal a simples prototipação de estruturas (ALIS, 2005). Portanto, com a utilização de um simulador, diversos conceitos de mecânica estrutural podem ser abordados, exemplificando as conjunturas dos modelos estruturais e permitindo o estudante a traçar suas observações sobre os resultados obtidos, concordando com Valente (1999), que argumenta sobre a implicação de entender os recursos computacionais como uma nova maneira de construir o conhecimento, remodelando os saberes em busca de novas ideias.

Assim, o produto apresentado neste estudo consiste em uma atividade prática aplicada em uma oficina, com duração de 3 horas, ofertada para 45 alunos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo, da Universidade do Vale do Taquari - Univates. A investigação se passou no decorrer do primeiro semestre letivo de 2019, através do desenvolvimento de uma prática pedagógica envolvendo temas de mecânica estrutural. Essa atividade teve como ferramenta de apoio o *software* de simulação Ftool. A metodologia empregada busca propiciar uma construção de conhecimento mais ampla acerca do conteúdo trabalhado, abrangendo os resultados que podem ser obtidos através da utilização de *softwares* como parceiros no processo de ensino e de aprendizagem.

Objetivos

O objetivo geral deste produto educacional é apresentar e divulgar uma sequência didática, com base em um *software* de interação gráfica, e como ela pode auxiliar os estudantes a visualizar e antecipar o comportamento dos momentos fletores em uma estrutura.



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

Detalhamento

A proposta pedagógica é composta por resoluções de um modelo estrutural que sofre modificações ao decorrer das atividades. Após o cálculo e análise dos esforços solicitantes, os estudantes responderam uma série de questões quanto aos fenômenos observados, associando os resultados obtidos com a sua experiência prévia, de maneira que componham suas próprias conjecturas. Contudo, antes do cumprimento da prática, foi resolvido um exercício em conjunto com a turma para apresentar as funções do programa, necessárias para o desenvolvimento das construções espaciais. Um manual demonstrando a operação de algumas das ferramentas básicas do Ftool pode ser encontrado no Apêndice B. A lista completa desses exercícios pode ser visualizada no Apêndice A.

As atividades consistem em uma simulação de uma sucessão de eventos, onde o sujeito é o responsável técnico por uma estrutura e deve responder ao proprietário da obra uma série de questionamentos. A oficina aconteceu em um laboratório de informática da Universidade e, em decorrência de sua capacidade, cada participante detinha seu próprio computador para realizar as atividades individualmente. Os 45 participantes estavam divididos em 2 turmas, uma de 25 e outra de 20 estudantes. Porventura, o trabalho também pode ser realizado em duplas, trios ou grupos, caso não haja disponibilidade de computadores.

A sequência de atividades descrita nesse produto foi originalmente aplicada de terça-feira a sexta-feira no período vespertino da última semana de maio de 2019, com um encontro por dia de duração de 1 hora e 30 minutos, resultando em 2 encontros para cada turma. No primeiro encontro de cada turma, foram designadas as atividades 1 e 2, e as atividades 3, 4, 5 e o fechamento no segundo encontro. Caso haja a possibilidade, a Atividade 3 pode ser trabalhada também na primeira metade da oficina ou aula, contudo, isso depende da velocidade de construção do diagrama de esforços na Atividade 1. Após a conclusão de cada atividade, as respostas eram recolhidas a fim de evitar que os alunos reescrevessem as suas respostas após a resolução do exercício. Após isso, a solução da atividade era demonstrada e os conceitos socializados antes de começar a próxima tarefa.



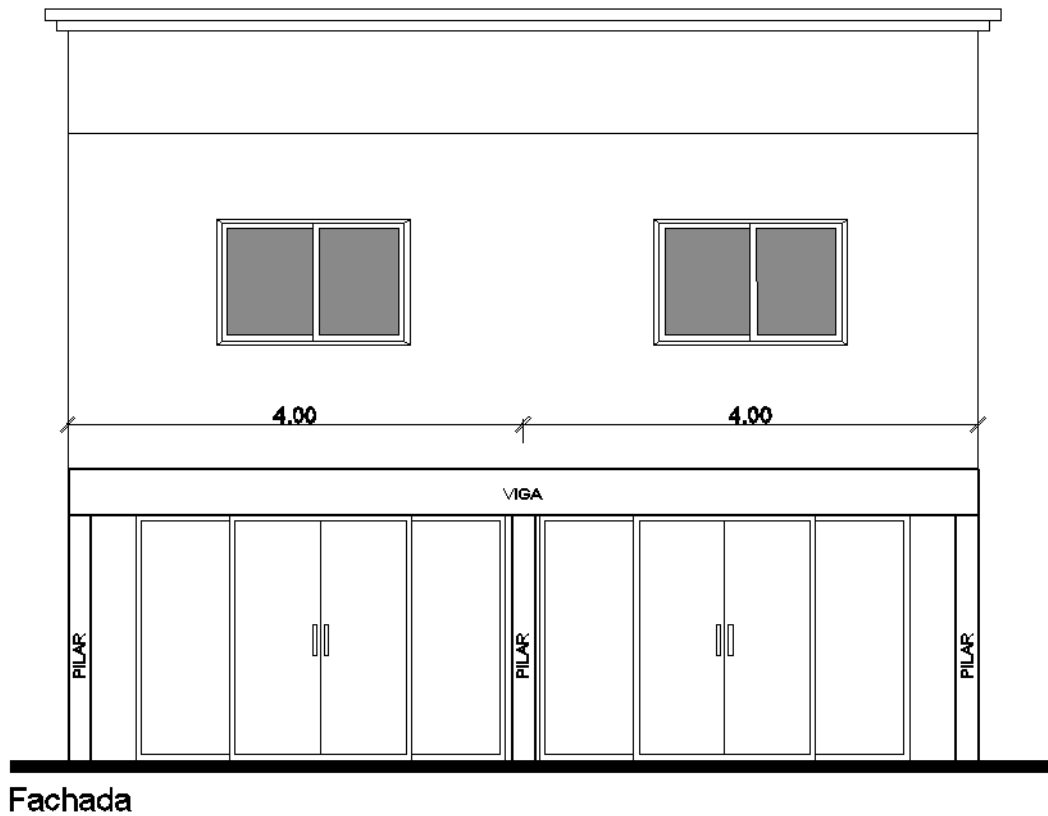
UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Os dados foram coletados por meio das respostas discursivas apresentadas pelos alunos, verificando se atingiram os objetivos pretendidos em cada atividade, reforçando o método de “escrever para pensar” de Galiazzi e Moraes (2002). Os exercícios respondidos em cada aula abordam somente os conceitos de momento fletor, deixando os esforços cisalhantes e normais para futuras pesquisas. Enfatiza-se o uso da escrita como método didático, uma vez que durante o desenvolvimento da oficina, as respostas dos participantes, ao decorrer das atividades, tornavam-se cada vez mais complexas e elaboradas.

No primeiro encontro foram apresentadas as atividades aos alunos, esclarecendo seus objetivos e duração. Uma vez que todas as dúvidas sobre o trabalho foram sanadas, cada aluno recebeu uma cópia dos Questionários e Atividades, apresentados no Apêndice A. Assim, começou a Atividade 1, a criação do diagrama de esforços baseado na fachada apresentada na Figura 2. Isso foi realizado em conjunto com a turma e seu objetivo era apresentar as ferramentas básicas do Ftool para os discentes, necessárias para a realização das demais atividades posteriormente. Em associação a tarefa em conjunto, foi conduzido um diálogo sobre a importância das ferramentas digitais no cotidiano de um profissional da construção e como se dão os passos de transposição de um modelo real para uma simulação gráfica, como descrito por Marhta (2000). Feito isso, foi apresentado o projeto estrutural a ser analisado e foram dadas as diretrizes para a criação de seu diagrama de esforços no Ftool, assemelhando-se ao fim com a Figura 3.

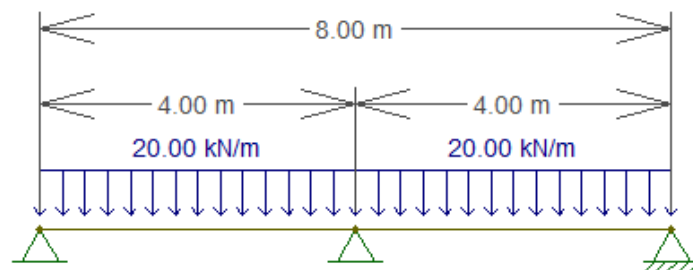
UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Figura 2 - Fachada da Atividade 1



Fonte: dos autores (2019).

Figura 3 - Diagrama de esforços inicial, Atividade 1

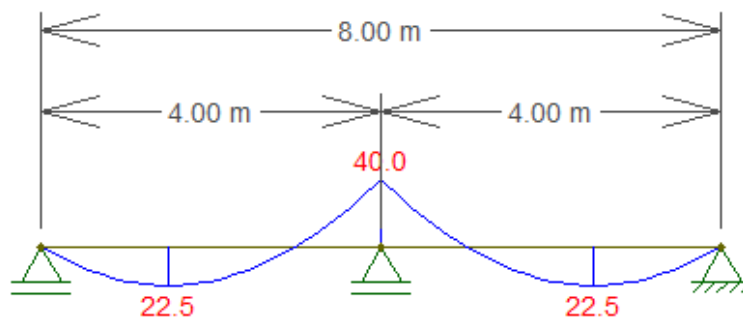


Fonte: dos autores (2019).

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

A partir do diagrama formado na Figura 3, começa a Atividade 2 na qual o proprietário da obra questiona a importância das barras de aço negativas. Inicialmente, com base no modelo gerado, os participantes da oficina devem responder ao proprietário que a sua fala sobre a armadura negativa só é válida em situações de dois apoios. Entretanto, como o modelo em questão possui três apoios, a ferragem negativa torna-se a mais solicitada, resistindo ao momento mais alto do sistema, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Diagrama de forças e momentos máximos resultantes



Fonte: dos autores (2019).

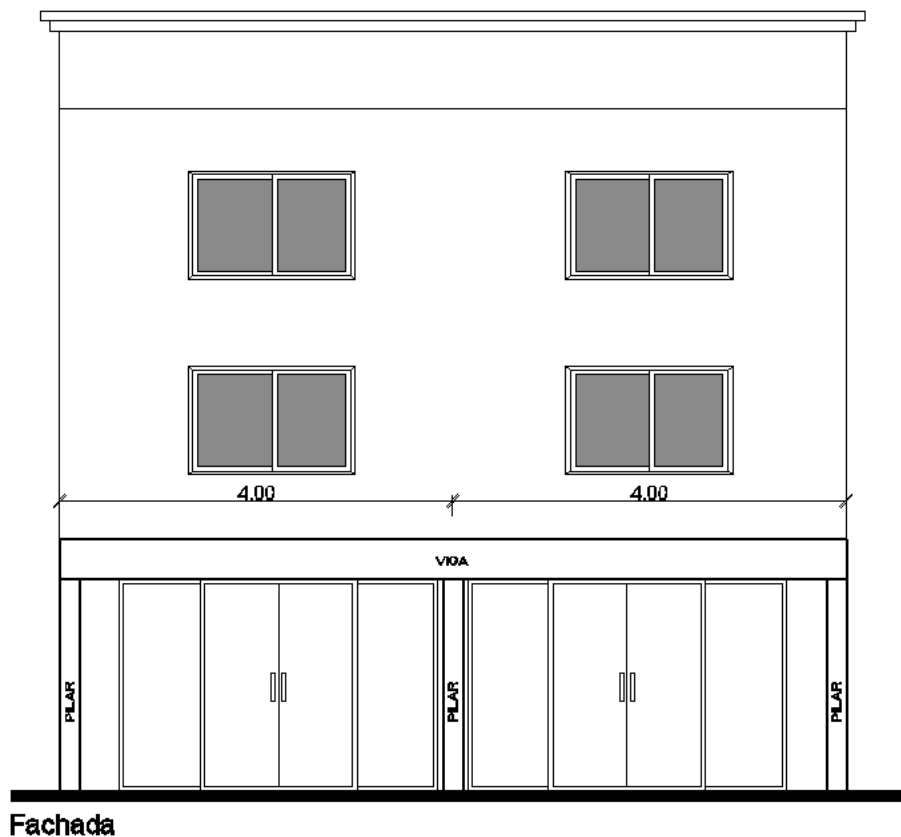
O objetivo da elaboração desta atividade, em vista disso, é fazer com que os estudantes se questionem quanto a finalidade da armadura na parte superior da viga, tal seja, a armadura negativa. Assim, mediante a visualização das reações na estrutura construída no *software*, cada participante deve elaborar uma resposta dissertativa que justificasse os reforços de aço na parte superior da viga. Esse método de resposta dissertativa entra em consonância com os ideais de Bagno (2007), quando justifica que para que os alunos tenham sucesso em sua atividade futura, é indispensável que eles saibam se expressar enquanto pesquisadores. Portanto, para a Atividade 2, é fundamental que os estudantes percebam o ponto onde o momento negativo é máximo, ou seja, sobre o pilar central, e que as barras de aço negativas possuem a finalidade de resistir à tração proveniente desse esforço.

O segundo encontro retomou o diagrama inicial, contudo, na Atividade 3, o proprietário deseja realizar uma mudança em seu projeto: ele quer construir um terceiro

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

pavimento, modificando a fachada conforme Figura 5. Ao dobrar a carga no sistema, simulando um terceiro pavimento, os estudantes devem perceber que os momentos máximos também dobram (FIGURA 6). Assim, o objetivo principal desta atividade é perceber que os momentos máximos aumentam em função proporcional ao aumento de carga. Dessa forma, o objetivo desta etapa foi estabelecer uma base de comparação ou proporcionalidade entre as reações e as cargas, circunstância que pode ser útil para a execução da Atividade 4. Outrossim, responder a questionamentos in loco, com o devido embasamento, faz parte da realidade de um profissional de construção civil, de maneira que se buscou contextualizar diversos aspectos que podem ser esperados por futuros profissionais, conforme sugerido pelos autores Silveira (2003) e Valente (1999), em cursos de formação profissional.

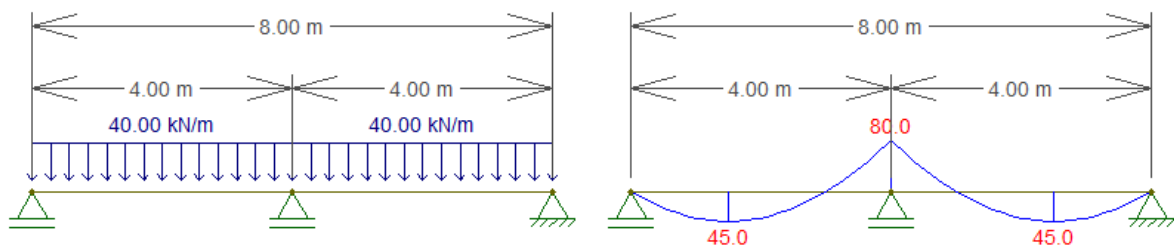
Figura 5 - Fachada atualizada para a Atividade 3



Fonte: dos autores (2019).

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

Figura 6 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 3



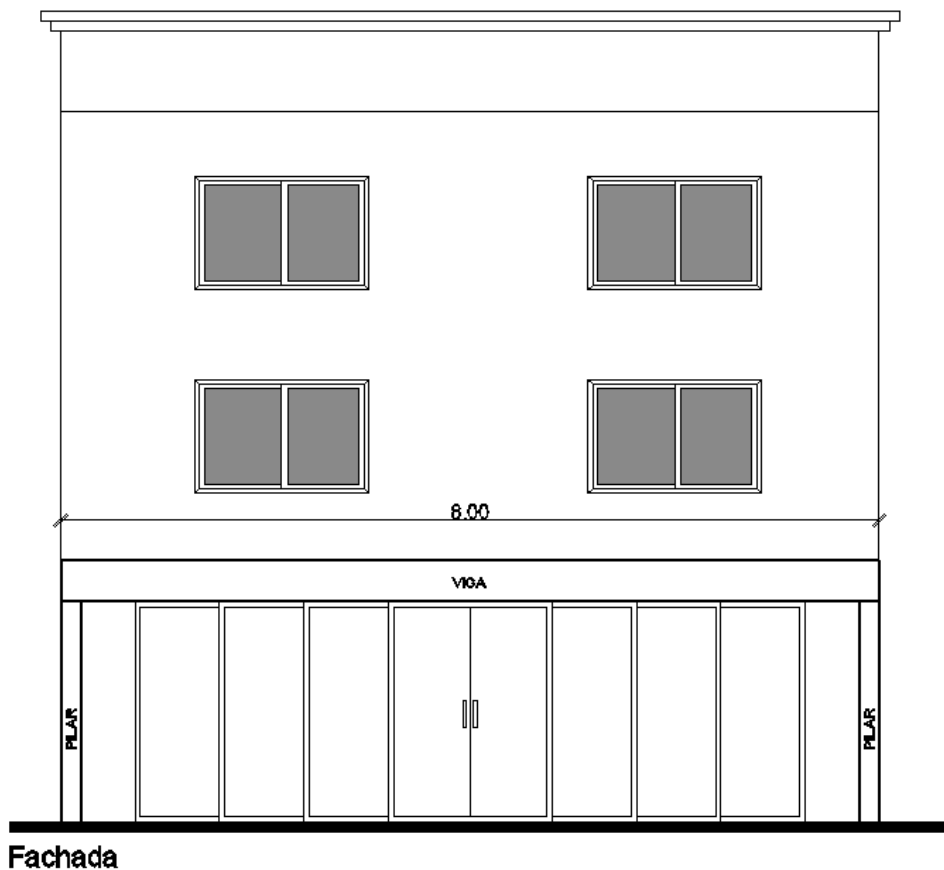
Fonte: dos autores (2019).

Conforme supracitado, a Atividade 4 é um aprofundamento da abstração da Atividade 3 e abarca outra solicitação frequente pelos projetistas arquitetônicos ou pelos proprietários: a remoção de um dos apoios (pilares). Ao remover o apoio central, como solicitado, a fachada é modificada conforme apresentado na Figura 7. Assim, os participantes devem inicialmente perceber o desaparecimento do momento negativo e o aumento drástico do momento positivo. Além disso, devem perceber que, diferentemente da Atividade 3, o aumento não seguiu uma proporção linear, mas sim quadrática: para o dobro do vão, o momento máximo aumenta quatro vezes (FIGURA 8).

A fim de ilustrar essa proporção quadrática de aumento da reação de momento em relação ao aumento do vão, podem ser simuladas outras estruturas, com vãos de 4m, 8m e 12m. Assim, é possível que, ao demonstrar a resolução da atividade, o professor também construa esses outros sistemas sob o mesmo carregamento, sendo o tamanho do vão a única variável. Ao simular as reações, notar-se-á a progressão quadrática das reações: ao dobrar o vão de 4m para 8m, o momento aumentará quatro vezes, ao triplicar o vão de 4m para 12m, o momento se intensificará nove vezes.

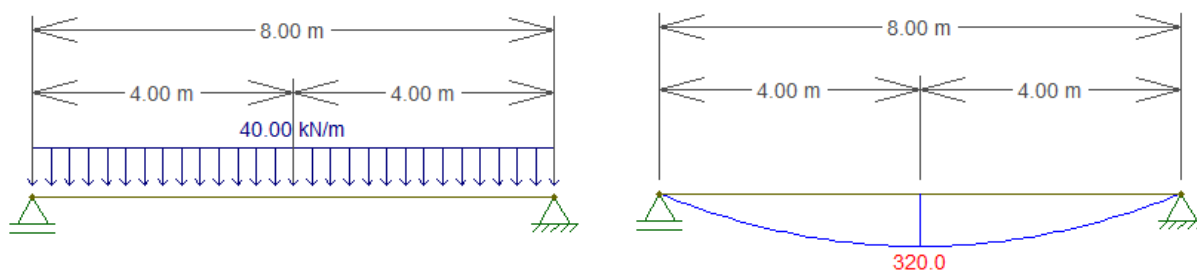
UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

Figura 7 - Fachada atualizada para a Atividade 4



Fonte: dos autores (2019).

Figura 8 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 4

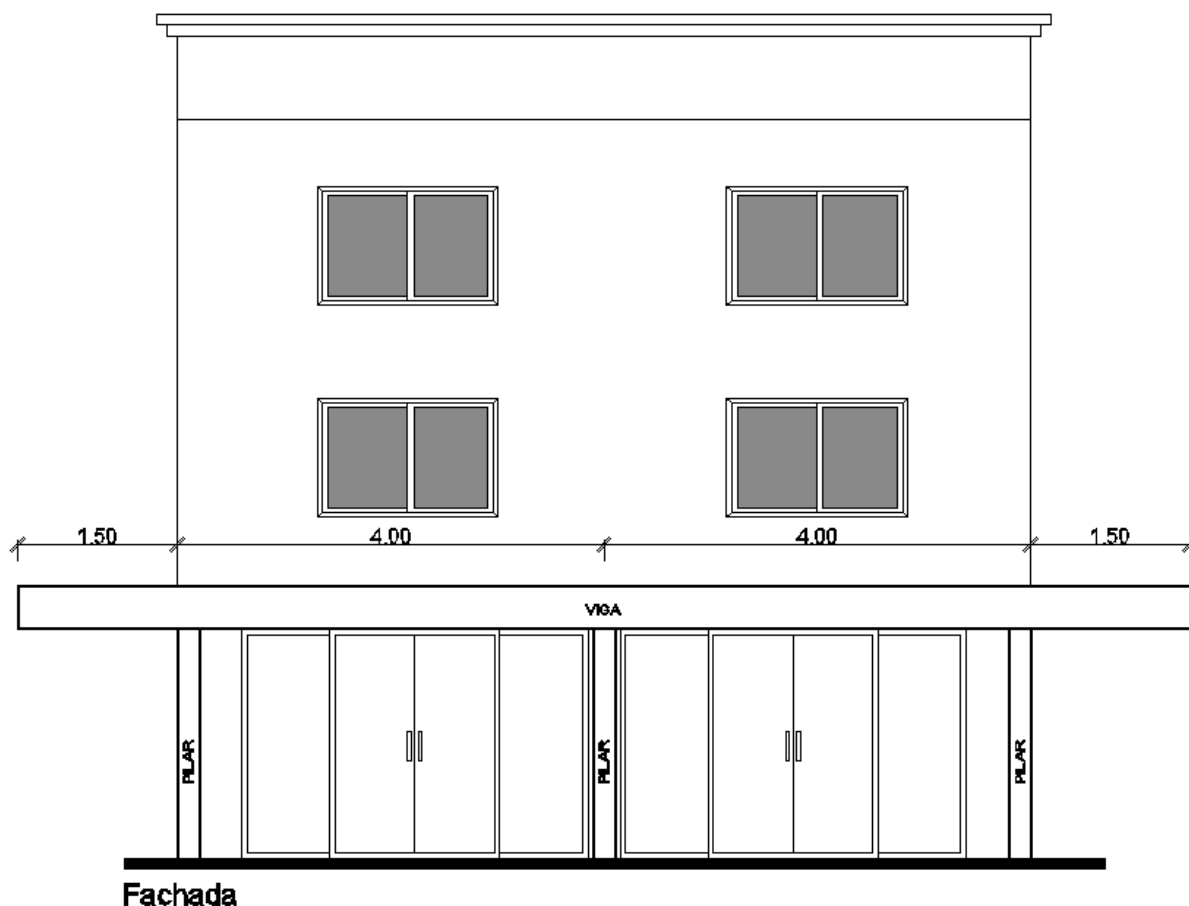


Fonte: dos autores (2019).

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

Na última tarefa, a Atividade 5, o pilar central é novamente recolocado e o sistema volta a ser como na Atividade 3, com a carga de dois andares, contudo, com a adição de uma sacada de 1,5 metros para cada lado do prédio (FIGURA 9). Inicialmente, o questionamento feito pelo proprietário refere-se à possibilidade de execução dessas sacadas, como se isso pudesse ser um impedimento. Entretanto, ao montar o diagrama de esforços, o estudante deve perceber que, na verdade, os momentos máximos do sistema diminuiriam, como mostra a Figura 10 se comparada com a Figura 6. Da mesma forma, deve perceber que os balanços, nesse caso, ajudaram no equilíbrio de forças da estrutura ao invés de perturbá-la.

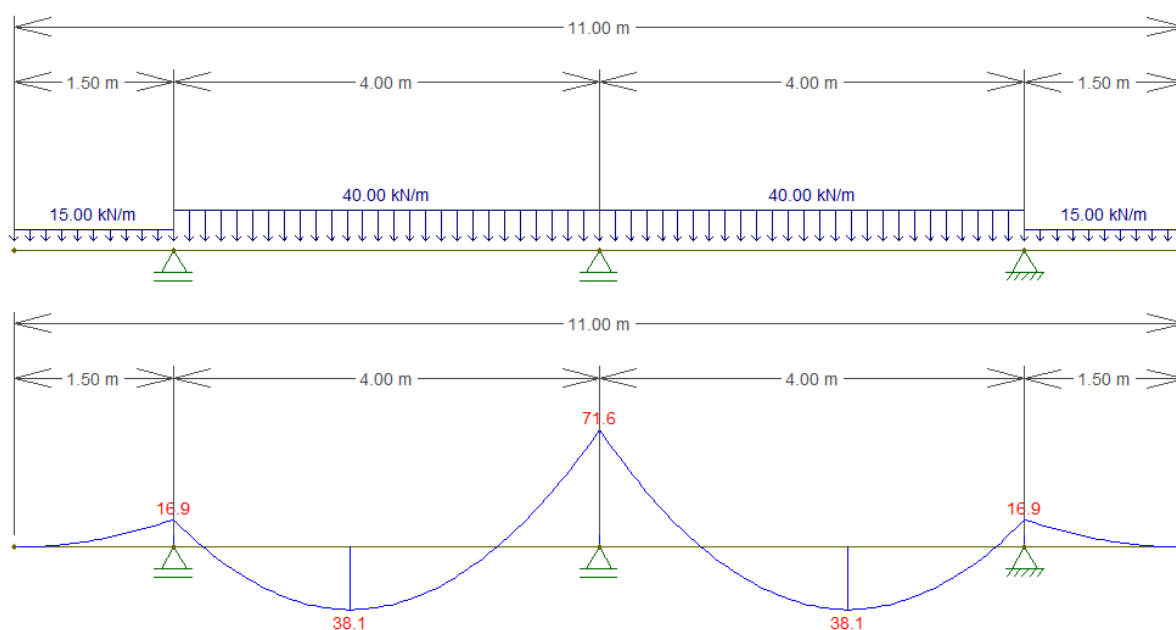
Figura 9 - Fachada atualizada para a Atividade 5



Fonte: dos autores (2019).

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

Figura 10 - Diagramas de esforços e momentos resultantes para a Atividade 5



Fonte: dos autores (2019).

Assim, essa atividade utiliza-se de uma lógica inversa das demais. Anteriormente, as proposições do proprietário implicavam em reações de maior magnitude na estrutura, compelindo o projetista a realizar alterações mais drásticas. Contudo, na Atividade 5 a construção das sacadas em balanço diminui os momentos máximos do sistema, ajudando de forma geral o equilíbrio da estrutura. Logo, a adição dos balanços, além de possível, auxilia o projetista a distribuir melhor os esforços. Foram consideradas corretas, portanto, as respostas que abordavam a viabilidade da construção das sacadas e a diminuição dos momentos máximos.

Por fim, foi realizado um fechamento da oficina, formalizando os conceitos abordados pelas atividades, após o qual aplicou-se o último questionário. O questionário pós-oficina, apresentado na última página do Apêndice A, retoma as questões iniciais do primeiro encontro, com a adição de um problema que apresenta um projeto de armadura de uma viga



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

de concreto armado e correlaciona esse projeto com os possíveis momentos do sistema que o gerou. Através das conclusões atingidas pelos estudantes em cada etapa, foi verificado se os objetivos da oficina foram atingidos ou quais foram os problemas recorrentes para posterior aprofundamento. Além dos diagramas trabalhados nas atividades, acredita-se que o manuseio do *software* possa instigar os alunos a testarem diferentes combinações de cargas e geometrias, incentivando sua autonomia para gerar novos casos.

Resultados obtidos

A introdução à prática, por meio do questionário prévio, revelou informações pertinentes quanto aos conceitos básicos de mecânica por parte dos participantes. Além das suas informações curriculares, como curso, semestre, experiência, etc, antes do início das atividades, cada aluno respondeu três questões discursivas com respostas diretas, encontradas na primeira folha do Apêndice A. A primeira delas inquiria qual o principal esforço resistido pelas barras de aço positivas em uma viga, a segunda questão quanto ao principal esforço resistido pelas barras negativas, e a última quanto à função da armadura transversal, popularmente conhecida por estribos.

Ambas as turmas tiveram índices de acerto próximos para a primeira questão, que questionava sobre qual o principal esforço resistido pelas barras de aço positiva, ou seja, as barras localizadas na parte inferior da viga. Na primeira turma, 64% dos participantes escreveram uma resposta satisfatória, e na segunda turma a taxa de acertos foi de 70%. Também, em ambos os casos, o índice de erros subia conforme os participantes cursavam um semestre mais inicial: na primeira turma 88% das respostas insatisfatórias foram elaboradas por alunos do quinto semestre ou menor, ao passo que na segunda turma todas respostas incorretas foram apresentadas por alunos do terceiro semestre ou inferior. Todavia, o aumento do tempo de experiência profissional ou da utilização de um *software* estrutural não contribuiu para uma maior taxa de respostas corretas para essa primeira pergunta.



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

A pergunta número 2 do questionário prévio, que indaga sobre qual o principal esforço resistido pelas barras de aço negativas, no que lhe concerne, teve o pior índice de acerto de todas as atividades para ambas as turmas. Na Turma 1, 7 participantes acertaram a questão (28%) e, na Turma 2, somente um participante respondeu corretamente (5%). Todavia, além da quantidade de respostas incorretas, o que mais chamou a atenção para a questão 2 foi a resposta mais comum registrada. Considerando todos os 45 participantes das duas turmas, 23 deles responderam que o principal esforço resistido pelas barras longitudinais negativas era o esforço de compressão, representando 51% de todas as respostas.

Antes de começar o segundo encontro em cada turma, o autor entrevistou alguns participantes de forma a tentar rastrear a origem desse erro que se mostrou tão comum. Nagy e Buriasco (2008) reiteram que o professor deve buscar pela razão das escolhas feitas pelos alunos em suas respostas, pois ao limitar as respostas apenas como certas ou erradas, o docente deixa de reconhecer possíveis equívocos relacionados à apropriação de certos conceitos. Ao dialogar com os participantes, percebeu-se que o conceito de tração e compressão estava diretamente ligado aos sinais positivos e negativos das equações de Mecânica Estrutural. Ao inserir o dado da força nessas equações, o valor deve ser positivo se a força for de tração, e negativo se a força for de compressão. Entretanto, no que tange ao cálculo de estruturas de concreto armado, os termos negativo e positivo se referem aos momentos geradores dos esforços de tração em uma região da viga, uma vez que as barras de aço são dimensionadas para resistirem aos esforços de tração gerados por esses momentos positivos ou negativos. Assim, nota-se um equívoco conceitual onde os participantes ligavam o sentido da força nas equações de mecânica com o esforço gerado pelos momentos em uma estrutura.

Ademais, outra possibilidade levantada pelas entrevistas foi que os participantes podem ter imaginado também as barras de aço superiores em uma situação de viga bi apoiada. Nesse caso, responder “compressão” não estaria totalmente equivocado em alguns casos, como por exemplo se o cálculo indicasse a necessidade de armadura dupla, ou seja, casos



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

onde a compressão na parte superior da viga é bastante solicitada, a ponto de ser necessário adicionar uma armadura de compressão. Contudo, esses casos não são comuns, posto que o concreto regularmente resiste bem à compressão e, na pluralidade dos casos, o aço é empregado para resistir aos esforços de tração gerados pelos momentos. Assim, diferencia-se conceitualmente as armaduras duplas ou de compressão e as armaduras negativas.

A terceira e última questão pré-oficina também teve um índice de acertos baixo. Na Turma 1, a taxa de respostas satisfatórias para esse questionamento foi de 44% e na Turma 2 o índice de acertos foi ainda menor, com apenas 25% de respostas consideradas corretas. Apesar do baixo número de acertos, o arquétipo das informações prévias quanto ao andamento do curso se configurou de forma semelhante a questão número 1. Assim como antes, os candidatos cuja resposta foi considerada correta representam os discentes em semestres mais avançados. Contudo, no que diz respeito à experiência profissional e com *softwares* de análise estrutural, nessa questão os estudantes com maior experiência extraclasse tiveram um melhor desempenho nessa questão.

Assim, a partir da análise do questionário prévio, uma reflexão vem à tona. Demo (1996) e Freire (2003) reiteram que para que os assuntos abordados sejam relevantes ao discente, eles devem ser compreendidos em sua atividade cotidiana. À vista disso, esperava-se que os participantes com mais vivência profissional estivessem menos alheios aos temas abordados, o que não foi o caso aludido pelas respostas obtidas. Por consequência, o questionamento construtivo referido por esses autores, ao que se indica, parece mais presente em meios acadêmicos do que profissionais, uma vez que o que se espera dos estagiários de engenharia ou arquitetura sejam os resultados, e não questionamentos.

Uma vez que a Atividade 1 é apenas a modelagem inicial do sistema estrutural no Ftool, é na Atividade 2 que começam propriamente as análises por parte dos alunos. A partir da experiência em construção civil do autor, especialmente em relação à função das armaduras em vigas de concreto armado, antecipou-se que ocorreriam dificuldades na Questão 2 do questionário prévio. Este, portanto, foi o motivo da elaboração desta atividade:



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

fazer os estudantes se questionarem quanto a finalidade da armadura na parte superior da viga, ou seja, a armadura negativa. Assim, mediante a visualização das reações na estrutura construída no *software*, cada participante deveria elaborar uma resposta dissertativa que justificasse os reforços de aço na parte superior da viga.

A Atividade 2 seguiu o padrão que veio se desenhando desde o início das atividades, de maneira que os estudantes que atingiram os objetivos da questão estão dentre os que possuem mais meses de experiência acadêmica, para ambas as turmas. Nessa atividade ocorreu alguns participantes que no questionário pré-oficina pareciam não compreender a função do aço na parte superior da viga, ou armadura negativa, agora conseguiram expressar sua utilidade. No início da oficina, todos deveriam responder o questionário pré-oficina sem nenhum embasamento, contudo, na Atividade 2 eles possuíam um modelo digital ao qual se aportar. Assim, ao que indica a melhora de desempenho dessa atividade em relação ao questionário prévio, o ato de modelar a estrutura e analisar suas reações esclareceu alguns conceitos antes dúbios, principalmente no que tange a ocorrência de esforços de tração e compressão.

Ademais, evidencia-se que no questionário prévio os estudantes deveriam apenas escrever uma resposta curta, de uma palavra, enquanto nessa atividade deveriam elaborar uma resposta mais completa. Ao ser exigida uma resposta escrita, o participante é obrigado a organizar suas ideias de forma a expressá-las no papel, constituindo o que Galiazzi e Moraes (2002, p. 240) descrevem como o “escrever como maneira de pensar”. Assim, acredita-se que a soma do escrever para pensar com o ato de modelar o problema digitalmente, tenha trazido resultados benéficos para o desenvolvimento dessa e das demais atividades.

A atividade 3, por sua vez, figurou dentre as atividades com o maior percentual de respostas corretas. Novamente, participantes com maior experiência acadêmica atingiram mais frequentemente os objetivos dessa questão, enquanto a experiência extraclasse não se apresentou relevante. Presumivelmente, os estudantes mais experientes buscaram uma forma de explicar o fenômeno a partir de seus conhecimentos prévios, enquanto os menos



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

experientes se utilizaram mais das informações que tinham dispostas no momento em sua frente. Porventura, os participantes menos experientes realizaram todos os passos de abstração descritos por Martha (2000), explorando os dados a partir da estrutura real até a modelagem digital. Assim sendo, para essa atividade, a experiência prévia de cada estudante não contribuiu para um maior entendimento da questão, obtendo êxito aqueles que souberam analisar os dados apresentados pelo Ftool e ponderar em relação ao problema.

Posteriormente, na Atividade 4 é realizado um aprofundamento dessa abstração desenvolvida na Atividade 3. Assim, da mesma forma, participantes com mais experiência acadêmica conquistaram uma melhor performance nesta atividade. Em ambas as turmas, alunos de semestres mais avançados atingiram com mais frequência o objetivo, enquanto, novamente, os menos experientes profissionalmente foram mais exitosos. Ao que indicam os resultados dessa atividade, correlacionado com as atividades anteriores, estar em um estágio mais adiantado em seu curso aparenta contribuir para um melhor desempenho nas questões, enquanto trabalhar com construção civil ou conhecer o *software* não parece surtir muito efeito. Esse ponto se reflete na dicotomia apresentada por Azevedo (2000), quando diz que a experiência acadêmica geral deve se sobrepôr ao conhecimento técnico profissional, apresentando dados que corroboram com sua tese.

Assim como em todas as outras atividades, na Atividade 5 os participantes de semestres mais avançados ou com mais disciplinas pertinentes cursadas obtiveram um melhor desempenho. Todavia, essa foi a atividade que apresentou a maior diferença de experiência profissional entre os participantes que atingiram ou não os objetivos da questão. Na Turma 1, todos os participantes mais experientes profissionalmente perceberam a equalização das reações na estrutura. Os dados da Turma 2 reforçam a ideia de que a experiência profissional foi significativa, uma vez que essa turma possui menos experiência do que a Turma 1 e obteve um índice de acertos menor.

A experiência dos estudantes com *softwares*, no que lhe concerne, seguiu o mesmo molde desde a Atividade 3, onde os participantes com menos conhecimento sobre a operação



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

do Ftool obtiveram um melhor aproveitamento. Outra vez, ter conhecimento prévio do *software* empregado não foi determinante para ter êxito na atividade, o que demonstra facilidade de uso e leitura por parte dos alunos. A visualização dos esforços na estrutura com o auxílio do programa mostrou-se, mais uma vez, como um componente importante das respostas.

A análise do questionário final comparou as questões prévias 1 e 2 com a questão posterior 1, e a questão prévia 3 com a questão posterior 2. Pode-se dizer que o número de acertos do questionário pós-oficina, de forma geral, aumentou em relação às respectivas questões do questionário pré-oficina. Credita-se esse aumento no número de acertos às atividades com objetivos bem definidos, algo relevante ao trabalhar com tecnologias digitais para que não ocorra o aprendizado do computador pelo computador (BARANAUSKAS et al, 1999). Ao responder todas as 5 atividades em parceria com o *software*, os estudantes tiveram de analisar o diagrama exibido pelo programa com a intenção de responder a uma pergunta, utilizando dele apenas como um meio para se obter o fim desejado (ROCHA 2008).

A principal diferença foi percebida no que concerne à função da armadura negativa, ponto de muitas dúvidas no primeiro encontro. As respostas registradas distinguem muito bem as diferenças entre os momentos positivos e negativos, além de por vezes citarem a tração em função da flexão. Dessa forma, nota-se melhora nas respostas da primeira questão do questionário pós-oficina em relação a segunda pergunta do questionário prévio.

Por fim, a terceira e última questão pós-oficina apresenta um alto índice de acertos para ambas as turmas. Na primeira turma somente um participante não marcou a alternativa correta, correspondendo então a 96% de acertos, e na Turma 2 75% dos participantes assinalaram corretamente. Dos 5 estudantes da segunda turma que apontaram a opção incorreta, todos eles também erraram a questão pós-oficina 1, e 4 desses também erraram a questão pós-oficina 2. Apoiado nisso, tem-se que foram praticamente os mesmos participantes da Turma 2 que erraram todas as questões do último questionário.



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

Uma última comparação entre os questionários pré e pós-oficina ainda denota um vestígio motivacional dos participantes. No questionário prévio, algumas questões foram deixadas em branco ou foram respondidas por diversos participantes como “não sei”. O mesmo não ocorreu no questionário final, onde todos os participantes, sem exceções, sentiram-se confiantes a ponto de redigir sua resposta. O fator motivacional é evidenciado por esse fato, corroborando com as ideias apresentadas por Bordin e Bazzo (2017), Silva, Alencar e Cavancante (2017) e Lopes, Miranda e Ribeiro (2017), que comentam sobre a importância de métodos inovadores e menos lineares, aqui apresentados pela utilização do *software* Ftool.

Por fim, a investigação de como os softwares podem contribuir para o ensino de estruturas, leva a crer que a modelagem de um sistema cujos parâmetros podem ser atualizados e reanalisados, amplia os horizontes de possibilidades que podem ser atingidas. Essa prática não se torna inviável manualmente, mas os resultados obtidos através do cálculo tradicional no papel não levam ao estudante a confiança e a facilidade de manipulação dos dados digitalmente. Consequentemente, os softwares de simulação permitem, através de um rápido rearranjo dos dados e a reanálise de seus resultados, reafirmar o significado e clarear, ao que indicam os resultados da prática, os conceitos básicos abordados durante o manuseio do programa.

Referências

- ALBACH, Juliana Santos. Os usos que os jovens fazem da Internet: Relações com a escola. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 8, n. 2, p. 138-159, 2014.
- ALIS. **Ftool**: um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento das estruturas. 2005. Disponível em: <<https://www.alis-sol.com.br/ftool/>>. Acesso em: 5 novembro 2018.
- ANDRADE, P. F. Aprender por Projetos, Formar Educadores. In: VALENTE, José. Armando. **Formação de Educadores Para o uso da Informática na Escola**. Campinas, São Paulo: Unicamp/NIED; Ed. Emopi, 2003. p. 58-66.



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

AZEVEDO, Á. F. M. A utilização de software comercial no ensino universitário. In: CONGRESSO NACIONAL DE MECÂNICA APLICADA E COMPUTACIONAL, 6., 2000, Aveiro, Portugal. **Anais...** Aveiro: Universidade de Aveiro, 2000. Disponível em: <http://civil.fe.up.pt/pub/people/alvaro/pdf/2000_Mec_Comp_Utiliz_Soft.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2019.

BAGNO, Marcos. **Pesquisa na Escola o que é, como se faz.** 21 ed. São Paulo: Loyola, 2007.

BARANAUSKAS, Maria Cecília Calani. et al. Uma Taxonomia para Ambientes de Aprendizado. In: VALENTE, José Armando (Org). **O computador na sociedade do conhecimento.** Campinas-SP: UNICAMP/NIED, 1999.

BORDIN, Leandro; BAZZO, Walter Antonio. Reflexões acerca da interface de um site educativo de apoio ao processo de ensino-aprendizagem na engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa.** Campinas: Autores Associados, 1996.

DULLIUS, M, Maria; KRISTINER, Isabel; QUARTIERI, T, Marli. (Orgs). **Explorando a Matemática Com Aplicativos Computacionais: Anos Finais do Ensino Fundamental.** 1. Ed. Lajeado: Editora Univates, 2014. p. 9-20.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 3, Setembro, 2003, p. 259-272.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**, 9ª ed. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 2003.

GALIAZZI, Maria do Carmo; MORAES, Roque. Educação pela pesquisa como modo, tempo e espaço de qualificação da formação de professores de ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, [s.l.], v. 8, n. 2, p.237-252, 2002. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132002000200008>.



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

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999.

LOPES, Alexandre Freire de Sá; MIRANDA, Silvia Camargo Fernandes; RIBEIRO, Denise Maria da Silva. Metodologia motivacional nos meios de ensino/aprendizagem de projeto de infraestrutura viária no curso de engenharia civil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017

MARTHA, Luiz Fernando. **Métodos básicos da análise de estruturas**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000.

MORAN, José Manuel. Ensino e aprendizagem inovadores com tecnologias audiovisuais e telemáticas. In: MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos T.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 13. ed. Campinas, SP: Papirus, 2007.

NAGY, M. C.; BURIASCO, R. L. C. A análise da produção escrita em matemática: possível contribuição. In: BURIASCO, R. L. C. (Org.). **Avaliação e educação matemática**. Recife: SBEM, 2008.

PRENSKY, M. **Digital Natives, Digital Immigrants**. v. 9, n. 5, oct. 2001. Disponível em <<http://www.marcprensky.com/writing/Prensky%20-%20Digital%20Natives,%20Digital%20Immigrants%20-%20Part1.pdf>> Acesso em: 22 março 2018.

ROCHA, Sinara Socorro Duarte. **O uso do Computador na Educação**: a Informática Educativa. Revista Espaço Acadêmico, v. 8, n. 85, 2008. Disponível em: <<https://www.espacoacademico.com.br/085/85rocha.pdf>>. Acesso em: 11 mai. 2018.

SILVA, Alexandre Feitosa; ALENCAR; Cely Martins Santos de; CAVANCANTE, Antonio Paulo de H.. Uma estratégia pedagógica integradora no ensino da disciplina de desenho para engenharia da universidade federal do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 45., 2017, Joinville. **Anais...** . Joinville: Udesc/unisociesc, 2017.



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

SILVEIRA, M. A. Planificação de conteúdos e de problemas: um ensaio sobre a didática do conceito de estabilidade. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v.22, n. 1, p. 33-48, jun. 2003.

TEDESCO, Juan Carlos (Org.). **Educação e novas tecnologias: esperança ou incerteza?** São Paulo: Cortez, 2004

VALENTE, José Armando. **O Computador na sociedade do conhecimento**. Campinas-SP: UNICAMP/NIED, 1999.

VICINGUERA, M. L. F.; **O Uso do Computador Auxiliando no Ensino de Química**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 18 dez. 2002. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/83224>>. Acesso em 06 out. 2018.



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

APÊNDICES



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

APÊNDICE A – Questionários e Atividades

Participante número: _____

Curso: Arquitetura e Urbanismo () Engenharia Civil () Semestre: _____

Disciplina de estruturas cursadas ou que está cursando:

ARQUITETURA E URBANISMO

Fundamentos das Estruturas I ()

Fundamentos das Estruturas II ()

Análise das Estruturas ()

Estruturas de Concreto Armado I ()

Estruturas de Concreto Armado II ()

Estruturas especiais e Mistas ()

_____ ()

_____ ()

_____ ()

ENGENHARIA CIVIL

Mecânica Estrutural I ()

Mecânica Estrutural II ()

Mecânica Estrutural III ()

Estruturas de Concreto Armado I ()

Estruturas de Concreto Armado II ()

Projeto Estrutural de Edificações ()

_____ ()

_____ ()

_____ ()

Trabalha ou já trabalhou na área de construção civil? Sim () Não (). Se sim, por quanto tempo? _____

Já utilizou *softwares* de análise estrutural? Sim () Não (). Se sim, quais? E por quanto tempo? _____

Questões pré-oficina

1) Qual o principal esforço resistido pelas barras de aço longitudinais positivas?

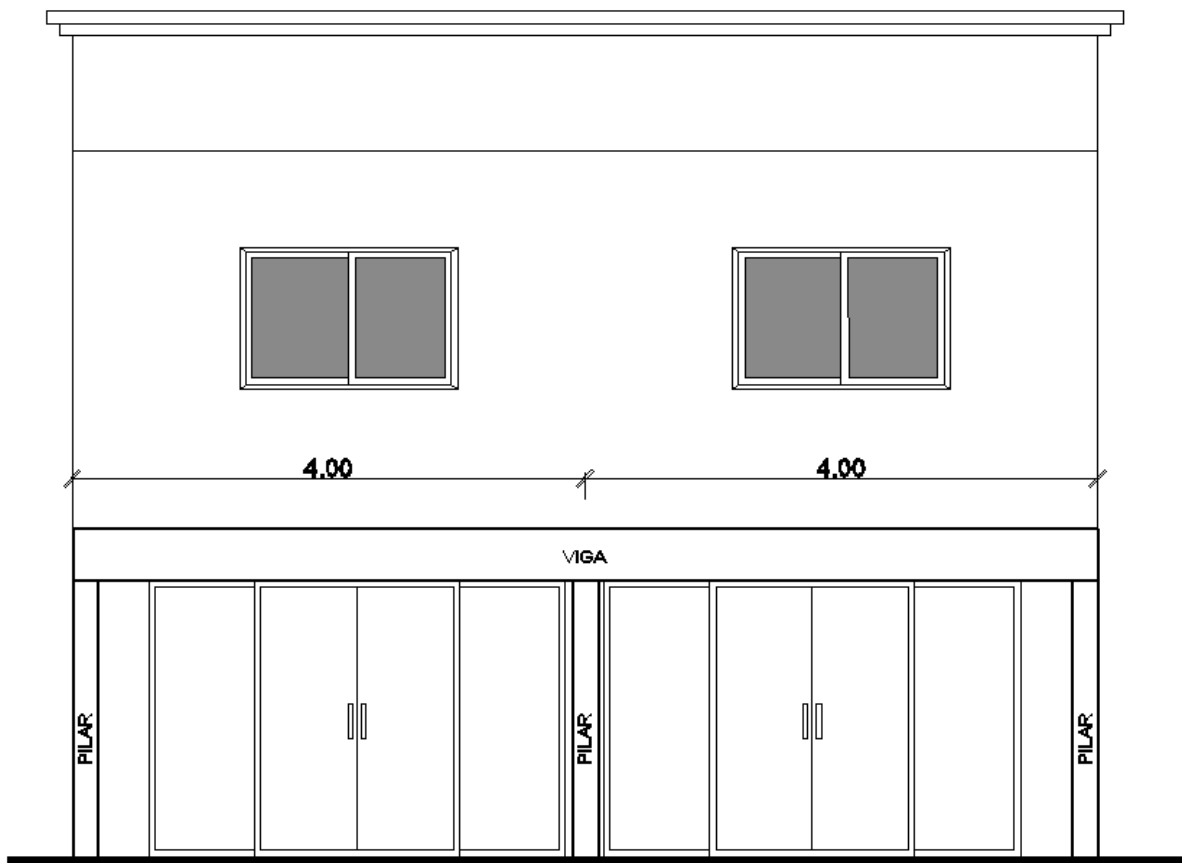
2) Qual o principal esforço resistido pelas barras de aço longitudinais negativas?

3) Qual o principal esforço resistido pela armadura transversal (estribos)?

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

ATIVIDADE 1 – A Construção do diagrama

Você é o responsável técnico pela execução de uma estrutura, uma viga sobre as vitrines de uma loja, conforme indicada no projeto abaixo. Monte o diagrama de esforços dessa viga no programa Ftool conforme as medidas apresentadas.



Fachada

Fonte: do Autor, 2019.

Considere uma carga contínua de $-20,0\text{KN/m}$ (peso próprio + lajes + paredes) atuando na viga. Configure os parâmetros do *software* da seguinte maneira:

- Material parameters: Concrete isotropic;
- Section properties: rectangle, $d:300\text{ mm}$ / $b:150\text{ mm}$;
- Support conditions: deve possuir um apoio de segunda ordem e dois apoios de primeira ordem.



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

ATIVIDADE 2 – A montagem da viga

Participante número: _____

Você então é chamado à obra para verificar a montagem dessa viga. Durante a escolha das barras de aço a serem utilizadas, o proprietário da obra se aproxima e fala: “um amigo meu falou que a ferragem na parte de cima da viga não serve pra nada. Nós podíamos colocar umas barras mais finas na parte de cima pra economizar, não acha?”. Baseado nos momentos fletores de seu diagrama de esforços, o que você responderia?



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

ATIVIDADE 3 – O terceiro pavimento

Participante número: _____

Convencido de sua argumentação, afinal você é um grande responsável técnico, o dono da obra se sente confiante e lhe faz outra proposição: “estive pensando melhor e eu gostaria de construir um terceiro andar, igual a esse segundo. Muda muito a estrutura?”. Atualize a carga de seu diagrama de esforços, para o dobro da carga inicial. Explique para o proprietário o que acontece com os momentos fletores quando a carga é dobrada.



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

ATIVIDADE 4 – O pilar central

Participante número: _____

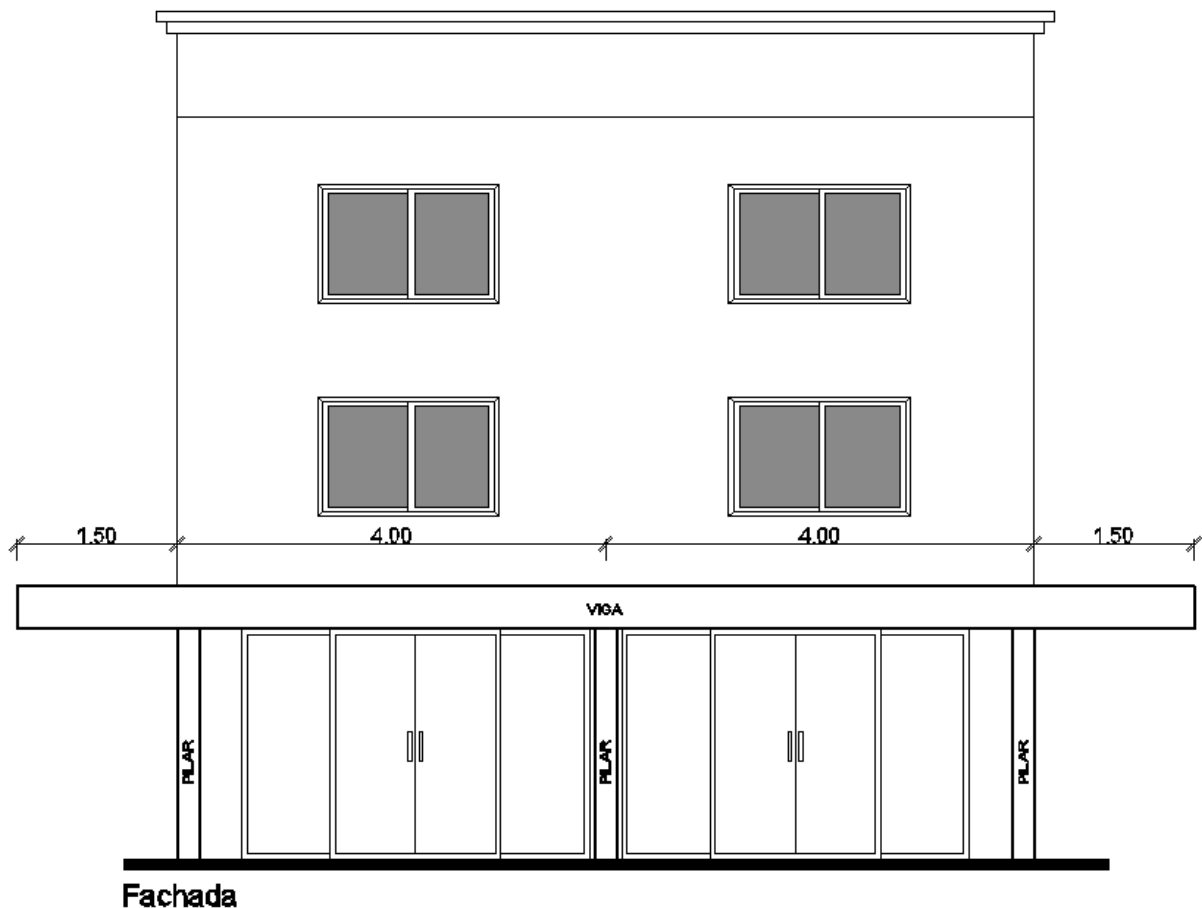
O proprietário está abismado com seus conhecimentos sobre estruturas, tanto, que tem uma ideia ainda mais ousada: “eu estou com vontade de fazer uma vitrine inteira, sem esse pilar do meio. Não deve ser muito diferente de colocar um andar a mais em cima, né? Não deve piorar tanto assim.”. Atualize seu diagrama de esforços e remova o apoio central, mantendo a mesma carga da questão b). A partir dos novos resultados, o que você responderia ao homem?

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

ATIVIDADE 5 – A sacada

Participante número: _____

Seguro que remover o pilar central da estrutura seria inadequado, seu cliente opta por voltar atrás mantê-lo. Porém, não se dando por vencido, decide fazer uma última alteração: “não quero complicar a tua vida, mas daria pra fazer uma sacada de um metro e meio pra cada lado do prédio?”. Monte um novo diagrama conforme abaixo, no mesmo arquivo, utilizando os mesmos parâmetros de configuração.



Fonte: do Autor, 2019.

Considere uma carga contínua de $-40,0\text{KN/m}$ (peso próprio + lajes + paredes) atuando parte central da viga e uma carga de $-15,0\text{KN/m}$ nas sacadas (peso próprio + laje). A partir dessa modificação, o que você responderia?

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

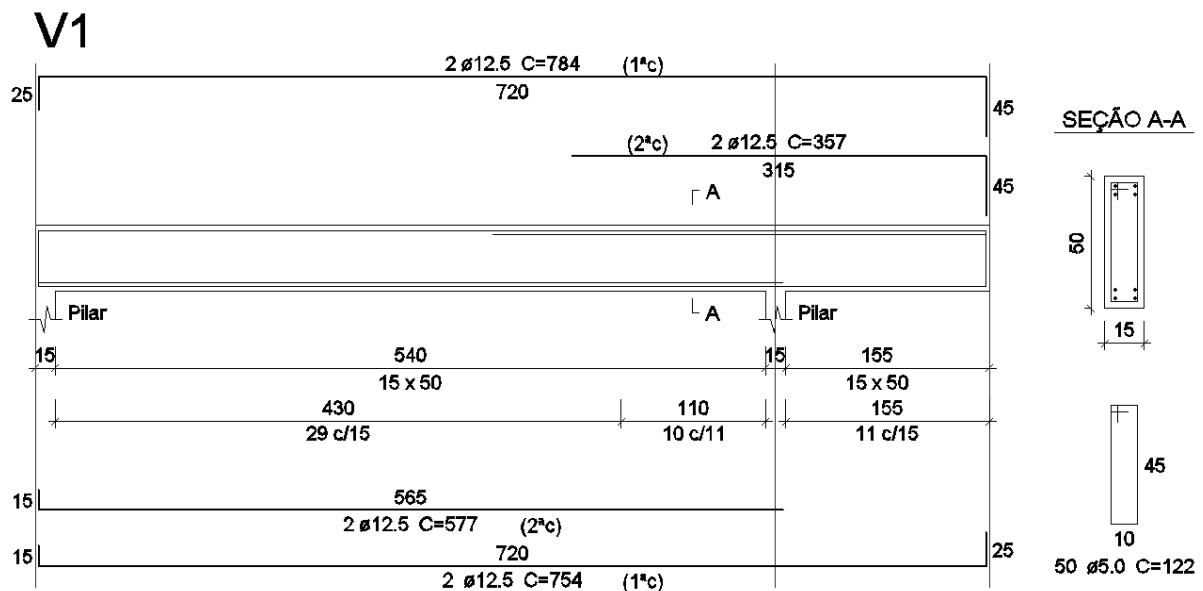
Questões pós-oficina

Participante número: _____

1) Qual a função da armadura positiva e negativa em uma viga de concreto armado?

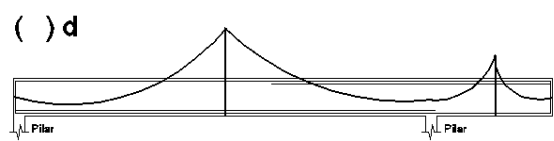
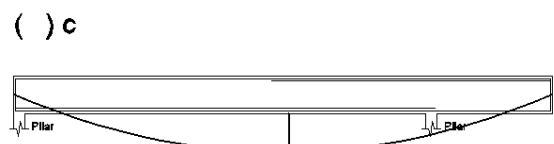
2) Para que servem os estribos em um uma viga?

3) A armadura da viga V1 foi calculada conforme a imagem abaixo.



Fonte: do Autor, 2019.

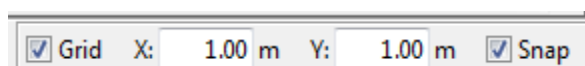
Qual das alternativas a seguir melhor representa os momentos fletores que resultaram nessa armadura?



APÊNDICE B – Guia de ferramentas básicas do Ftool

CRIAÇÃO DE DIAGRAMAS BIDIMENSIONAIS: passos a serem desenvolvidos em conjunto com a turma para a construção do diagrama.

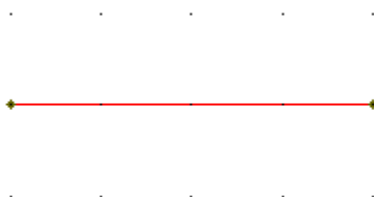
1º) Após a abertura do programa, ativar os botões “Grid” e “Snap”, no canto inferior direito da tela inicial. Caso os valores de X e Y não sejam 1,0, ajustar para esse valor. A distância entre cada ponto agora representa 1,0 m. Se preferir, use o teclado para inserir os valores ao invés de usar o “Snap”.



2º) Na barra de ferramentas na esquerda da tela inicial, selecionar a ferramenta “Insert node”. Criar um ponto em um lugar qualquer da tela, e em seguida, criar outro ponto a 4,0 m de distância horizontal, para qualquer lado.

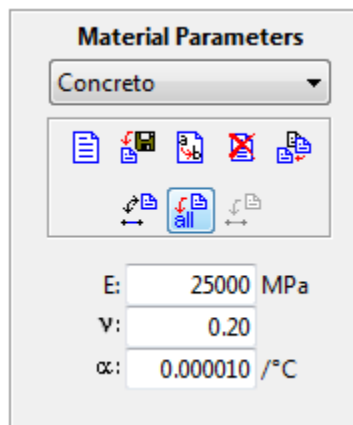


3º) Na barra de ferramentas na esquerda da tela inicial, selecionar a ferramenta “Insert member”. Clicar então no primeiro ponto criado e liga-lo com o segundo ponto. Uma barra entre eles irá se formar.



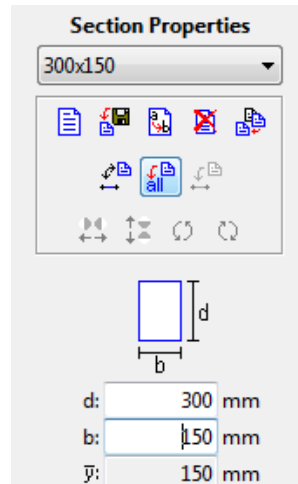
UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS – MESTRADO

4º) Na barra de ferramentas superior, clique no primeiro ícone, “Material parameters”. Na lateral direita da tela, agora aparecerão as propriedades configuradas dos materiais. Como não há nenhum material criado ainda, clica-se em “Create new material parameters”. Escreva um nome, como “Concreto”, e no campo “Material type” selecione “Concrete Isotropic”. Ao terminar, clique em “Done”. Clique então em “apply current material to all members” e sempre que inserir novas barras, o botão deverá ser novamente pressionado.

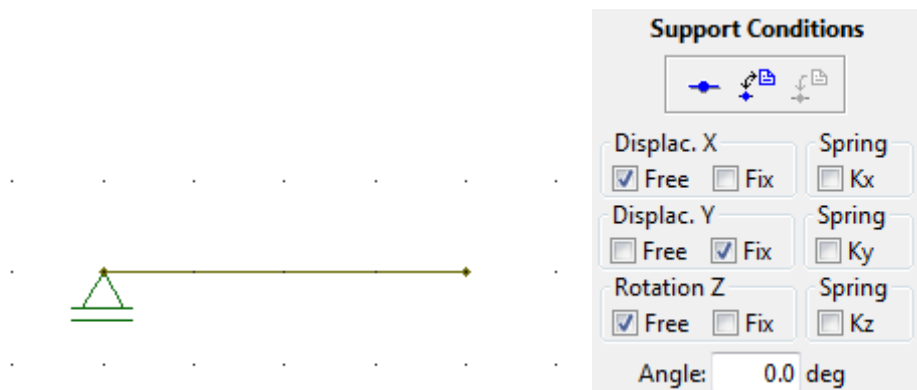


5º) Na barra de ferramentas superior, clique no segundo ícone, “Section properties”. Assim como anteriormente, deve-se criar uma nova propriedade para a seção, clicando em “Create new section parameters”, no menu na direita da tela. Escolha um nome, como “300x150”, e no campo “Section type” selecione “Rectangle” então clique em “Done”. Nos campos abaixo, preencha o campo “d:” com 300 e o campo “b:” com 150. Clique então em “apply current section to all members” e sempre que inserir novas barras, o botão deverá ser novamente pressionado.

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

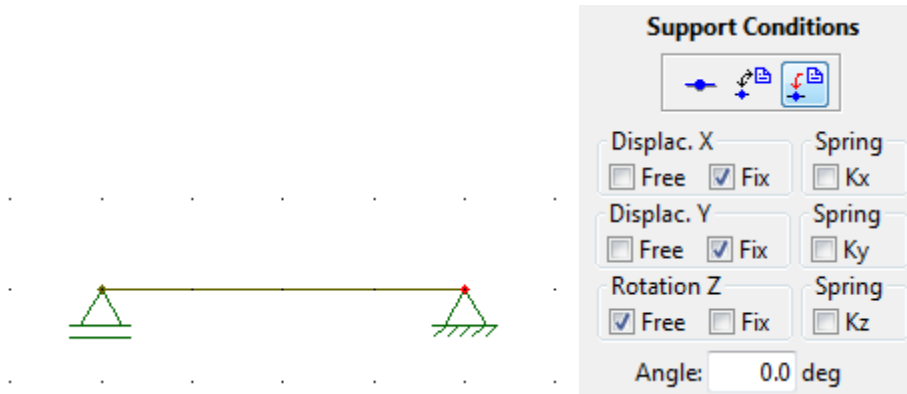


6º) Na barra de ferramentas superior, clique no terceiro ícone, “Support conditions”. Na lateral direita da tela, agora aparecerão as configurações dos apoios. Inicialmente, todas as opções estão marcadas com “Free”, representando que os vínculos não possuem nenhuma restrição. Em “Displac.Y” marque a opção “Fix”. Selecione um dos nós inseridos no passo 2 e então clique em “Apply support conditions to selected nodes”, na lateral direita. Um símbolo de apoio de primeira ordem deverá aparecer na nesse nó.

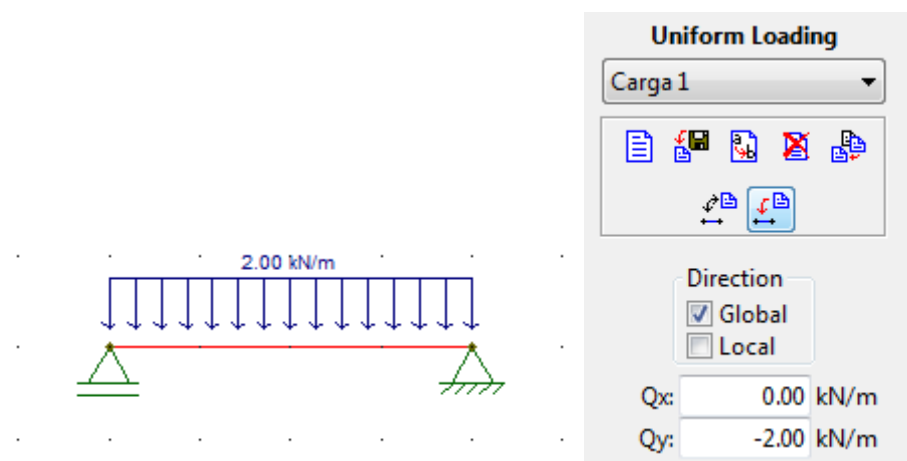


7º) Ainda na ferramenta “Support conditions”, na lateral direita da tela, agora marque as opções “Displac.X” e “Displac.Y” em “Fix”. Selecione o outro nó inserido no passo 2 e então clique em “Apply support conditions to selected nodes”. Um símbolo de apoio de segunda ordem deverá aparecer na nesse nó.

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



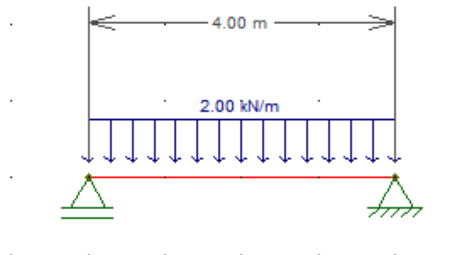
8º) Neste momento, já está configurada uma viga biapoiada simples. Para adicionar as cargas uniformes, vá na barra de ferramentas superior e clique no oitavo ícone, “Uniform load”. Na lateral direita da tela, agora aparecerão as configurações de carga. Para cada valor de carga desejado, deverá ser criada uma carga nova. Para isso, clique em “Create new uniform load” no menu da direita e coloque o nome desejado no campo “new label”, como por exemplo, Carga 1. No campo Qy, digite o valor desejado, nesse exemplo “-20”. Os sinais “+” e “-” indicam a direção da carga. Clique na barra inserida no passo número 3 e em seguida clique em “apply uniform load to selected members”.



9º) No menu da esquerda, clique no quarto ícone de cima para baixo, “insert dimension line”. Essa ferramenta permite criar linhas de cota. Clique então no primeiro apoio e posteriormente

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

clique no outro apoio para criar uma cota indicativa do vão da estrutura. Posicione-a acima ou abaixo do desenho da viga.



10º) Para calcular os esforços solicitantes, basta agora clicar nas opções no menu que se encontra no canto superior direito. Para esse exercício, usaremos apenas o momento fletor. Clique em “bending moment” para exibi-lo. O programa pedirá para salvar o arquivo antes do cálculo.

