



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**CONTRIBUIÇÕES DOS *SOFTWARES* NA APRENDIZAGEM DE  
ANÁLISE E CÁLCULO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS**

Henrique Scalcon Branchier

Lajeado, novembro de 2017

Henrique Scalcon Branchier

**CONTRIBUIÇÕES DOS *SOFTWARES* NA APRENDIZAGEM DE  
ANÁLISE E CÁLCULO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadoras: Profa. Dra. Emanuele Amanda Gauer e Profa. Dra. Betina Hansen

Lajeado, novembro de 2017

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por me proporcionar as orientações e intuições necessárias para que este trabalho virasse realidade.

Agradeço aos meus pais, Eduardo e Fabiane, pelo apoio financeiro e emocional, permitindo a realização deste projeto que iniciou como um sonho.

Gratidão pelos familiares, amigos e colegas que estiveram comigo neste momento e me apoiaram através de valiosos conselhos quando necessitei de auxílio.

Gratidão à professora Dra. Emanuele Amanda Gauer, pela orientação inicial e pelo total apoio em materializar minhas ideias, tornando esta pesquisa um projeto profissional.

Gratidão à professora Dra. Betina Hansen, pelas contribuições e considerações que possibilitaram a conclusão deste trabalho.

Agradeço, também, à professora Dra. Daiani Clesnei da Rosa, minha gestora nesta Universidade, pelos momentos de reflexão e observação que deram discernimento à minha escrita.

Agradeço, por fim, aos estudantes que participaram desta pesquisa e tornaram este trabalho rico em suas análises.

*“O verdadeiro conhecimento é aquele que vem de dentro”.*

*Platão – O filósofo*

## RESUMO

A forma de ensino tradicional foi, por muito tempo, centrada no professor, em um modelo de conhecimento transmitido do professor para o estudante, que exercia um papel extremamente passivo. As novas tendências de ensino direcionam para a utilização de tecnologias digitais de informação e comunicação, almejando um estudante mais participativo e autônomo na busca de seu conhecimento, explorando processos e soluções alternativas, resolvendo problemas de contexto profissional, sendo o uso das simulações uma possibilidade de melhora no seu desempenho pessoal. Essa inserção tecnológica trouxe ao dia-a-dia dos estudantes novos desafios, de modo que a universidade, formadora e instigadora de conhecimento, atenda a uma demanda de um ensino mais dinâmico através de ambientes virtuais de aprendizagem. Esta produção é um estudo sobre o uso dos *softwares*, em particular, a utilização de suas potencialidades na análise de estruturas no curso de Engenharia Civil durante o processo de aprendizagem. Procura-se reconhecer as vantagens do uso dos *softwares*, em especial a ferramenta *Ftool*, na formação dos acadêmicos. A pesquisa teve como objetivo verificar o desenvolvimento dos estudantes da disciplina de Morfologia das Estruturas, da Universidade do Vale do Taquari - Univates na utilização das tecnologias e ocorreu por meio de uma abordagem qualitativa, analítica e experimental. Observou-se que a utilização de ferramentas tecnológicas durante o processo de aprendizagem de elementos estruturais é uma prática considerável, pois associa os conceitos e métodos teóricos em uma abordagem realista, mais próxima da prática profissional.

**Palavras-chave:** Tecnologias. Ensino. Aprendizagem. Estruturas. Engenharia.

## **ABSTRACT**

Traditional teaching method was for a long time centered on the teacher, so teaching was the act of transmitting knowledge from teacher to students, who played an extremely passive role. New tendencies in teaching lead to the use of digital information and communication technologies, aiming to promote more participative and autonomous students in constructing their own knowledge, through the exploration of processes and alternative solutions, as well as problem solving in the professional context. In this way, the use of simulations is a possibility of improvement in the personal performance of the students. This technological insertion brought new challenges to students day-to-day, so that the university, like a formative and instigator of knowledge, meets the demand for a more dynamic teaching through learning management system. This research is a study on the use of softwares, in particular, the use of their potentialities in structures analysis in the course of Civil Engineering during the learning process. It seeks to recognize the advantages of using software, especially Ftool, in the training of academics. This research is aimed to verify the development of students in Morfologia das Estruturas (Structural Morphology) classes, at Universidade do Vale do Taquari – Univates, regarding the use of technologies. Through a qualitative, analytical and experimental methodology, it was observed that the use of technological tools during learning process of structural elements is a considerable practice, since it associates the theoretical concepts and methods in a realistic approach, closer to the professional practice.

**Keywords:** Technologies. Teaching. Learning. Structures. Engineering.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Interface do programa Risa 2D .....   | 42 |
| Figura 2 – Interface do programa Trame 4.0.....  | 43 |
| Figura 3 – Interface do programa Insane 1.1 .....  | 44 |
| Figura 4 – Interface do programa Ftool .....   | 46 |
| Figura 5 – Quatro níveis de abstração referentes a uma análise estrutural.....                                     | 50 |
| Figura 6 – Sistema real de vigas em concreto armado .....  | 50 |
| Figura 7 – Cálculo das reações de cargas em viga bi-apoiada.....   | 51 |
| Figura 8 – Cálculo dos esforços cortante e momento fletor em viga bi-apoiada seccionada .....                      | 51 |
| Figura 9 – Gráfico dos esforços cortante e momento fletor em viga bi-apoiada.....                                  | 52 |
| Figura 10 – Tensões ocasionadas em vigas bi-apoiadas com armadura (a) e sem armadura (b) e seu comportamento ..... | 53 |
| Figura 11 – Carregamentos em modelo de estrutura discreta .....  | 54 |
| Figura 12 – Uso do <i>software</i> para análise de carregamentos .....   | 55 |
| Figura 13 – Uso do <i>software</i> para análise de esforço cortante .....  | 55 |
| Figura 14 – Uso do <i>software</i> para análise de momento fletor .....  | 56 |
| Figura 15 – Uso do <i>software</i> para análise de deformações .....   | 56 |
| Figura 16 – Modelo discreto 1, analisado pelos estudantes pesquisados.....   | 64 |
| Figura 17 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados pelos estudantes .....                         | 65 |
| Figura 18 – Cálculo do momento fletor na estrutura realizados pelos estudantes ....                                | 65 |
| Figura 19 – Análise dos carregamentos.....   | 66 |
| Figura 20 – Análise de Esforço Cortante.....   | 66 |
| Figura 21 – Análise do Momento Fletor .....  | 67 |
| Figura 22 – Análise da deformação da viga .....  | 67 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 23 – Modelo discreto 2, analisado pelos estudantes pesquisados utilizando o princípio da superposição de efeitos ..... | 68 |
| Figura 24 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados manualmente .   | 68 |
| Figura 25 – Análise dos carregamentos.....  | 69 |
| Figura 26 – Análise de Esforço Cortante.....  | 69 |
| Figura 27 – Análise do Momento Fletor .....   | 70 |
| Figura 28 – Análise da deformação da viga .....   | 70 |
| Figura 29 – Modelo discreto 3, analisado pelos estudantes pesquisados.....  | 71 |
| Figura 30 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados manualmente .   | 71 |
| Figura 31 – Análise dos carregamentos.....  | 72 |
| Figura 32 – Análise de Esforço Cortante.....  | 72 |
| Figura 33 – Análise do Momento Fletor .....   | 73 |
| Figura 34 – Análise da deformação da viga .....   | 73 |
| Figura 35 – Modelo discreto 4, analisado pelos estudantes pesquisados utilizando o princípio da superposição de efeitos ..... | 73 |
| Figura 36 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados manualmente .   | 74 |
| Figura 37 – Cálculo de momento pela superposição de efeitos.....  | 75 |
| Figura 38 – Análise dos carregamentos.....  | 75 |
| Figura 39 – Análise de Esforço Cortante.....  | 76 |
| Figura 40 – Análise do Momento Fletor .....   | 76 |
| Figura 41 – Análise da deformação da viga .....   | 77 |
| Figura 42 – Tutorial criado pelo estudante (a).....   | 78 |
| Figura 43 – Tutorial criado pelo estudante (b).....   | 79 |
| Figura 44 – Reações de apoio e seus significados .....  | 80 |
| Figura 45 – Comparativo realizado pelo estudante .....  | 80 |
| Figura 46 – Comparativo entre cálculos das reações para duas vigas bi-apoiadas..  | 81 |
| Figura 47 – Desenho da reação de deformação na viga bi-apoiada .....  | 82 |
| Figura 48 – Desenho das reações de força cortante e momento fletor.....   | 83 |



## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1 – Gênero dos estudantes questionados .....                | 59 |
| Gráfico 2 – Gênero dos engenheiros entrevistados .....              | 59 |
| Gráfico 3 – Classificação etária dos estudantes.....                | 60 |
| Gráfico 4 – Classificação etária dos engenheiros .....              | 60 |
| Gráfico 5 – Desempenho dos estudantes no relatório apresentado..... | 90 |
| Gráfico 6 – Situação dos estudantes na disciplina .....             | 90 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| Quadro 1 – Critérios para avaliação de um <i>software</i> ..... | 41 |
| Quadro 2 – Software <i>Ftool</i> : aspectos ergonômicos.....    | 45 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 – Tempo de graduação dos estudantes .....                       | 61 |
| Tabela 2 – Tempo de atuação dos engenheiros no mercado de trabalho ..... | 61 |
| Tabela 3 – Residência dos estudantes (continua).....                     | 61 |
| Tabela 3 – Residência dos estudantes (conclusão) .....                   | 62 |
| Tabela 4 – Residência dos engenheiros .....                              | 62 |

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO</b> .....  | <b>13</b> |
| 1.1 O problema .....   | 16        |
| 1.2 Objetivos .....  | 16        |
| 1.2 Objetivo geral .....   | 16        |
| 1.2.1 Objetivos específicos.....   | 16        |
| 1.3 Estrutura do texto .....   | 17        |
| <b>2 ABORDAGEM TEÓRICA</b> .....   | <b>18</b> |
| 2.1 Os processos de ensino e de aprendizagem.....                          | 19        |
| 2.2 As teorias de aprendizagem.....  | 22        |
| 2.3 O desenvolvimento das tecnologias e seu impacto histórico-social ..... | 26        |
| 2.4 As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação - TEDICs .....     | 29        |
| 2.5 O uso das tecnologias como recursos didáticos.....                     | 31        |
| 2.6 <i>Softwares</i> educacionais aplicados a análise de estruturas .....  | 35        |
| 2.6.1 <i>Softwares</i> com ênfase em análises estruturais.....             | 40        |
| 2.6.2 Risa 2D .....  | 41        |
| 2.6.3 <i>Trame</i> 4.0.....  | 42        |
| 2.6.4 <i>Insane</i> 1.1 .....  | 43        |
| 2.6.5 <i>Ftool</i> .....   | 44        |
| <b>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....                                 | <b>47</b> |
| 3.1 Abordagem experimental .....   | 47        |
| 3.2 Análise dos modelos estruturais .....                                  | 49        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                                     | <b>58</b> |
| 4.1 Contexto dos pesquisados.....  | 58        |
| 4.2 Atividade desenvolvida com os estudantes .....                         | 63        |
| 4.3 Análise dos relatórios .....   | 77        |
| 4.4 Análise do questionário.....   | 84        |
| 4.4.1 Quanto ao uso do <i>software</i> e importância .....                 | 84        |
| 4.4.2 Quanto à comparação entre os procedimentos de análise .....          | 85        |
| 4.4.3 Quanto à compreensão e descrição dos resultados.....                 | 86        |
| 4.4.4 Quanto ao uso dos <i>softwares</i> em contexto profissional .....    | 88        |
| 4.4.5 Quanto ao desenvolvimento contínuo do saber .....                    | 88        |

|   |            |
|---|------------|
| <b>4.5 A visão dos profissionais.....</b> | <b>91</b>  |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>        | <b>93</b>  |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                   | <b>95</b>  |
| <b>APÊNDICES .....</b>                    | <b>103</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea está atravessando acentuadas transformações, em um ritmo cada vez mais acelerado, de forma que necessita de informações mais rápidas, otimizando o tempo, simplificando e agilizando tarefas. A tecnologia da informação está diretamente ligada ao desenvolvimento social, tornando-se cada dia mais indispensável em diversas áreas do conhecimento, dado que possibilita inovações, aumentando o número de novos conhecimentos disponíveis e renovando as formas de reprodução do pensamento. Segundo Lastres e Ferraz (1999), as atividades econômicas, nos mais diversos setores da sociedade, são afetadas pelas tecnologias de informação. Os setores se modificam e se rejuvenescem, apropriando-se das ferramentas de *softwares* para constituírem uma nova base de conhecimento e produção. Essas mudanças refletem um crescimento cada vez mais acelerado da busca dos profissionais pela informação e pelo conhecimento.

Adequando-se ao novo cenário atual, a escola, enquanto instituição de ensino produtora de conhecimento, não pode desprezar essa realidade. A evolução das ferramentas tecnológicas permite a facilidade de acesso às informações, e estas impulsionam mudanças no meio social; por isso, as formas de ensinar no meio educacional necessitam ser adaptadas, remodeladas e diversificadas. Todavia, essas mudanças são desafiadoras e exigem do professor, mediador do conhecimento, a responsabilidade de colocá-las em ação, com esforço intelectual e emocional, direcionando seu saber na preparação do estudante.

Já a Universidade tem um papel mais acentuado, pois, nesse caso, o ensino,

como um todo, deve oferecer aos estudantes ferramentas e técnicas para solucionar problemas, mas também despertar neles a tarefa de ser investigador, pensando em novos métodos de desenvolvimento para a formação de uma nova base de conhecimento, este, ligado a área profissional escolhida por cada estudante. Sendo o computador uma ferramenta essencial, principalmente nas empresas da área de estruturas, ele não pode faltar nas disciplinas essencialmente analíticas estruturais. Isso porque se trata de uma ferramenta mediadora de conhecimento, trabalhando conceitos e aplicando fundamentações teóricas à prática profissional, para um mercado de trabalho cada vez mais dinâmico.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) (CNE; CES, 2002) para os cursos de graduação em todo o Brasil as orientações para a preparação dos futuros profissionais, consideram a autonomia da instituição e da proposta pedagógica, incentivando as universidades a montar seu currículo dentro das áreas de conhecimento, para a formação daquelas competências que estão explicitadas nas diretrizes. Sendo assim, a instituição trabalha o conteúdo nos contextos que lhe parecerem necessários, considerando o tipo de pessoas que atende, a região em que está inserida e outros aspectos relevantes. Se embasados na tecnologia de informação que está disponível no mercado, é possível ao futuro engenheiro ter uma formação acadêmica cada vez mais próxima da realidade profissional. Dessa forma, é viável capacitar-se para gerir diversas informações e canalizá-las em suas necessidades específicas via programas computacionais, úteis na solução de problemas.

Para o sistema universitário, é significativo o uso da informática como ferramenta para o ensino e para a aprendizagem, principalmente nos cursos de ciências exatas, como as engenharias em suas análises de sistemas estruturais. Esses programas são facilitadores na realização de cálculos e modelos matemáticos e têm como objetivo simplificar e dinamizar situações para melhor compreensão dos usuários.

O cálculo estrutural engloba os âmbitos da mecânica aplicada, ciência dos materiais e matemática aplicada, a fim de estimar as deformações de estruturas, bem como as forças internas, tensões, reações de apoio, acelerações e estabilidade. Os resultados da análise são usados para verificar a aptidão de uma estrutura para seu

uso, sendo assim uma parte fundamental do projeto de engenharia.

A tecnologia pode ser usada para estudos dinâmicos de estruturas e de equipamentos antes da fabricação. Assim, é possível determinar os efeitos de cargas sobre estruturas físicas e seus componentes. Cabe salientar que cálculos estruturais através de prototipagem virtual não extinguem a necessidade de um protótipo físico, porém são de fundamental importância para minimizar custos, reduzindo o número desses protótipos e potenciais erros de execução.

As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TEDICs) proporcionam dificuldades, desafios e oportunidades aos docentes e gestores educacionais em sua incorporação aos processos de melhoria das condições de ensino e de aprendizagem nas Instituições de Ensino Superior. Milititsky (1998) afirma que o perfil esperado de um engenheiro apto para trabalhar em uma empresa estaria embasado nas seguintes características: base em fundamentos de engenharia; compreensão sobre os processos e projetos; entendimento sobre os contextos sociais, econômicos e políticos em que a engenharia é aplicada; capacidade de comunicar-se pensando de forma crítica e criativa; habilidade para se adaptar a mudanças grandes e rápidas; autonomia no desejo de aprender; além de cooperatividade e flexibilidade no trabalho em equipe. Nessa análise, o autor ainda indica outras características, como capacidade de gerir, autoconfiança na tomada de decisões, domínio de tecnologias inteligentes e criação de oportunidades.

Considerando que o espírito crítico e a criatividade devem ser preservados, Milititsky (1998) defende a ideia de que o mercado profissional tem exigido profissionais cada vez mais versáteis, multidisciplinares e proativos. Nesse sentido, é em sala de aula que o estudante deve ser motivado a desenvolver a habilidade de expor suas concepções, utilizar de seu raciocínio lógico e abstrair informações, dominando as técnicas computacionais, interpretadas e expressas por meios gráficos. Tudo isso com uma visão crítica e consciente dos efeitos das suas decisões sobre a sociedade.

Empregar os aplicativos computacionais para a análise de estruturas, durante a formação acadêmica, pode associar a teoria à prática profissional, tornando um mecanismo que assessora o professor e instrui o estudante para o mercado de



trabalho, uma vez que a sociedade é dependente direta da tecnologia em seus processos produtivos.

## **1.1 Problema**

Os *softwares* de análise, nas aulas de Morfologia das Estruturas, do curso de Engenharia Civil, têm potencial facilitador e motivador para a aprendizagem dos estudantes?

## **1.2 Objetivos**

A seguir, o objetivo geral e os específicos:

### **1.2 Objetivo geral**

Investigar como *softwares* de análise, nas aulas de Morfologia das Estruturas, do curso de Engenharia Civil, tem potencial facilitador e motivador para a aprendizagem dos estudantes, visando aproximar a abordagem teórica da prática profissional, utilizando programas computacionais, gratuitos, disponíveis na internet, na elaboração de atividades para um grupo de estudantes, a fim de mensurar o comportamento dos acadêmicos face a face com a ferramenta e suas potencialidades.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- a) Analisar uma atividade promovida em um ambiente de modelagem e simulação interativo, de única interface, desenvolvido especificamente para estimular a experimentação com estruturas;
- b) Observar e relacionar o uso do *software Ftool* e as análises desenvolvidas teoricamente pelos estudantes de Engenharia Civil;
- c) Sondar estratégias de inserção das tecnologias no desenvolvimento e

aplicação do conteúdo proposto pelas ementas;

d) Identificar as percepções dos estudantes com relação à atividade proposta e à relevância desta para a sua atuação profissional;

e) Identificar a relevância do uso das tecnologias durante a elaboração de projetos estruturais no dia-a-dia dos profissionais engenheiros.

### 1.3 Estrutura do texto

O trabalho consiste em descrever os conceitos e processos utilizados no desenvolvimento de uma atividade em um software educacional livre para análise de estruturas. Para isso, serão classificadas e dimensionadas as estruturas de concreto armado, e validar-se-á o uso do programa por meio do desenvolvimento de um relatório contendo uma análise numérica e explicativa do comportamento morfológico da estrutura. A seguir, são apresentados os conteúdos dos capítulos deste trabalho:

a) Capítulo 1: Apresentação do trabalho, introduzindo a problemática do tema, sua caracterização, objetivos e métodos utilizados;

b) Capítulo 2: Revisão bibliográfica e embasamento sobre a relevância das ferramentas computacionais nos processos de ensino e de aprendizagem. Análise das teorias de aprendizagem e enquadramento do processo. Conceitos de *software* educacional e de software livre. Descrição de alguns *softwares* disponíveis na internet e análise sucinta dos recursos de maior relevância com enfoque educacional;

c) Capítulo 3: Metodologia e apresentação dos métodos utilizados para desenvolvimento da pesquisa, caracterização dos métodos de uso do programa *Ftool* e as estratégias de observação das atividades;

d) Capítulo 4: Análise dos resultados das atividades, embasadas por um questionário virtual e pelas análises dos relatórios de desenvolvimento analítico realizados pelos estudantes;

e) Capítulo 5: Considerações finais e observações relevantes.

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA

Alicerçados pelo constante desenvolvimento tecnológico dos computadores e softwares de projeto, o avanço dos recursos e modelos de análise estrutural vem ganhando cada vez mais expressão nos escritórios de engenharia, fundamentados em aspectos relevantes como a competitividade e a maior segurança nos projetos. Todavia, os avanços não estão imunes a erros e riscos. Estruturas mal dimensionadas apresentam severas patologias e entram em colapso, fruto do uso inadequado das ferramentas computacionais. Ou seja, o conhecimento aprofundado dos softwares profissionais é instrução básica para a realização de um projeto de cálculo estrutural. Dessa forma, é de suma importância que os métodos e processos estejam somados aos fundamentos teóricos das análises utilizadas, permitindo ao engenheiro condições de perceber falhas e imprecisões.

Portanto, é a introdução das tecnologias durante a graduação do engenheiro que permite o verdadeiro aprendizado, a abstração e a conceitualização das mais avançadas formas de análise de estruturas, possibilitando soluções hábeis para minimizar os riscos que possam se apresentar. Evidentemente, é muito difícil que um único software atenda a todas as necessidades tanto pedagógicas quanto as de projeto. Para tais adequações, é importante a integração entre pesquisas e disciplinas, em que se crie uma linha contínua de desenvolvimento do estudante com o manuseio das ferramentas ao longo do curso superior.

Dentro dessa perspectiva, foi desenvolvida uma pesquisa em relação ao aprendizado dos cálculos estruturais por meio do uso das tecnologias computacionais

de código livre, que automatizam as análises matemáticas e geométricas em estruturas e seus comportamentos morfológicos.

## **2.1 Os processos de ensino e de aprendizagem**

As considerações sobre o atual estado do processo de ensino e aprendizagem nos possibilita identificar diversas correntes teóricas sobre a complexibilidade desse binômio. Para Fernández (1998), alguns fatores provocam esse movimento, como, por exemplo, as contribuições da Pedagogia atual em relação à aprendizagem, que permitem repensar a prática educativa e buscam uma conceitualização sobre os processos de ensino e de aprendizagem.

Com frequência são utilizados os substantivos “ensino” e “aprendizagem” para fazer referência aos processos “ensinar” e “aprender”. Para Fernández (1998), intrinsecamente, está claro que as palavras se referem a um “processo” e não a “coisas estáticas” ou fixas. Porém, não há referência de que equivalham a dois processos independentes ou separados. A partir dessa lógica, é melhor usar a designação verbal para reportar a esse processo, que é constituído fundamentalmente por uma interação entre dois organismos, pelo menos no caso de “ensinar”, uma vez que é possível “aprender” sem a presença um professor.

A simples análise gramatical é insuficiente para definir o conceito que firma a ação entre o docente e o discente. Freire (1971) declara que o significado das expressões não permite a elaboração de uma boa prática educacional. Já Skinner (1972) salienta que grande parte das definições são ficções verbais, convenções vazias, incapazes de referir-se ao que acontece, mas sim aos efeitos que o uso desses termos tem sobre os ouvintes. Desse modo, tanto o significado de “ensinar” quanto o sentido de “aprender” são expressões familiares que parecem autoevidentes, inquestionáveis e impossíveis de explicitar de outras formas.

Podemos considerar que a palavra ensinar é o efeito do que o professor faz, enquanto que a aprendizagem é efeito do papel do estudante. Bushell (1973) pondera que muitas das justificativas para o insucesso da aprendizagem são apenas explicações para o fracasso do ensino. Assim, é incorreto afirmar que “ensinou, mas

o estudante não aprendeu”, uma vez que o sucesso obtido na aprendizagem é definido pelo desempenho do aluno e não pela intenção ou ação do professor realizada em sala de aula. O autor observa, ainda, que a relação entre o que o professor faz e a efetiva aprendizagem do aluno pode ser identificado como o ato de ensinar.

No decorrer da história, observa-se que os conceitos sobre a produção de conhecimento sofreram muitas transformações. Dessa maneira, Bushell (1973) afirma que os processos de ensino e de aprendizagem tem se caracterizado ora por dar destaque à figura do professor como detentor do saber, responsável pela transmissão do conhecimento, ora por evidenciar o papel do estudante como sujeito aprendiz, formador de seu próprio conhecimento. Estudos e pesquisas sobre como se ensina e como se aprende confirmam que não há uma forma única para compreender esse processo.

Salienta o autor que as novas teorias também levaram a uma mudança na caracterização do perfil do estudante. Percebeu-se que há uma diferença intrigante entre “aluno” e “estudante”, nova configuração que é simples de ser entendida. O “aluno” é o simples receptor de conhecimento, inerte a demais ações que possam ocorrer no meio em que está inserido, e sem atitudes de busca de conhecimento. Já o “estudante” é aquele que tem papel ativo na construção do seu próprio saber, absorve as informações do professor e procura buscar análises externas que contribuam para a sua formação intelectual (BUSHELL, 1973).

Percebe-se que, nas últimas décadas, houve uma crescente contribuição por parte dos estudos realizados na área da pedagogia, que propõe uma mudança considerável nas práticas escolares, tendo em vista que essas análises têm provocado uma mudança de foco. Para Bushell (1973), é a partir da observação de como e quem ensina para como e quem aprende que são formadas novas noções e abordagens sobre o processo.

A primeira abordagem a ser mencionada é a “Tradicional”. Nesse conceito, o processo ensino-aprendizagem era inteiramente centrado no professor. Para Mizukami (1986), quanto maior a rigidez do ambiente escolar, mais concentrado e focado na aprendizagem o estudante se mantinha. O professor era considerado o simples repassador de conteúdo e o estudante um ser passivo no processo. Nesse

contexto, a memorização e a repetição eram as principais habilidades desenvolvidas nos estudantes.

Em sequência, está a abordagem “Comportamentalista”. Essa teoria tem como base o empirismo, que vê o estudante como produto do meio. A aprendizagem esperada do aluno ocorre por meio do conjunto de estímulo, resposta e reforço, tornando-se mecanizada e resultando em um condicionamento operante. Para Moreira (1999), na teoria comportamentalista, criada pelo pesquisador Skinner, o ensino é obtido quando pode ser colocado sob condições de controle e sob comportamentos observáveis. Desse modo, as atitudes são alcançadas quando o comportamento não desejado é punido e o desejado é reforçado ou incentivado com um estímulo, que se repete até se tornar automático.

Já a abordagem “Humanista” sugere foco direto no estudante. Segundo Mizukami (1986), o aspecto principal dessa teoria ocorre por intermédio das relações interpessoais e do crescimento que delas resulta. A partir disso, o professor deve centrar suas ações em dar assistência aos estudantes, agindo como um facilitador da aprendizagem. O conhecimento, então, resulta das experiências do aluno, que é capaz de buscar por si as informações de que necessita.

Outra abordagem é a “Cognitivista”, que, conforme Mizukami (1986), entende a aprendizagem como forma científica, produto do meio, resultado de fatores externos. A perspectiva são as relações sociais sem a perda do privilégio da capacidade do aluno em assimilar informações. Assim, o professor planeja os conteúdos, trabalha-os da melhor forma e ajusta-os ao desenvolvimento dos alunos. Aqui, o professor tem papel de coordenador e o estudante é um sujeito ativo em seu processo de aquisição de conhecimento.

Na teoria “Sociocultural”, o professor e o estudante tem uma relação de respeito e de intercomunicação não impositiva, abolindo as relações autoritárias de forma que se volta para uma de ação pedagógica histórica real. Segundo Freire e Illich (1975), o docente e o discente são sujeitos do mesmo processo educativo, ambos crescem juntos nesse contexto.

## 2.2 As teorias de aprendizagem

Segundo Moreira (2011), de forma geral, uma teoria é a tentativa de sistematizar uma área de conhecimento, um modo característico de ver as coisas, de esclarecer, prever observações e solucionar problemas. Os processos de ensino e de aprendizagem devem interpretar, descrever e caracterizar as teorias, aproximando a vida acadêmica da realidade do trabalho e do cotidiano. Sendo assim, para Delors (1998), não há limitação quanto à transmissão do conhecimento, mas recomenda-se incrementar a prática, de forma a levar à construção de competências que capacitem as tarefas intelectuais de concepção, estudo e organização necessárias ao futuro profissional. Essa aprendizagem deve ser contextualizada, significativa e colaborativa.

De acordo com Ribeiro (2008), o método de aprendizagem com base em problemas, *Problem Based Learning* (PBL), é fundamentado em concepções educacionais e resultados de pesquisas cognitivas que expressam a aprendizagem como um processo de construção de conhecimento. É diferente do conceito considerado tradicional, que acredita na recepção passiva e a acumulação de informações. Contudo, para que as informações sejam transfiguradas em conhecimento, é essencial estimular conceitos e estruturas cognitivas a respeito do assunto a ser analisado, permitindo que os estudantes elaborem e deem sentido ao conhecimento.

O método de aprendizagem fundamentado em problemas não é uma receita pronta para ser empregada em qualquer contexto de ensino; por isso, é considerada uma metodologia específica. Além disso, pode oferecer respostas satisfatórias a situações-problema consideradas delicadas durante a formação profissional.

Ribeiro (2008) esclarece que a possível alienação dos estudantes é ocasionada, justamente, pela inexistência de integração entre teoria e prática, bem como pela dificuldade em promover conhecimentos contextualizados, além dos embasamentos técnicos e científicos no processo de formação em Engenharia. Já Schnaid et al. (2001) realizaram uma atividade experimental com aplicação do método de ensino construtivista em uma turma de graduação de Engenharia e demonstraram que o uso dessa metodologia é aplicável para apenas algumas disciplinas do curso. Em outras, é melhor aplicar o método tradicional.

O construtivismo segue a mesma lógica, porém as metodologias de aprendizagem que tem base em problemas tornam as aplicações desses processos limitadas. Nesse caso, o estudante é sujeito ativo na construção do próprio conhecimento, capacidade desenvolvida a partir das suas próprias experiências. Porém, se ele tiver poucas vivências, terá pouca base para suprir todos os desafios que lhe são solicitados no método construtivista e no PBL. Segundo Tarouco (1999), nesses métodos, o aprendizado é realizado mais intensamente pelo estudante do que pelo instrutor ou professor. Nos processos de problematização das situações, o discente é solicitado a ter comportamentos e atitudes participativas.

Para Lopes (2007), a vantagem do PBL é a de transformar em algo mais dinâmico e envolvente o momento da aprendizagem, que é, por sua vez, compartilhada tanto por discentes quanto por docentes. Além disso, é uma possível contribuição para instigar no estudante o apreço pelo estudo e a disposição para a autonomia na busca pelo conhecimento. Conforme Ribeiro (2008), o PBL fornece aos discentes mais motivação na resolução das situações de trabalho para o qual estão sendo capacitados durante a sua formação acadêmica.

De acordo com Ribeiro (2008), o método de PBL sofreu alterações para ser aplicado nos cursos de Arquitetura e Engenharia. Nessas áreas, a obtenção de diagnósticos ou escolha de tratamentos não podem ser reduzidas a simples análises. Segundo Martins (2002), no ensino de Engenharia, os processos para a resolução de problemas são mais complexos, pois com frequência resultam em mais de uma possibilidade e implicam, por consequência, a confecção de artefatos concretos, como protótipos, maquetes e modelos. Para Kuri, Silva e Manzato (2007), processos como esses requerem mais tempo dos engenheiros, bem como conhecimentos conceituais e procedimentais mais difíceis de serem desenvolvidos de forma autônoma, em um tempo compatível com o período de graduação do estudante.

Em relação à teoria da aprendizagem contextualizada, para Crawford (2001), a aprendizagem ocorre quando o aluno processa novas informações ou conhecimentos, e estas têm sentido para ele em sua própria estrutura de referências, em suas memórias, experiências e respostas cerebrais. Quando um novo conteúdo possui relação com conceitos já relevantes, tem-se a aprendizagem significativa, com ideias claras e disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, que, então, assimila as



informações recebidas. De acordo com Ausubel (1978), esse processo tem início com a fundamentação própria do estudante, ou seja, o conhecimento é construído a partir do que tem significância para ele; entretanto, vale ressaltar que cada estudante tem sua visão particular do significado para um mesmo material exposto.

No que se refere à aprendizagem colaborativa, o estudante é responsável pelo aprendizado próprio e dos demais participantes do grupo, pois, segundo Fuks et al. (2006), é através da reflexão advinda da discussão em conjunto que o conhecimento é construído. O interesse e o pensamento crítico são induzidos pela troca de informações, concedendo aos estudantes melhores resultados do que se estivessem analisando sozinhos.

O panorama construtivista destaca a construção do novo conhecimento e de maneiras de pensar através da exploração de ideias abstratas e manipulação de objetos concretos. A aprendizagem colaborativa, para Ausubel (1978), é uma atividade na qual estudantes e professores cooperam para a realização de um modelo de conhecimento. Para esse processo se tornar possível, deve-se oferecer atividades em que os aprendizes exponham seus modelos, inserindo suas suposições e pré-conhecimentos, para serem analisados e criticados pelos demais estudantes. Sendo assim, o sujeito é ativo em todas as etapas e busca reconhecer e assimilar as informações presentes em seu meio. Dessa forma, as ferramentas empregadas têm a intenção de dar suporte a esses espaços, e podem ajudar os estudantes e professores a elaborar, entender, expressar e compartilhar suas criações.

Jean Piaget (1964) defende que a teoria construtivista, também chamada de epistemologia genética ou psicogenética é um estudo científico que explica a evolução da inteligência humana, ou seja, como ocorre a aprendizagem. De acordo com a ideia piagetiana, para haver aprendizagem é necessário estabelecer relações com o objeto de conhecimento por meio da interação do sujeito com o objeto, para, então, os sujeitos serem construtores do seu próprio conhecimento.

Rosa (2002) ressalta que a ação pedagógica envolve dois cerne, o ensino e a aprendizagem, figurados pelo estudante e pelo professor. Entretanto, os teóricos construtivistas têm como preocupação científica apenas com o estudante como aprendiz.

Os teóricos construtivistas não têm, em princípio, como preocupação científica pensar o pólo 'ensino' e sim, o pólo 'aprendizagem'. De modo mais preciso, não estão voltados à questão do 'como ensinar', mas ao 'como o indivíduo aprende'. O 'como ensinar' é tarefa a que devem se dedicar os especialistas em educação, aproveitando os avanços teóricos conquistados por esses pesquisadores (ROSA, 2002, p. 48).

O construtivismo é uma análise teórica elaborada através de observações sistemáticas e metódicas da própria vida prática, das ações de interação dos sujeitos com seus objetos de conhecimento. Isto é, trata-se do resultado de análises científicas de compreensão do fenômeno de aprendizagem. Contrariando as visões teóricas tradicionais, em que o homem é um ser passivo, conduzido por estímulos externos, na avaliação construtivista, o estudante é o sujeito responsável por sua própria aprendizagem.

Piaget (1964) ainda destaca que é necessária a organização, processo cognitivo em que o estudante sistematiza e organiza suas estruturas cognitivas, observa e ordena processos, para haver aprendizagem. Segundo o autor, nesse processo cognitivo, há dependência de dois outros processos complementares, a assimilação e a acomodação. Pela assimilação, o estudante engloba novas informações e experiências, enquanto que, na acomodação, modifica suas ações, ideias e conceitos conforme com suas experiências.

Nesta conjectura teórica, tem-se a aprendizagem como um fenômeno de construção pessoal, que ocorre tanto de forma autônoma quanto através do apoio recebido de outra pessoa, dependendo também de sua base conceitual prévia, de como vive e de suas experiências. Para Piaget (1964), é necessário que o estudante seja desafiado ao processo de aprendizagem, sentindo-se seguro, capaz e determinado para resolver o novo contexto proposto.

Pelas sustentações de Altoé (1993), percebe-se que o aluno é ativo e não passivo, um criador e não um receptor de conhecimento, um pesquisador que, intrinsecamente, aprende experienciando e cometendo falhas.

[...] o erro é considerado pelo ponto de vista da psicologia genética e tem um papel construtivo no processo de aquisição dos conhecimentos. Partindo dos 'erros', o sujeito revela seu modo de funcionamento cognitivo e a reflexão crítica sobre estes pode dar lugar à procura de uma melhor adaptação e conseqüentemente organização interna de raciocínio (ALTOÉ, 1993, p. 37).

Dessa forma, introduzir o uso das tecnologias apenas para facilitar e

modernizar o processo de aprendizagem é uma alternativa para a capacitação do aluno autônomo na resolução de situações-problema. Papert (1994) considera que, para o aprendizado se tornar significativo no ambiente informatizado, é fundamental que o uso do computador seja repensado de forma a vincular sua utilização a uma abordagem pedagógica construcionista. Segundo o autor, é denominada de construcionismo a abordagem pela qual o estudante estabelece conhecimentos por meio da ferramenta tecnológica.

### **2.3 O desenvolvimento das tecnologias e seu impacto histórico-social**

O crescente desenvolvimento das tecnologias da informação e da comunicação tem transmitido mudanças à sociedade, em suas mais variadas áreas. Desse modo, facilitam-se as relações sócio-cultural-econômicas, determinadas pela capacidade de se obter qualquer informação, em qualquer lugar, a qualquer momento, sendo o conhecimento fundamental e cada vez mais compartilhado. Araújo e Dias (2005) descrevem o termo Sociedade da Informação como a etapa do desenvolvimento da sociedade que se caracteriza pela abundância de informação organizada e que altera a consciência do indivíduo e de seu grupo social, permitindo-lhe um melhor estágio de desenvolvimento.

Nas últimas décadas, a introdução da tecnologia via computador na educação provocou diversas indagações na área quanto ao papel do professor, da educação e da importância do seu uso para auxiliar o estudante na construção do conhecimento. Isso porque a tecnologia impõe novos ritmos e dimensões à tarefa de ensinar e aprender. Dessa forma, a informática, na educação, é vista como uma promissora área a ser explorada e requer do sujeito um permanente estado de aprendizagem e de adaptação ao novo.

Sendo o computador um objeto sociocultural integrante do cotidiano das pessoas, o seu uso nas escolas pode trazer, sem dúvida, ganhos significativos para o aprendizado. Segundo Marques e Caetano (2002, p. 158),

Para a educação, a Internet pode ser considerada a mais completa, abrangente e complexa ferramenta de aprendizado. Podemos, através dela, localizar fontes de informação que, virtualmente, nos habilitam a estudar diferentes áreas de conhecimento.

Ao retrocedemos historicamente ao princípio do uso da tecnologia na educação, reconhecemos que a utilização de recursos tecnológicos foi considerada parte de um modelo tecnicista de educação, que visava somente os métodos e as técnicas a serem utilizadas. A integração das tecnologias no processo educacional repercutiu em um movimento de mudança que gerou insegurança e medo do desconhecido, no que tange ao uso da ferramenta, uma vez que o novo representa uma ameaça e impõe a tarefa de rever-se.

Altoé (2005) aponta que, diante das transformações da sociedade, cabe à educação promover mudanças em seu paradigma.

E nessa condição passou a exigir o uso de equipamentos que incorporam os avanços tecnológicos. Neste momento, não se pode ignorar que a educação necessita promover alteração em seu paradigma. E mudanças de paradigma na sociedade significam mudanças de paradigma também na educação e, por conseguinte, na escola. O tipo de homem necessário para a sociedade de hoje é diferente daquele aceito em décadas passadas (ALTOÉ, 2005, p. 39).

Sendo assim, em uma sociedade informatizada, o método tradicional de transmissão de conhecimento não colabora totalmente para a construção do saber do estudante. O objetivo da escola tradicional era ensinar as pessoas a se tornarem receptores passivos. Para Altoé (2005), produziram-se seres para atuar na sociedade do conhecimento, com pouca capacidade de pensar, de realizar descobertas científicas, de construir e reconstruir o conhecimento, de compreender que os pensamentos científicos não são fatos isolados e independentes.

À medida em que ocorreu a introdução de inovações tecnológicas no ensino, a aprendizagem deixou de ser fundamentada na transmissão da informação para tornar-se facilitadora, mediadora da construção de conhecimento do estudante. De acordo com Nazareno (2006), como consequência desse processo, houve uma elevação de produtividade, criando condições técnicas e econômicas para que segmentos da sociedade anteriormente ligados à economia agrícola de subsistência fossem incluídos na economia de mercado, através da mão de obra treinada por sistemas de tecnologia operacionais. Para o mercado de trabalho, as inovações operacionais permitiram a contínua redução de custos de produção, tornando possível a progressiva massificação de bens e produtos antes acessíveis apenas ao topo da estrutura social. Para Castells (apud LASTRES; FERRAZ, 1999), o que se modificou

não é o tipo de atividade na qual a humanidade está engajada, mas a habilidade em usar uma força produtiva que difere a espécie humana das demais: a capacidade de processar símbolos.

Ocasionado pela tendência tecnológica dos anos 70, os novos aspectos sócio-culturais-econômicos advindos da informática, telecomunicações e outros setores produtivos são consequência da aceleração dos processos de produção e de difusão da informação e do conhecimento. Informação e conhecimento são, assim, elementos centrais na sociedade atual e, embora importantes nas sociedades que se antecederam, tornam-se, aqui, fatores decisivos e essenciais por serem recursos imateriais, não deterioráveis e não esgotáveis.

A Sociedade da Informação vem formando-se devido à reestruturação que originou um novo sistema econômico e tecnológico conhecido como Capitalismo Informacional – termo que elege a tecnologia de informação como o paradigma das mudanças sociais que reestruturaram o modo de produção capitalista a partir de 1980. Segundo dados do Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) (RNP, 2011), em 1991, o Brasil entra na era da internet com a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), uma operação acadêmica subordinada ao ministério. No ano de 1994, as páginas na Internet se tornam mais populares, a velocidade dos provedores melhora e a rede começa a ser utilizada para o comércio. Já em 1997, há uma explosão de provedores de acesso. Em 2003, 600 milhões de pessoas estavam conectadas à rede, e esse número chega à casa de um bilhão de usuários no mundo no ano de 2007. Em 2011, no Brasil, a rede passou por um grande salto qualitativo, com 244% de aumento em relação à capacidade anterior. Assim, a infraestrutura de comunicação para o ensino e pesquisa foi projetada para garantir, além da largura de banda necessária ao tráfego de internet usual, a possibilidade do uso de dados para serviços e aplicações avançadas e a experimentação.

Nesse contexto, Behrens (2000) enfatiza que as informações e as ideias circulam de forma rápida e a Internet é a rede de comunicação que permite a disseminação quase que instantânea das transformações fundamentadas nas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TEDICs), fornecendo elementos necessários para a construção de uma nova sociedade. A tecnologia é fundamental em várias áreas do conhecimento, facilitando as relações e proporcionando soluções

a problemas complexos. A utilização das redes como método de interação no processo educativo amplia as ações de comunicação entre estudantes e professores e o intercâmbio dos saberes educacionais e culturais. Para o autor o uso da Internet com prudência e equilíbrio transfigura-se em um instrumento relevante para o processo educativo. Com a colaboração da Internet, o ensino enfraquece as barreiras da sala de aula, acelerando a independência de aprendizagem dos estudantes em seus próprios ritmos e assumindo, assim, uma educação de caráter coletivista.

Esses recursos, obtidos através do acesso às redes de informação, atraem os estudantes que se sentirão capazes da autoaprendizagem. Moran (2008, p. 6) destaca que

A internet é uma tecnologia que facilita a motivação dos alunos, pela novidade e pelas possibilidades inesgotáveis de pesquisa que oferece. Essa motivação aumenta, se o professor a faz em um clima de confiança, de abertura, de cordialidade com os alunos. Mais que a tecnologia, o que facilita o processo de ensino-aprendizagem é a capacidade de comunicação autêntica do professor, de estabelecer relações de confiança com os seus alunos, pelo equilíbrio, competência e simpatia com que atua (MORAN, 2008, p. 6).

Portanto, assimilar e integrar a linguagem virtual nas salas de aula de nossas universidades sugere uma busca pela compreensão do processo de construção de aprendizagem, a epistemologia do processo de ensinar e aprender, de acordo com a realidade posta pela sociedade da informação.

## **2.4 As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação - TEDICs**

O campo da educação tem sido orientado para modelos de aprendizado que focalizam a instrução, o que Tapscott (1999) chama de aprendizado transmitido. O termo “professor” é compreendido como um especialista que possui a informação e a transmite ou difunde aos estudantes, consolidando, segundo Silva (2014), uma imagem de autoritarismo e hierarquismo.

É recomendado, por muitos autores reformistas e apreciadores de tecnologia, o fim da escola, dos livros e até mesmo dos professores com a inserção das TEDICs. Dessa forma, para Buckingham (2010), em um panorama geral, os professores sentiram-se amedrontados pelos investimentos em ferramentas tecnológicas realizados pelas escolas. Conseqüentemente, em muitas delas, observam-se

laboratórios pouco equiparados, poucos acessíveis e com ferramentas ultrapassadas.

Apesar da incorporação das TEDICs aos processos de ensino, conforme Silva e Claro (2007), as aulas permanecem tendo base na lógica de transmissão do conhecimento através de um sistema hierarquizado e sequencial. Segundo Prensky (2001a), esse tipo de recepção do conhecimento será empregado apenas para a memorização de informações sem atender às demandas das novas gerações de estudantes. De acordo com a UNESCO (2009), as TEDICs possibilitam ao professor transmutar seu papel de transmissor do conhecimento para um de criador de possibilidades, de modo que os estudantes sejam autores de seu próprio processo de produção ou construção do conhecimento.

A atual geração de estudantes aprendeu a lidar com novas tecnologias fora dos ambientes de ensino e está ingressando no sistema educacional com grandes potencialidades. Essa geração, segundo Veen e Vrakking (2009), é chamada de Homo zappiens e tem múltiplos acessos a recursos tecnológicos desde a infância. Portanto, é necessário que as instituições de ensino estejam atentas quanto ao uso que os estudantes fazem das TEDICs, tanto no espaço escolar quanto fora dele.

As TEDICs, segundo Tapscott (1999), são ferramentas com grande potencial, uma vez que estimulam a curiosidade e a experimentação, motivam o estudante e os torna responsáveis pelo aprendizado. Sendo assim, para Prensky (2001a), é necessário que os professores abordem as tecnologias e suas habilidades. Entretanto, o desafio não é simples, pois se trata de uma tentativa de os imigrantes digitais ensinarem os nativos digitais. Tapscott (1999) destaca que, para que o processo funcione, os professores devem tornar-se, no mínimo, tão fluentes no domínio das novas mídias quanto seus alunos.

Para atender aos novos desafios dessa geração, Prensky (2001b) afirma que é necessário que os professores reestruturarem seus conteúdos e metodologias, criando estratégias menos “passo a passo” e mais paralelas e relacionais. Silva e Claro (2007) admitem que o processo não é fácil, pois trata-se de uma geração habituada a modelos de transmissão linear, compostos apenas por emissão e recepção de conhecimentos, com processos de ensino e de aprendizagem mais lentos.

Recentemente, a UNESCO (2014) propôs um documento que aborda as diretrizes e políticas que permitem às instituições de ensino e aos estudantes se beneficiarem do uso das ferramentas computacionais nos processos de ensinar e aprender. Isso porque compreendeu-se que a base tecnológica, os dispositivos móveis, estão em constante ascensão. Essas diretrizes ligam-se à capacitação dos professores de utilizarem as ferramentas e ressaltam a importância de os gestores educacionais apoiarem e estimularem os professores no uso das tecnologias no cotidiano de suas salas de aula.

Por esse motivo é que Buckingham (2010) debate a necessidade do letramento digital, possibilidade dos indivíduos de realizarem pesquisas de forma rápida e eficaz, contraporem informações, apurarem fontes confiáveis e relevantes, sendo protagonistas de uma produção de conhecimento mais dinâmica e veloz. Nesse contexto, os professores devem aproveitar o entusiasmo das novas gerações e canalizá-las para o uso das tecnologias de informação, superando seu uso puro e simples e tornando-as instrumento para desenvolvimento de habilidades técnicas. De acordo com Buckingham (2010), as TEDICs precisam ser utilizadas como possibilidade de estímulo a reflexões ativas e críticas acerca do conhecimento, o que, segundo Tapscott (1999), produz sujeitos críticos, colaboradores, argumentadores e capacitados para o atual mercado de trabalho.

## **2.5 O uso das tecnologias como recursos didáticos**

Até meados dos anos 1980, a demanda de mercado da sociedade industrial definia o embasamento para a formação do engenheiro nas Universidades. A partir dos anos de 1990, os paradigmas educacionais mudaram e Milititsky (1998) indaga se a Universidade brasileira já é capaz de formar indivíduos com o novo perfil.

O atual mercado de trabalho exige uma formação progressista frente aos avanços tecnológicos. Recebe-se melhor um profissional que, além de possuir bom domínio de conhecimento em sua formação básica, tem formação extra em campos de conhecimento que interagem diretamente com sua área de atuação. Para Soares (1998), o conhecimento científico básico, construído nos anos iniciais dos cursos de engenharia, é o que permite o desenvolvimento do raciocínio lógico característico do



engenheiro e torna-se a base de aptidões para o aprendizado na interação com as ferramentas tecnológicas. Segundo o autor,

Infelizmente, o desenvolvimento do raciocínio lógico bem estruturado [...] não é entendido como meta do ensino [...]. A base conceitual, tão necessária à formação desejada para o engenheiro, torna-se, para o alunado, um verdadeiro martírio. Um enfoque teórico, é, geralmente, encarado como perda de tempo, o importante, realmente, são os exercícios de aplicação, e que devem ser resolvidos diretamente para a solução particular prescrita pelos valores de contorno do problema. Solução literal, com a substituição posterior dos dados iniciais, não é bem aceito por nossos estudantes (SOARES, 1998, p. 61).

Estimulado pela presença em massa das ferramentas tecnológicas nos mais diversos segmentos da sociedade e por suas inúmeras possibilidades, a educação sofreu um impacto que pretendia ser transformador nos moldes de ensino. Apresentado como uma multiplicidade de processos, o computador trouxe a instrumentação ao toque de um dedo, viabilizando a interação multimídia com comandos de ações do mundo real e a interligação dos processos entre as pessoas.

Existem diversas ferramentas disponíveis no mercado para o auxílio de estudantes no processo de aprendizagem que se tornam grandes aliadas na construção da capacidade de aprender. Os programas de cálculos e modelagens, cada vez mais relevantes nos cursos das engenharias, trabalham em ambientes virtuais que favorecem uma análise mais visual dos problemas de projeto.

Outra proposta dos softwares é a agilidade na realização de tarefas em diversas situações, o que facilita a compreensão dos estudantes, além de dar condições para que ele apresente soluções mais rápidas e eficazes a situações que serão vividas futuramente no âmbito profissional, fora de sala de aula. Segundo Azevedo (1999, p. 3):

Os Sistemas Especialistas apresentam várias vantagens sobre os tradicionais métodos de ensino expositivo. Além de tornar a aprendizagem institucional mais realística e aumentar a motivação dos estudantes, permite que o aluno, através da comunicação interativa com o sistema, torne-se um participante mais ativo no processo de aprendizagem, ao contrário dos ambientes tradicionais de sala de aula [...] (AZEVEDO, 1999, p. 3).

Dessa forma, Azevedo (1999) nos certifica de que fazer uso dos recursos tecnológicos como apoio nas aulas presenciais enriquece o processo de aprendizado do aluno, uma vez que este tem a viabilidade de interagir com o software, experimentando as mais variadas condicionantes de projeto e obtendo resultados

para suas escolhas de forma muito próxima da realidade.

Schnaid et al. (2001) aponta uma reflexão em relação à prática de ensino de Engenharia, ao uso das tecnologias de informação e ao perfil do engenheiro:

A experiência do uso de multimídia e de ensino à distância também permite formular algumas considerações de caráter subjetivo, quanto à possibilidade de amadurecimento intelectual, em função do processo de ação individual de busca de informações, bem como da exposição do aluno às discussões para consolidar os conhecimentos adquiridos. Nesse caso, o próprio sistema de aprendizagem estaria reforçando a autonomia para o autoaprendizado, uma das virtudes hoje reconhecidas no que se poderia considerar o perfil desejável do profissional de engenharia, além da capacidade de trabalho em grupo, criatividade, liderança, comunicabilidade, entre outros (SCHNAID et al., 2001, p. 2).

O computador é uma ferramenta que traz à educação múltiplas possibilidades de aprendizagem de processamento numérico; tratam-se de aplicações físicas, matemáticas e estatísticas, representadas de forma simbólica e lógica através de sistemas especialistas com processamento de imagem e texto. Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia (TAKAHASHI, 2000), além da comunicação rápida, causaram um forte impacto em duas vertentes:

- a) A instrumentação de dispositivos físicos e a interação multimídia, despertando possibilidades de interação via imagens, sons, controles e comandos de ações similares às do mundo real;
- b) A interligação via internet entre pessoas em locais distantes, estimulando novas possibilidades de relação espaço-temporal entre educadores e educandos.

Em estudo sobre didática, Silveira (2003, p. 34) cita que há dificuldade na construção de conceitos, de modo que “na formação profissional o problema deve, sempre que possível, ser referido ao contexto profissional, visando a motivação e justificação do aprendizado frente às expectativas dos futuros profissionais”. Nesse sentido, a utilização das TEDICs é justificada pela oportunidade de oferecer ao estudante o contato com rotinas que são vivenciadas em ambientes profissionais, como, por exemplo, o processo de execução de estruturas de concreto armado. Portanto, é necessário, também, utilizar o acesso à Web a fim de explorar a contextualização profissional observada por Silveira (2003), tendo em vista que nem sempre é possível inserir o estudante em um empreendimento que esteja executando

algum projeto específico.

São constantes os questionamentos sobre o rumo da educação no que se refere ao uso da tecnologia para o ensino das engenharias. Bazzo e Pereira (1996) cita que “o engenheiro vem perdendo seu status e importância na sociedade brasileira”. Conforme o autor, essas indagações se dão pelo fato de que os modelos educacionais utilizados para o ensino de engenharia não acompanharam as crescentes tendências do mercado na busca por profissionais que estejam prontos para desenvolver processos mais ágeis e precisos a partir do uso das tecnologias. Colombo e Bazzo (2001, p. 9) destacam que

[...] a tecnologia é hoje parte inerente da vida do ser humano de modo que não conseguimos nos ver separados dela. Muitas vezes concebemos a nós mesmos como complexas máquinas físico-químicas com um cérebro, que pode ser comparado a um potente e complicado computador [...].

É peculiar do engenheiro ocupar na sociedade posições de destaque nas mais diversas áreas de atuação. Devido a sua formação ampla, encontram-se engenheiros em cargos de gerência de grandes empresas, mesmo que não de engenharia. Além disso, inclusive na política, grandes representantes têm como formação acadêmica a engenharia. Para Bazzo e Pereira (1996, p. 183), a engenharia moderna é a ciência que “se caracteriza pela aplicação generalizada dos conhecimentos científicos à solução de problemas”. O engenheiro deve ser preparado para um mercado de trabalho que exige um perfil de eficiência e liderança, a fim de ocupar altas posições, uma vez que, pela natureza de sua formação, é um resolvidor de problemas.

O estudante que utiliza programas e softwares no computador atua em um ambiente aberto, inserindo-se na atividade por inteiro. Segundo Almeida (1999), o professor tem um papel de responsabilidade ao criar um ambiente para estimular o pensar, desafiando o estudante a construir, individualmente ou em grupo, seus conhecimentos, o que propicia aprendizado em ações de vida profissional, aumentando sua autoconfiança, autoestima, senso crítico e responsabilidade nas decisões.

Para um ambiente virtual na interpretação construcionista, Almeida (1999) sugere ao estudante construir e reconstruir o seu conhecimento por meio das informações do mundo exterior, podendo o professor relacionar situações e problemas rotineiros da vida profissional e do mercado de trabalho, de modo que a compreensão

seja resultado de uma interação do estudante com o objeto. A ferramenta educacional possibilita a interação do indivíduo com um problema, a construção do conhecimento e a resolução da atividade; o professor, por sua vez, assume o papel de ser o mediador da aprendizagem, auxiliando o estudante em sua tarefa.

De acordo com Valente (1993), o aparecimento das ferramentas computacionais provocou, na educação, fortes questionamentos sobre os métodos e as práticas educacionais. Certamente, a abordagem construcionista tem um papel fortalecedor na quebra de paradigmas, pois os ambientes virtuais propiciam a interação dos professores e estudantes por meio de situações conflituosas que surgem ao longo do processo. Desse modo, Almeida (1999) certifica que a inclusão das tecnologias nos ambientes escolares e universitários trazem à tona desafios que devem ser usados como locomotiva para atitudes progressistas no que diz respeito às aprendizagens. Se buscam transformações educacionais, deve-se mudar os paradigmas, sustentando a formação de cidadãos mais críticos, com autonomia para construir o próprio conhecimento, embasados no uso das ferramentas tecnológicas na educação como potencializadoras de tais mudanças.

Portanto, o uso dos recursos computacionais, como apoio ao ensino presencial, relatos de casos via audiovisuais, vídeos contendo informações práticas de temas vistos nas aulas presenciais, mecanismos de busca interativos em repositórios da Web, como softwares de cálculos, são exemplos do que há disponível em tecnologia de informação. Para Milititsky (1998), essas ferramentas são caracterizadas como um auxílio ao estudo autônomo, à interação e à contextualização dos conteúdos disciplinares, tanto teóricos quanto práticos, além de promoverem uma forma eficiente de trazer à sala de aula os casos concretos e situações reais, facilitando a visualização e a compreensão. Desse modo, esses exemplos destacam a relevância do uso de novas tecnologias para moldar o profissional cujo perfil atenda às exigências do século atual e são opções para as inquietações provocadas pela necessidade de mudança na forma de ensinar e aprender Engenharia.

## **2.6 Softwares educacionais aplicados a análise de estruturas**

Para que se possa considerar um *software* como uma ferramenta educacional,

ele deve ser preferivelmente livre e permitir o desenvolvimento continuado por meio de código fonte disponível e bem documentado. Atualmente, com o surgimento da Internet e sua expansão, o processo para disponibilidade do programa, do código fonte e da documentação se tornou simples e viável.

O conceito de *software* livre favorece a sociedade na construção e apropriação do conhecimento, democratizando as possibilidades de gerar inovação, muitas vezes restritas a determinados grupos. Encorajar o uso desses programas educacionais no modelo de software livre permite que as instituições de ensino, professores e estudantes possam adaptar os programas às suas necessidades pedagógicas e de pesquisa. Dessa forma, estimula-se um ambiente de maior cooperação e integração entre projetos e disciplinas.

Vieira (2011) propõe uma ficha para registro da avaliação de um software educativo com base em aspectos técnicos e pedagógicos, em que se destacam os seguintes:

- a) o software educativo deve ser pensado segundo teorias de construção do conhecimento;
- b) não descartar ou restringir a intervenção do professor como agente de aprendizagem;
- c) dentro de uma concepção construtivista, o software, para ser educativo, deve proporcionar um ambiente interativo que permita ao aluno propor e testar hipóteses;
- d) a integração de diferentes disciplinas é uma característica importante na classificação de um software como educativo;
- e) tecnicamente, o software educativo deve apresentar uma boa qualidade de telas, clareza de instruções, compatibilização com outros softwares, recursos de hipertexto e hiperlink, help-desk, manuais técnicos com linguagem apropriada ao professor e ao aluno, facilidade de manuseio, etc.

Azevedo (2000) defende a utilização de *softwares* no ensino universitário, porém esta não deve ser um mero treino de usuários dos programas adotados, mas

sim uma abordagem da teoria aplicada às práticas sistematicamente utilizadas no mercado de trabalho, sugerindo uma solução intermediária aos processos. Entretanto, o processo de aprendizado dos métodos de análise estrutural não é eficiente sem o conhecimento sobre o comportamento estrutural. Para o autor, é muito difícil motivar o estudante a aprender a teoria dos métodos de análise sem entender como o modelo analisado se comporta na prática. Portanto, o processo de aprendizado dos métodos de análise melhoraria bastante se o estudante pudesse aprender sobre o comportamento estrutural simultaneamente, ação que pode ser realizada por meio dos softwares simuladores.

Crawford (2001) explica que o ensino contextualizado tem como objetivo principal possibilitar a transferência de conhecimento dos estudantes a novas situações, fornecendo elementos ao ensino e motivando os estudantes ao aumentar seu interesse, sua autoconfiança e melhorar sua aprendizagem. Com instrumentos que facilitam a comunicação necessária nos processos, a tecnologia educacional está subordinada à concepção, objetivos e estratégias educacionais. Segundo Parchen, Scheer e Nikkel (2007), a utilização de ferramentas de informação na elaboração de materiais de apoio mescla três áreas de conhecimento, educação, informática e construção civil, servindo como suplementação aos processos de ensino e de aprendizagem nos cursos de graduação em Engenharia Civil.

De acordo com a abordagem de aprender e ensinar, a mente procura, naturalmente, significados em contextos. Crawford (2001) sugere uma espécie de concepção inicial que estabelece relação direta com o ambiente em que a pessoa está inserida, pois é onde ela busca relações que fazem sentido e parecem ser úteis. O autor complementa que, uma vez estruturados os planos curriculares fundamentados na metodologia da contextualização, intenciona-se estimular cinco formas essenciais de aprendizado: Relacionar, Experimentar, Aplicar, Cooperar e Transferir – R.E.A.C.T.

São constantes, em projetos acadêmicos, os sistemas com base educacional auxiliados por sistemas de gerenciamento da construção civil. Para Brasil (2007), esses sistemas fornecem aos estudantes novas ferramentas tecnológicas combinadas para viabilizar a construção do conhecimento. É importante relacionar as informações obtidas em um problema a ser resolvido, com situações e fatos do cotidiano, experiências reais. Porém, devido à limitação de recursos tecnológicos em

sala de aula e a complexidade dos conceitos, essas experiências são apresentadas por meio de textos, vídeos, exposições orais e, em casos específicos, visitas a canteiros de construção civil.

Experimentar é aprender no âmbito da exploração, descoberta e invenção. A aprendizagem ocorre mais facilmente quando os estudantes têm oportunidade de manipular equipamentos e materiais e realizar pesquisas de laboratório com base em tarefas profissionais, relacionadas a situações reais. Essas atividades de laboratório são utilizadas em uma ampla gama de ocupações a fim de aplicar conceitos e informações em contextos que colocam os estudantes em uma possível situação do dia-a-dia profissional nem sempre familiar (BRASIL, 2007).

Estratégia fundamental para a aprendizagem contextualizada, esse cenário ocupacional estimula o estudante a cooperar com o ambiente em que se encontra inserido, interagindo com outros colegas e estimulando trabalhos em equipe a partir de diferentes pontos de vista. Ao cooperar, o estudante aprende o conteúdo e ajuda os demais colegas, o que favorece a construção de habilidades, como o trabalho em equipe, postura exigida pelo mercado de trabalho dos atuais profissionais (BRASIL, 2007).

Por fim, a qualidade dos resultados dos dados obtidos em pesquisas depende do ato de transferir, ou seja, aprender a partir de um contexto anterior de conhecimento, construindo a ideia pelo que já se sabe. Esse método se assemelha com o relacionar, pois tem base naquilo que já é familiar ao estudante (BRASIL, 2007).

A organização não governamental, sem fins lucrativos, *Center for Occupation and Research Development* (CORD, 2017), do Estado do Texas, Estados Unidos, é reconhecida por trabalhos realizados na área de pesquisa e desenvolvimento educacional e tem analisado como diferentes estudantes aprendem e como os grandes professores ensinam. A partir desses estudos e dos resultados obtidos, vem se formando a perspectiva de um novo currículo e nova forma de instrução. O CORD chama de Aprendizado Contextual o método de ensino que, a partir de conceitos e técnicas, permite que os estudantes enfrentem desafios diários, encontrando a conexão destes com o ambiente fora do ensino.

A concepção dos processos de ensino e de aprendizagem contextualizados,

refere-se a aprender relacionando com experiências do cotidiano, da vida, da comunidade e do trabalho. Dessa forma, gera-se um ambiente de estudo permeado pela influência do uso de sistemas informatizados de gestão de informação e simulação de situações de projeto. Souza Filho e Castro (2001) analisam o uso da informática como apoio a processos de projeto, salientando a importância de recursos contextualizados, como a criação de ambientes virtuais, sistemas de *groupware* e a própria Internet.

A integração com a Internet, dentro do arcabouço da Tecnologia da Informação como um todo, vem facilitando o desenvolvimento do projeto de forma colaborativa, integrando todos os profissionais envolvidos no projeto [...], simultaneamente e não mais sequencialmente, bem como o cliente que pode interagir e acompanhar via Internet todo o processo de desenvolvimento do projeto desde suas fases iniciais (SOUZA FILHO; CASTRO, 2001, p. 104-105).

A interdisciplinaridade contextual, no ensino de Engenharia, reflete uma demanda do próprio mercado de trabalho. Naveiro e Oliveira (2001) afirmam que, cada vez mais, a atividade de projetar implica necessidades teóricas e práticas, além de demandar do engenheiro um envolvimento maior nas etapas relacionadas à informação. Desse modo, os estágios de desenvolvimento e concepção de projetos têm recebido mais atenção e investimentos em comparação a custos de produção. Nesse sentido, a atividade de projetar requer habilidades do profissional, como gestão de informações no trabalho em equipe e capacidade de antecipação de situações, o que legitima o uso de ferramentas que auxiliam o desenvolvimento dessas análises.

Entretanto, vale ressaltar, que muitas das grandes obras já realizadas pela humanidade ao longo dos séculos, foram concebidas através das análises e observações sem o uso de qualquer elemento tecnológico. Faz-se importante referência as grandes Pirâmides do Egito, obras magníficas da engenharia, e projetadas através dos conhecimentos repassados pelas ancestralidades e utilizando apenas processos construtivos da época. Estes monumentos da engenharia encontram-se hoje intactos, e após mais de quatro mil anos sofreram apenas pequenas degradações de seus elementos pela ação das intempéries climáticas. A Grande Pirâmide de Quéops (Khu-fu) é a mais elaborada que existe, sua magnitude chega a 146 metros de altura, com base de 230 metros de cada lado, pesando cerca de 6,5 milhões de toneladas. Foi projetada em torno de 2 560 a.C. sendo utilizados para a sua construção cerca de 2,3 milhões de blocos de calcário e seu formato



escolhido justifica-se pela estabilidade característica do polígono piramidal.

Foram dedicados anos de cálculo e análises para conceber tais obras e inclusive, através disto, muitos conhecimentos matemáticos foram criados e implantados nas metodologias que conhecemos hoje. Uma grande quantidade de estudo e planejamento deve ter sido necessária antes que qualquer construção tomasse forma. Esboços e plantas sugerem modelos que devem ter sido feitos de diversas pirâmides, os quais podem ter servido de auxílio para o projeto arquitetônico, além disto, conhecimento em matemática, geometria e astronomia também devem ter sido requeridos para calcular ângulos, medidas, inclinações e esforços da pirâmide.

São muitos os mistérios que permanecem escondidos sob as imensas pedras das pirâmides, a altura da pirâmide dividida pelo perímetro total dos quatro lados da Grande Pirâmide está relacionada ao raio da circunferência do círculo, isto é, na relação de  $2\pi$ ; sua altura, multiplicada por um bilhão resulta na distância entre a estrela maior, o Sol até nosso planeta, a Terra; o meridiano que passa pelo centro da pirâmide divide duas metades exatamente iguais, continentes e oceanos; estando esta grande pirâmide situada no centro de gravidade dos continentes. Surpreendentemente, ao cortar o meridiano, os raios da estrela Sírio são perpendiculares à face sul da Grande Pirâmide, desta forma, penetram na câmara real através do canal de ventilação, iluminando a cabeça do faraó. Através da face norte, pela abertura principal e um segundo túnel, até a câmara interior dão passagem à luz da estrela Polar. Todas estas análises foram feitas sem o uso de qualquer simulação computacional e incrivelmente suas estruturas de sustentação nunca foram danificadas e seus elementos projetados permanecem originais.

### **2.6.1 Softwares com ênfase em análises estruturais**

Os *softwares* utilizados em cálculo de estruturas, na Engenharia Civil, auxiliam tanto na obtenção de desenvolvimento de análises numéricas como em representações gráficas, sustentando uma compreensão do comportamento da estrutura. A análise estrutural basicamente determina os esforços e deslocamentos gerados pelas ações atuantes na estrutura. Para o engenheiro, utilizar os métodos manuais de análise estrutural demanda um tempo excessivo devido à complexidade

das situações, tornando o processo inviável para a maioria dos problemas no dia-a-dia, o que motiva o emprego de métodos computacionais.

A seguir, são apresentados alguns programas muito disseminados no meio acadêmico e profissional da Engenharia Civil, que possuem similaridade em suas interfaces gráficas. Isto é, softwares que determinam os esforços solicitantes e deslocamentos das estruturas por meio de modelos matemáticos, a partir da definição dos fatores de influência, como tipo de materiais e geometria das estruturas. Para a escolha do *software* a ser utilizado nesta pesquisa, alguns critérios ergonômicos propostos por Robin Jeffries foram adotados e são descritos por Souza (2007).

Quadro 1 – Critérios para avaliação de um *software*

| <b>Presteza</b>   | <b>Carga de trabalho</b>   | <b>Controle explícito</b>  | <b>Adaptabilidade</b>   |
|---|--|--|---|
| Diz respeito às informações que permitam ao usuário se localizar no andamento do programa; assim como a utilização das ferramentas necessárias que possibilitem o seu modo de acesso. Uma boa presteza poupa ao usuário o aprendizado de vários comandos. | Avalia a maneira pela qual uma interface se apresenta ao usuário, de maneira a reduzir a sua carga cognitiva e perceptiva. | Estabelece a maneira, pela qual as ações dos usuários são controladas pelo sistema e também o controle que o usuário tem sobre o processamento de suas ações pelo sistema. | Refere-se à capacidade do sistema de reagir conforme o contexto e necessidades ou preferências do usuário.                                    |
| <b>Gestão de erros</b>  | <b>Homogeneidade/coerência</b>   | <b>Significado de códigos e denominações</b>   | <b>Compatibilidade</b>  |
| Diz respeito aos mecanismos utilizados para se evitar ou minimizar a ocorrência de erros e que possa também, quando eles surgirem, favorecer a sua correção.  | Trata da maneira pela qual os títulos, nas diversas interfaces, devem ser apresentados com o mesmo formato.                | Diz respeito à relação entre o objeto ou a informação e o significado a que ele se refere. Códigos significativos diminuem a incidência de erro pelo usuário.              | Refere-se ao fato de que as informações apresentadas devem ser compatíveis com os hábitos e características do usuário, bem como de seu meio. |

Fonte: Do autor, adaptado de Souza (2007).

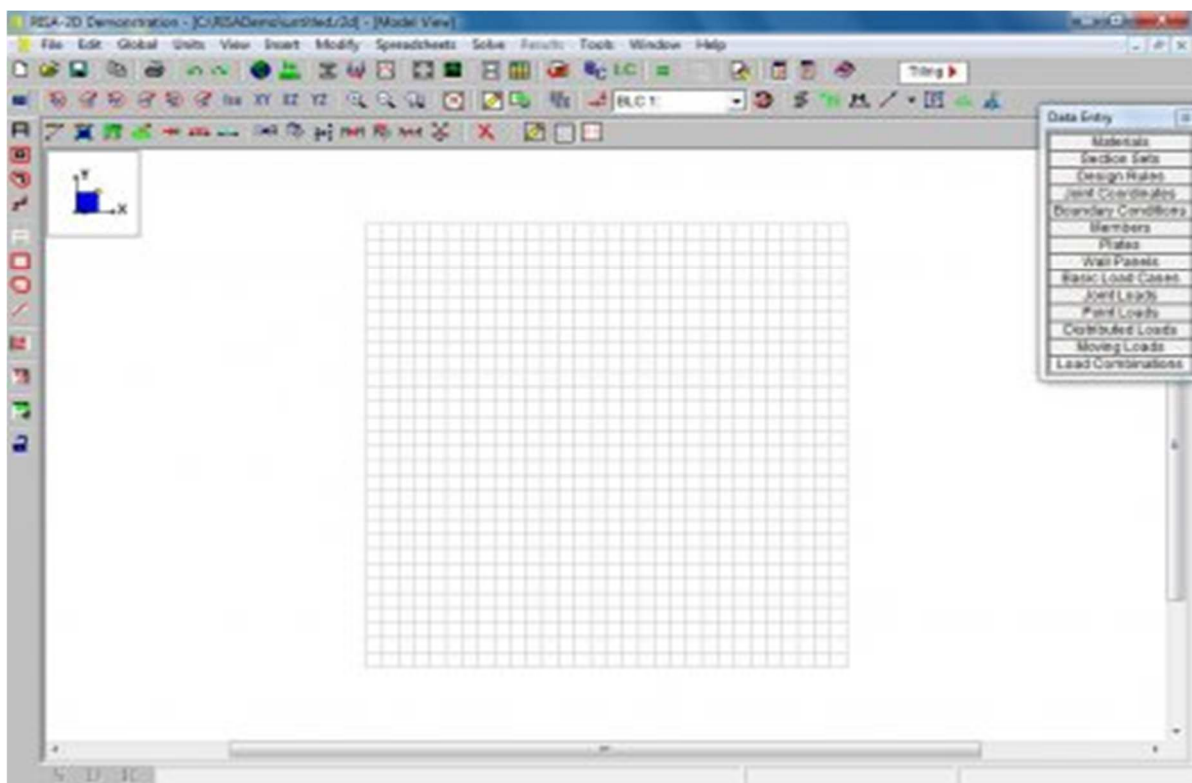
### 2.6.2 Risa 2D

Embasado nos mais atuais códigos de *design* de aço, concreto, aço frio e design de madeira, o Risa 2D oferece ferramentas para simular projetos de multimaterial. Com recursos avançados, como configuração flexível e um *layout* que possibilita a edição de materiais personalizados, permite ao engenheiro autonomia no

controle de *design* (SOFTWARE INFORMER, 2017).

O programa possibilita resultados de forma gráfica e pode-se visualizar relatórios detalhados dos membros que participaram da edição do projeto, análises e cálculos de projeto, incluindo esboços com notas de rodapé, como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 – Interface do programa Risa 2D

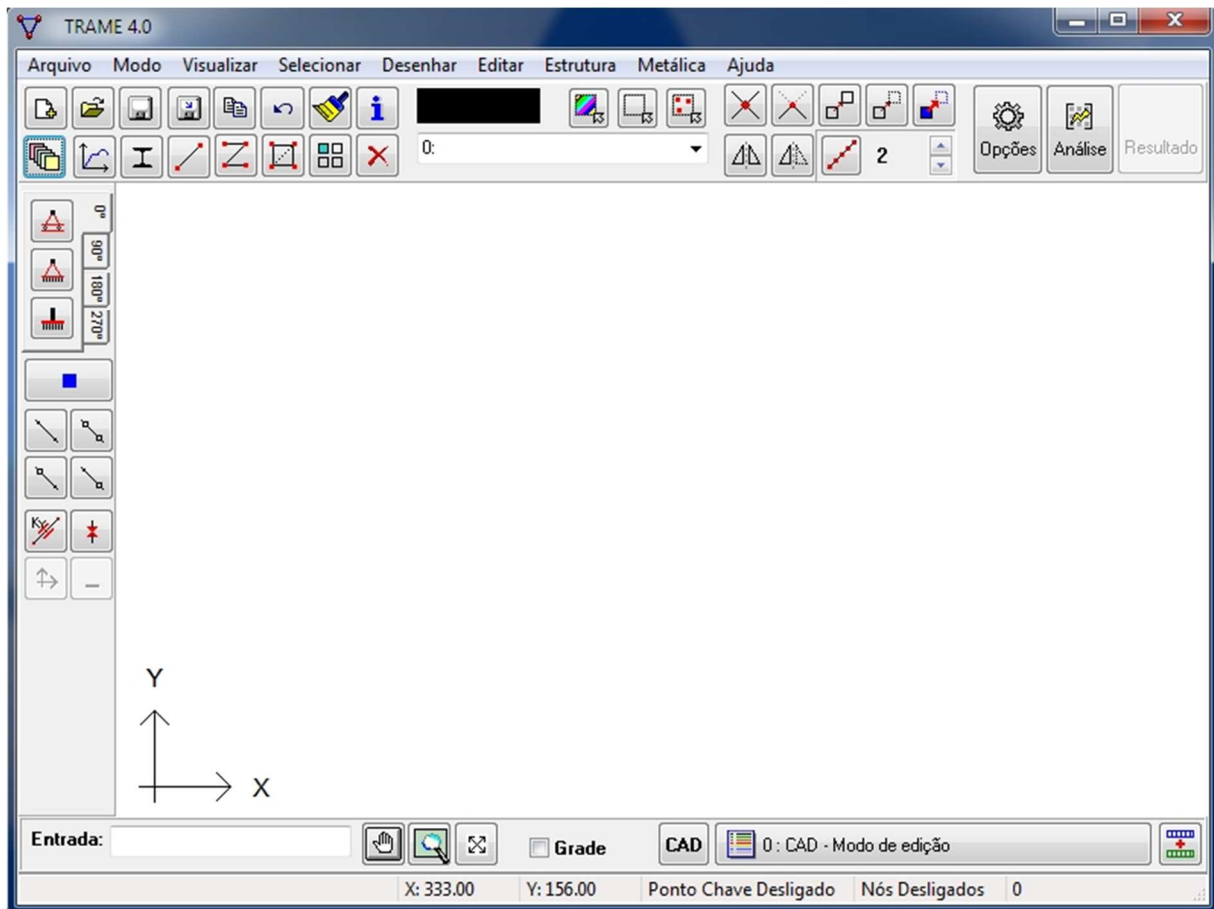


Fonte: *Software Informer* (2017, texto digital).

### 2.6.3 Trame 4.0

*Trame 4.0* é um *software* educacional para análise linear e não linear e dimensionamento de pórticos metálicos (ORMONDE, 2012, texto digital). Nesse programa, encontram-se algumas ferramentas de produtividade para uso educacional e profissional. Além disso, é possível utilizar recursos, como importação de arquivos, combinação de ações, resultados gráficos por meio de relatórios dos resultados de esforços, reações de apoio e deslocamentos da estrutura, como demonstrado na Figura 2.

Figura 2 – Interface do programa Trame 4.0

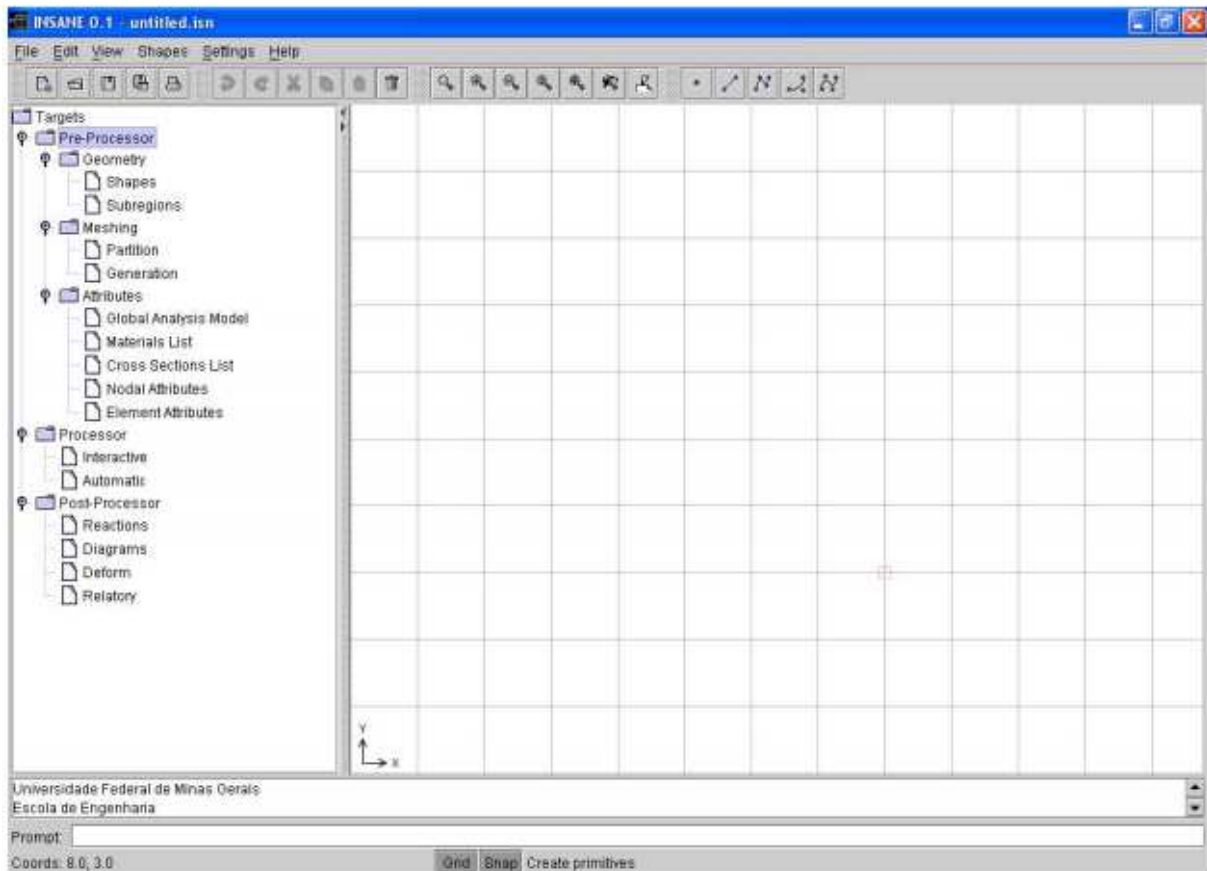


Fonte: Ormonde (2012, texto digital).

### 2.6.4 *Insane* 1.1

O *Insane* 1.1 é um *software* de código livre para análise de estruturas estáticas e dinâmicas. Propõe uma solução gráfica e interativa para a análise de estruturas implementadas na linguagem Java, linguagem de programação interpretada e orientada por objetos. Baseado em modelos estruturais de barras, permite a análise estática linear de vigas, pórticos planos, treliças planas e grelhas (ALMEIDA, 2005). Como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Interface do programa Insane 1.1



Fonte: Almeida (2005, p. 4).

### 2.6.5 Ftool

O *Ftool* é um programa que se destina ao ensino do comportamento estrutural de pórticos planos. Seu objetivo é ensinar o comportamento estrutural através de uma ferramenta simples, unindo, em uma única interface, recursos para uma eficiente criação e manipulação do modelo de pré-processamento, aliados à análise da estrutura rápida e à visualização eficaz de resultados. Foi desenvolvido pelo engenheiro civil, Luiz Fernando Martha, professor do departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), para representar diagramas de forças normal, cortante e fletor (ALIS, 2015). Observando que o *software* atende a maior parte das dimensões ergonômicas, propostas por Souza (2007).

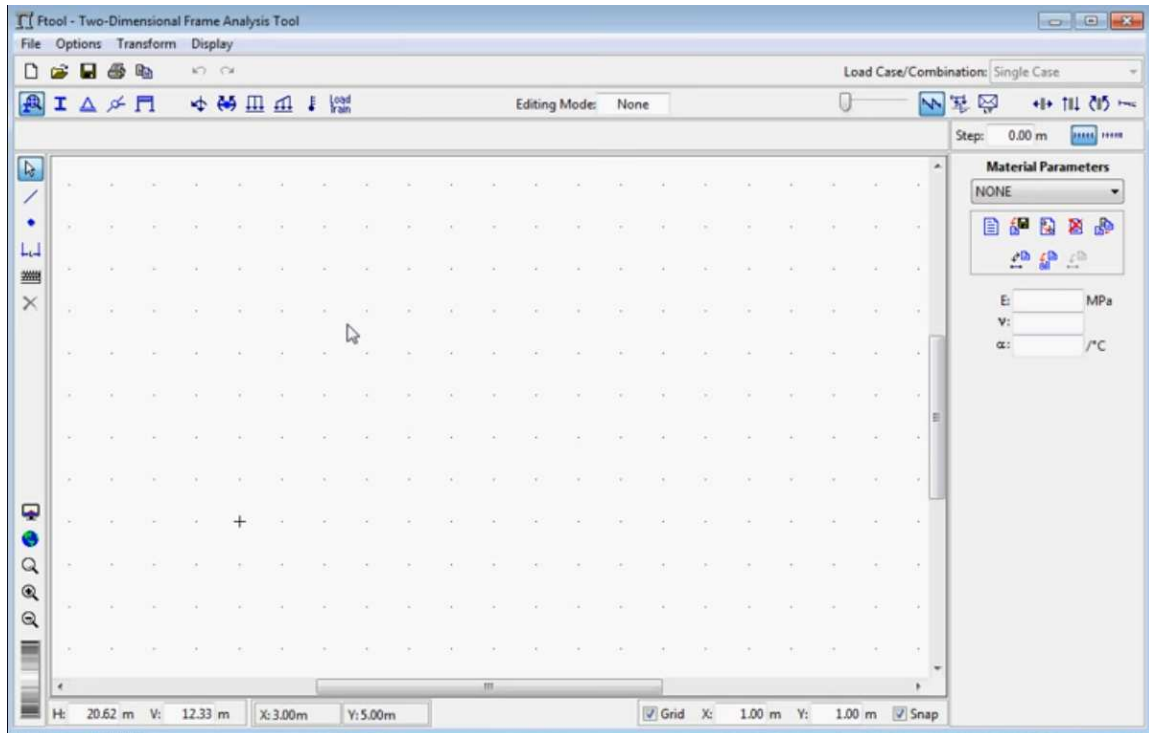
Quadro 2 – Software *Ftool*: aspectos ergonômicos

| <b>Presteza</b>  | <b>Carga de trabalho</b>   | <b>Controle explícito</b>  | <b>Adaptabilidade</b>   |
|--|--|--|---|
| Possui uma sequência de comandos que facilita a aprendizagem e induz o usuário, em alguns casos, a encontrar os comandos apropriados para cada aplicação.  | Interface amigável e de fácil percepção. Tem a limitação de não permitir que se movimentem os nós e as barras das estruturas definidas pelo usuário. | Não apresenta ferramentas que orientem o usuário ao longo da entrada de dados quanto aos possíveis erros. Em algumas etapas da entrada de dados isto ocorre, porém não de forma generalizada.  | Possui uma razoável adaptabilidade, através do menu Preferências.   |
| <b>Gestão de erros</b>   | <b>Homogeneidade/coerência</b>   | <b>Significado de códigos e denominações</b>   | <b>Compatibilidade</b>  |
| Apresenta ferramentas que atendem a esse critério, como o alerta para quando a estrutura está instável. Porém, esses alertas não estão presentes, de forma generalizada, ao longo do processo de entrada de dados. | Mantém uma boa uniformidade nos títulos e nas interfaces.  | Possui códigos e denominações satisfatórias ao usuário, especialmente nos símbolos presentes nos ícones que selecionam cada tipo de dado de entrada. No quadro 2, está indicado o símbolo que seleciona o tipo de vínculo, representado por um triângulo, que é a forma de representação de um apoio de primeira ou segunda ordem, largamente utilizado nos modelos estruturais. | Extremamente relevante, pois leva em consideração a linguagem característica das disciplinas da área de Estruturas. Isso provavelmente ocorre pelo fato do software ser desenvolvido pela equipe coordenado por um professor universitário da área de Estruturas. |

Fonte: Do autor, adaptado de Souza (2007).

Foi definida a utilização do *software* educacional *Ftool*, de forma que o programa tornou-se conhecido e muito difundido no ambiente acadêmico, uma vez que é de fácil compreensão e, semestralmente, utilizado para análises de estruturas na disciplina de Morfologia das Estruturas, da Universidade pesquisada, como visto na Figura 4.

Figura 4 – Interface do programa Ftool



Fonte: Cavalcanti (2015, texto digital).

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

### 3.1 Abordagem experimental

No presente trabalho foi realizada uma pesquisa qualitativa, analítica e experimental. Segundo Tartuce (2006), uma pesquisa é classificada como qualitativa quando há a busca pela assimilação de fenômenos complexos, a partir de comparações, descrições e explanações, interagindo com avaliações mais profundas sobre as informações que são colhidas em determinada pesquisa experimental, explicando a relação entre causa e efeito. Conforme Silva e Claro (2007) na análise experimental, o pesquisador é ativo e envolve-se na condução dos fatos e processos avaliados, desta forma, atua e avalia as mudanças a partir da seleção das variáveis que pré-estabeleceu, define a forma de controle sobre elas e observa os efeitos sobre o objeto de pesquisado.

A pesquisa apresentada neste trabalho foi realizada através de uma atividade prática com duas turmas de estudantes do curso de Engenharia Civil, na disciplina de Morfologia das Estruturas, oferecida pela Universidade do Vale do Taquari (Univates) no primeiro semestre letivo de 2017. Ao total, 45 estudantes participaram da pesquisa. O assunto abordado para a elaboração da atividade era de conhecimento dos estudantes e a contribuição desta pesquisa é, exclusivamente, proporcionar uma visão sobre a utilização de *softwares* educacionais como auxílio no aprendizado dos estudantes de engenharia.

Com base nos métodos de análise estrutural trabalhados durante a disciplina e



após a aula em que foi apresentada a ferramenta *Ftool* por meio de um exercício para o conhecimento de suas funções e configurações, a proposta apresentada ao grupo de estudantes foi a resolução de dois modelos estruturais, escolhido o caso típico da viga biapoiada com cargas pontuais, distribuídas e inclinadas. Para cada uma das turmas foram aplicados dois exercícios diferentes, conforme pode-se visualizar nos Apêndices A e B. Estes exercícios foram apresentados na forma de modelos discretos, sendo nomeados em Modelo discreto 1, Modelo discreto 2, Modelo discreto 3 e Modelo discreto 4.

Para a resolução dos exercícios foi necessário utilizar a ferramenta *Ftool* como auxílio na análise dos esforços solicitantes, de modo a aprofundar os conhecimentos sobre os diagramas de força normal, de força cortante e de momento fletor em sistemas estruturais simples. Ao final, os estudantes deveriam elaborar um relatório contendo as observações, bem como os cálculos realizados manualmente e as percepções com relação ao comportamento das estruturas.

Após a realização da prática, os estudantes receberam um questionário virtual (Apêndice C), com dez questões objetivas e com possibilidade de comentários sobre a atividade e a utilização do programa. As perguntas referiam-se às percepções quanto à comparação de métodos de análises e experiências obtidas com a utilização do *Ftool* e à avaliação da sua utilidade no processo de aprendizado e assimilação dos conteúdos estudados na disciplina, bem como a validade do conhecimento para a vida profissional. O questionário foi respondido no período de 10 de abril a 14 de julho do ano de 2017. Além dos estudantes, também foi realizada uma entrevista (Apêndice D) com cinco profissionais, engenheiros civis, que atuam no mercado de trabalho, a fim de verificar a importância do aprendizado de cálculo estrutural com *softwares* e o uso destes no dia-a-dia no processo de concepção de projetos estruturais.

Pretendeu-se, com isso, verificar a eficácia dessa ferramenta educacional, demonstrando a sequência comportamental do modelo estrutural sob ação de carregamentos, de forma que a prática pudesse resultar em uma aprendizagem mais significativa no que diz respeito à análise estrutural. Isso porque o processo de aprendizagem torna-se mais significativo quando a informação a ser compreendida interage com os conhecimentos prévios do estudante, que abstrai as informações por meio de associações. Em suma, a atividade proposta pretendeu verificar a utilização

de um *software* educacional como ferramenta facilitadora de aprendizagem, propiciando percepções e assimilação mais significativas de conteúdos através de conflitos gerados em situações de contexto profissional.

### 3.2 Análise dos modelos estruturais

Para esta pesquisa usou-se, como referência, as análises de Martha (2010) sobre os níveis de abstração para análises estruturais embasadas na modelagem por Computação Gráfica, estruturada por Gomes e Velho (1998). Segundo o autor, os elementos estruturais que possuem comprimento maior do que as dimensões da seção transversal são, geralmente, simulados numericamente por elementos unidimensionais de barra. Esse processo torna a formulação mais simplificada e reduz de forma considerável o custo operacional da análise estrutural, principalmente quando se tratam de obras de grande porte. São frequentes, na construção civil, estruturas constituídas por elementos de barras, como treliças de cobertura, planas ou espaciais, pórticos, pilares e vigas em edificações, torres, entre outras.

A análise estrutural traduz-se em determinar os efeitos das ações sobre uma estrutura, ou seja, a definição dos esforços e dos deslocamentos gerados pelas ações que atuam na estrutura. Martha (2000) afirma que essas ações são combinadas, de forma que produzem uma situação mais desfavorável para o conjunto da estrutura ou um elemento específico dela. A utilização de métodos manuais de análise, em geral, apresentam, em suas formulações, muitas aproximações e demandam do engenheiro calculista um tempo excessivo de trabalho, tornando o processo inviável para ser solucionado no papel. Dessa forma, motiva-se a utilização de *softwares* para análise de estruturas, tornando essa linha de pesquisa um problema corrente e significativo.

Conforme Soriano e Lima (2006), gradativamente, a atividade profissional do engenheiro tem se embasado no desenvolvimento e uso de ferramentas numéricas de análise estrutural. Segundo Süsskind (1981), são bastante utilizadas para implementação de programas computacionais, quando se trata de estruturas reticuladas – estruturas formadas por elementos de barras – e métodos de análise estrutural, como o método das forças ou da rigidez, também conhecido como o método dos deslocamentos.

É na análise estrutural de projeto que se realiza uma previsão do comportamento da estrutura. São os conceitos e teorias físicas e matemáticas que resultam na formalização da Engenharia Estrutural como ciência e compõem o processo de análise. Para a análise de estruturas, são trabalhados quatro níveis de abstração, que, segundo Martha (2010), são fundamentados nas concepções dos quatro universos da modelagem em Computação Gráfica estruturada por Gomes e Velho (1998) e no conceito de análise estrutural de Felippa (2004), como pode ser verificado na Figura 5.

Figura 5 – Quatro níveis de abstração referentes a uma análise estrutural



Fonte: Martha (2010, p. 3).

O primeiro nível de abstração é o do mundo físico, isto é, representa a estrutura real tal como é construída no ambiente que a compõe. Na Figura 6 observa-se um modelo de estrutura real construído com concreto armado.

Figura 6 – Sistema real de vigas em concreto armado

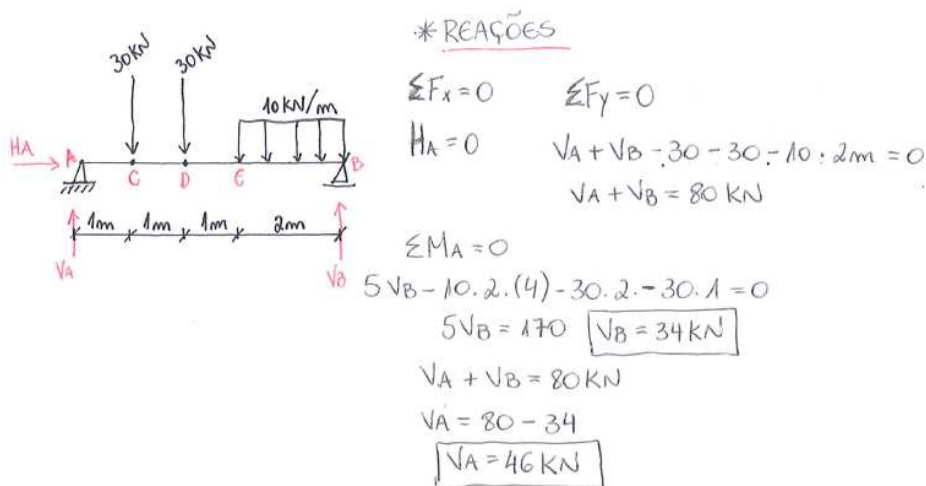


Fonte: Leonardi ([2017?], texto digital).

Segundo Martha (2010), o segundo nível de abstração da análise é o modelo matemático e analítico utilizado para representar a estrutura analisada, apresentado nas Figuras 7, 8 e 9. Esse modelo compreende todas as teorias e hipóteses que descrevem o comportamento da estrutura para os diversos esforços. São as leis

físicas, como o equilíbrio entre forças e tensões, relações de compatibilidade entre deslocamentos e deformações e leis constitutivas dos materiais que compõem a estrutura, que definem as hipóteses para as solicitações que a estrutura irá sofrer. Para o autor, é um dos encargos mais importantes da análise estrutural o momento em que se cria o modelo estrutural de uma estrutura, tarefa esta que se torna bastante complexa, conforme o tipo de estrutura e sua importância.

Figura 7 – Cálculo das reações de cargas em viga bi-apoiada



Fonte: Do autor (2017).

Figura 8 – Cálculo dos esforços cortante e momento fletor em viga bi-apoiada seccionada

\* CORTANTE

$$Q_A^a = 0$$

$$Q_A^d = V_A = 46 \text{ kN}$$

$$Q_C^a = V_A = 46 \text{ kN}$$

$$Q_C^d = V_A - 30 = 46 - 30 = 16 \text{ kN}$$

$$Q_D^a = 16 \text{ kN}$$

$$Q_D^d = 16 - 30 = -14 \text{ kN}$$

$$Q_E = -14 - 10 \cdot 2m = -34 \text{ kN}$$

$$Q_B^a = -34 \text{ kN}$$

$$Q_B^d = -34 + 34 = 0$$

\* MOMENTO

$$M_A = 0$$

$$M_C = V_A \cdot 1 = 46 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

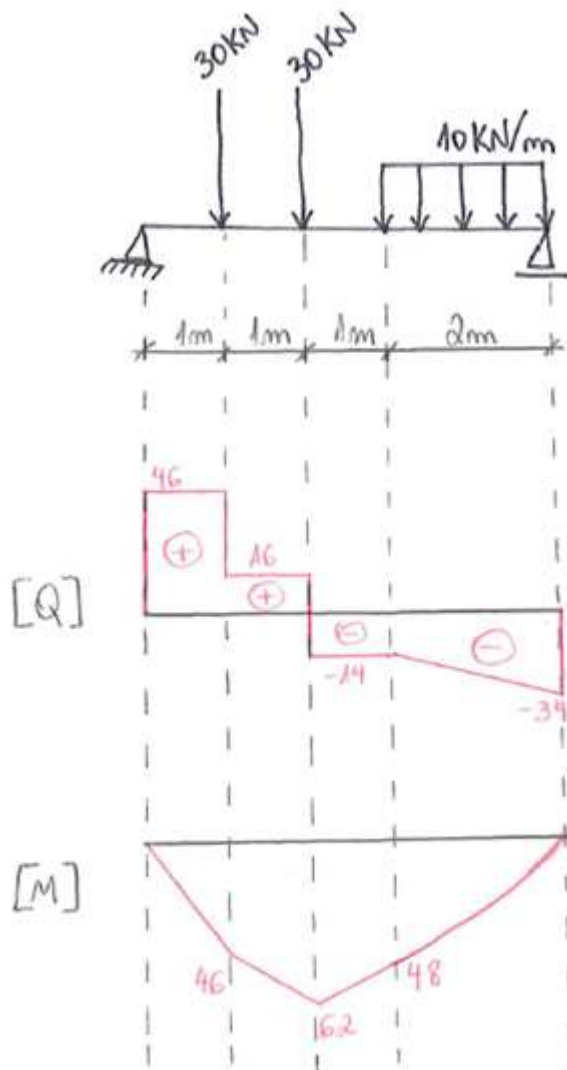
$$M_D = V_A \cdot 2 - 30 \cdot 1 = 62 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_E = V_A \cdot 3 - 30 \cdot 2 - 30 \cdot 1 = 48 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_B = V_A \cdot 5 - 30 \cdot 4 - 30 \cdot 3 - 10 \cdot 2 \cdot 1 = 230 - 230 = 0$$

Fonte: Do autor (2017).

Figura 9 – Gráfico dos esforços cortante e momento fletor em viga bi-apoiada



Fonte: Do autor (2017).

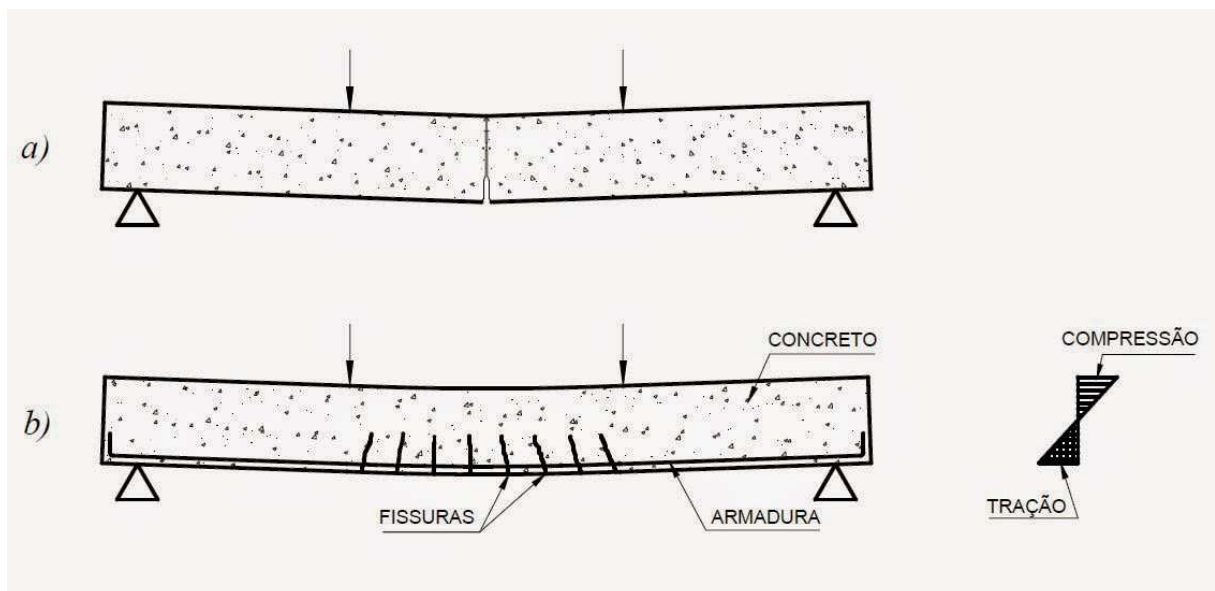
Segundo Martha (2010), ao conceber um modelo estrutural, o engenheiro idealiza um comportamento real da estrutura, adotando uma série de hipóteses sobre os esforços que a estrutura deverá suportar, com base em teorias físicas e em resultados experimentais e estatísticos, divididas nos seguintes tipos:

- hipóteses sobre a geometria do modelo;
- hipóteses sobre as condições de suporte (ligação com o meio externo, por exemplo, com o solo);
- hipóteses sobre o comportamento dos materiais;

d) hipóteses sobre as solicitações que agem sobre a estrutura (cargas de ocupação ou pressão de vento, por exemplo).

Contudo, considerar outras hipóteses simplificadoras, que entram na idealização do comportamento da estrutura real, pode ser bastante complexo, pois a representação de cargas acidentais, exemplificado na Figura 10, pode envolver alto grau de simplificação para se aproximar da realidade. O mesmo pode ser considerado a respeito do comportamento dos materiais utilizados na construção ou do comportamento das condições de apoio da estrutura.

Figura 10 – Tensões ocasionadas em vigas bi-apoiadas com armadura (a) e sem armadura (b) e seu comportamento

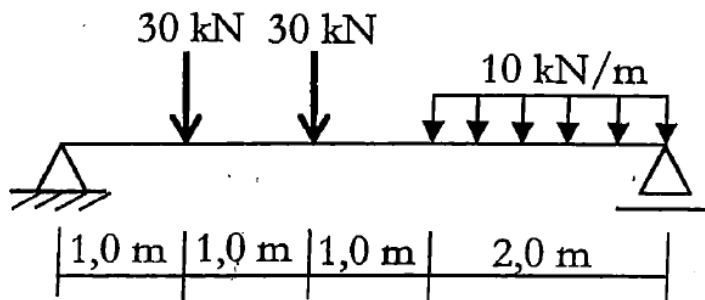


Fonte: Pfeil (1989, p. 7).

O terceiro nível de abstração utilizado na análise estrutural é o modelo discreto. É configurado dentro das metodologias de cálculo dos métodos de análise, na concepção do modelo discreto de estruturas reticuladas. Genericamente, Martha (2010) afirma que esses métodos empregam um conjunto de variáveis ou parâmetros para representar o comportamento da estrutura. Nesse nível, especificado nas Figuras 11 e 12, o comportamento analítico é substituído por um comportamento discreto, denominado discretização, em que os parâmetros adotados dividem ou particionam um todo em partes com menor complexidade, com a finalidade de facilitar cálculos. Os tipos de parâmetros adotados dependem, no modelo discreto, do método de

análise utilizado. No método das forças, os parâmetros adotados são forças ou momentos, enquanto que, no método dos deslocamentos, os parâmetros são deslocamentos ou rotações.

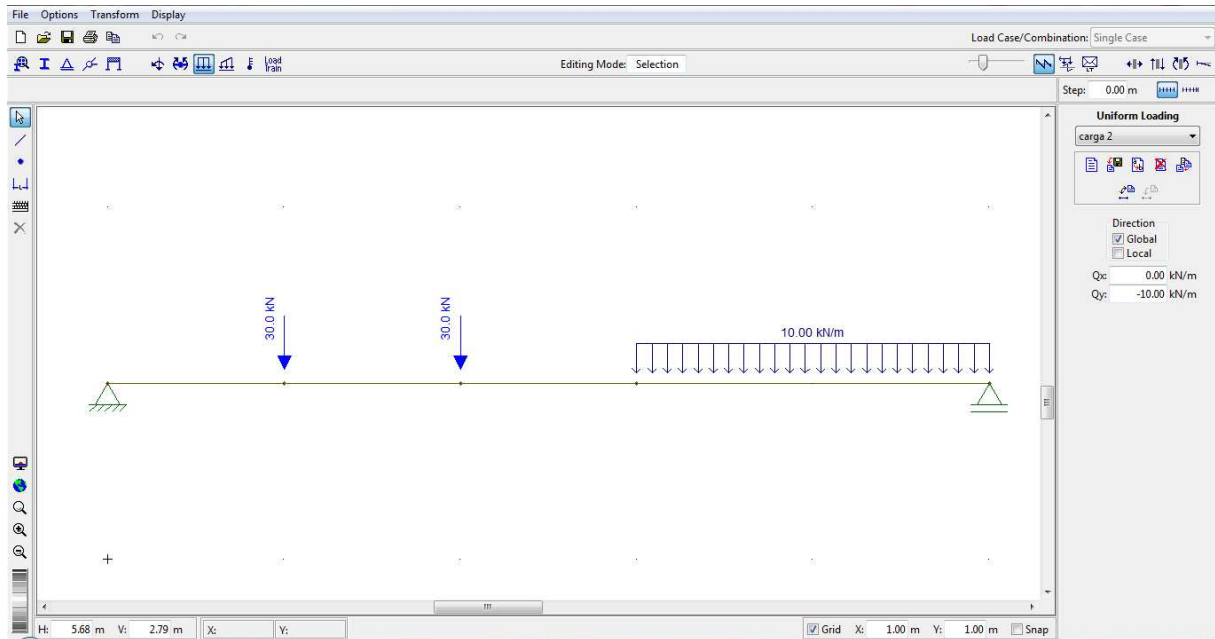
Figura 11 – Carregamentos em modelo de estrutura discreta



Fonte: Do autor (2017).

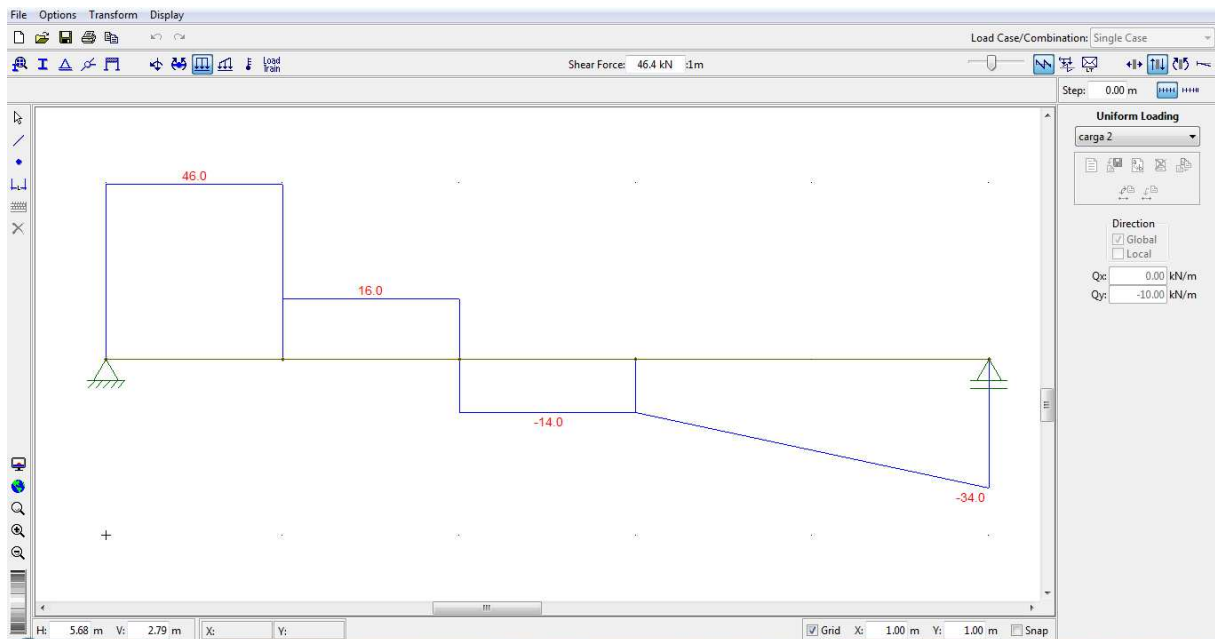
O quarto nível é a criação de programas gráficos interativos. Essa análise estrutural só passou a ser feita a partir do uso do computador, podendo ser vista atualmente como uma simulação computacional do comportamento de estrutura em situação real. Segundo Martha (2010), é importante frisar que é inconcebível, atualmente, executar profissionalmente tarefas de análise estrutural, mesmo para o caso de estruturas reticuladas, sem o uso dos programas computacionais. Os modelos discretos do Método das Forças e do Método dos Deslocamentos são facilmente obtidos através de resolução manual quando analisadas em forma de barras individuais; todavia, seu comportamento pode ser implementado computacionalmente, acelerando o projeto em estruturas maiores. Além disso, devem ser considerados outros aspectos para executar uma análise estrutural, como estruturas de dados, procedimentos de criação do modelo geométrico, geração do modelo discretizado, aplicação de atributos de análise, ou seja, propriedades de materiais, carregamentos e suporte. Verifica-se na Figura 12 a análise de carregamentos; na Figura 13, esforço cortante; Figura 14, diagrama de momento fletor e Figura 15, deformações.

Figura 12 – Uso do *software* para análise de carregamentos



Fonte: Do autor (2017).

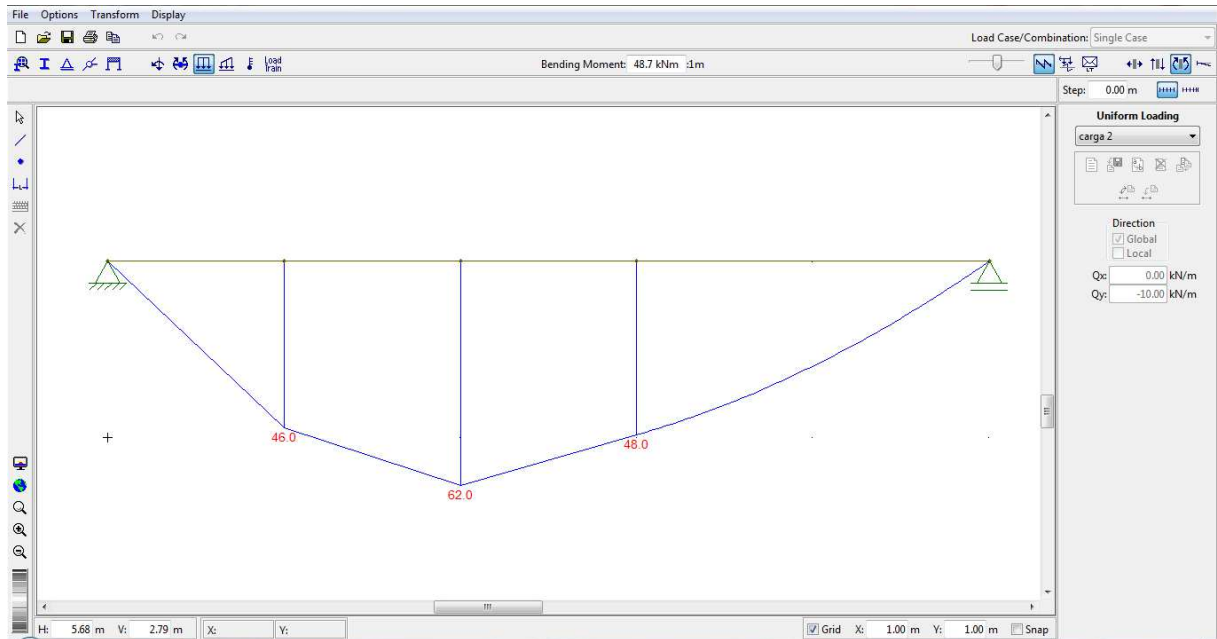
Figura 13 – Uso do *software* para análise de esforço cortante



Fonte: Do autor (2017).

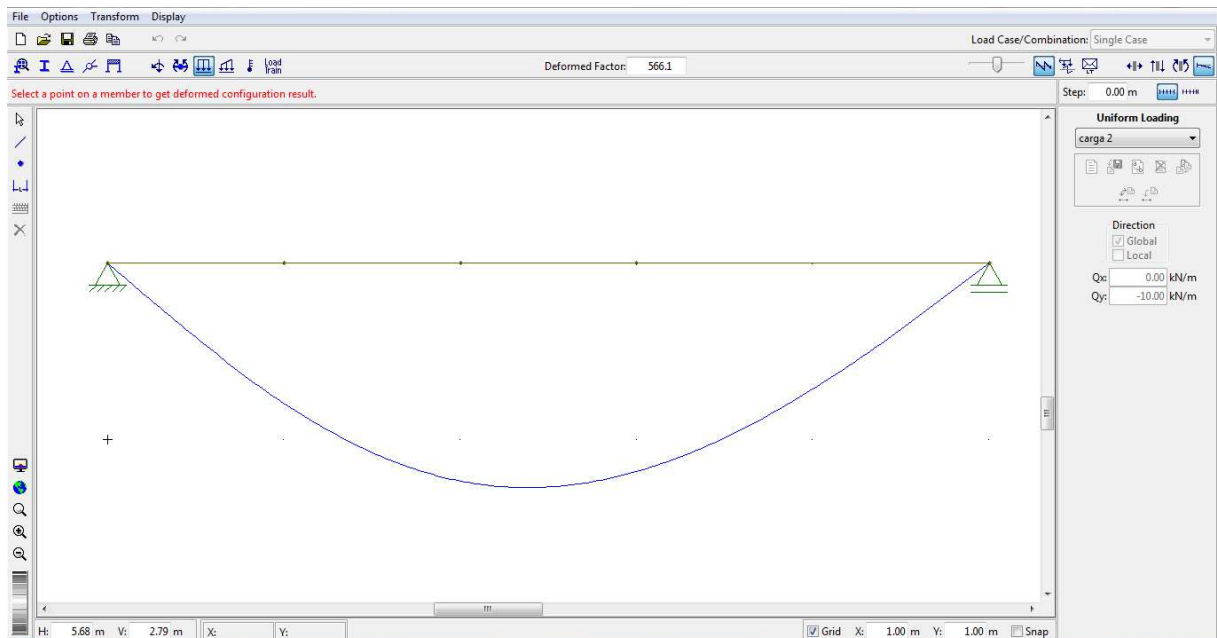


Figura 14 – Uso do *software* para análise de momento fletor



Fonte: Do autor (2017).

Figura 15 – Uso do *software* para análise de deformações



Fonte: Do autor (2017).

Dessa maneira, foi proposto aos estudantes que, a partir das análises gráficas elaboradas pelo *software* e representadas acima, eles redigissem um relatório para explicar tais comportamentos. Ressalta-se que a descrição deveria ser realizada seguindo uma linha de rompimento a partir dos esforços sobre a estrutura, bem como

caracterizando o esforço cortante, que é onde o material falha em cisalhamento; o momento fletor, que representa o esforço físico onde ocorrem as deformações paralelas às forças atuantes e perpendiculares ao eixo da seção; e, por fim, a deformação máxima da estrutura, curvatura que representa sua quebra total.

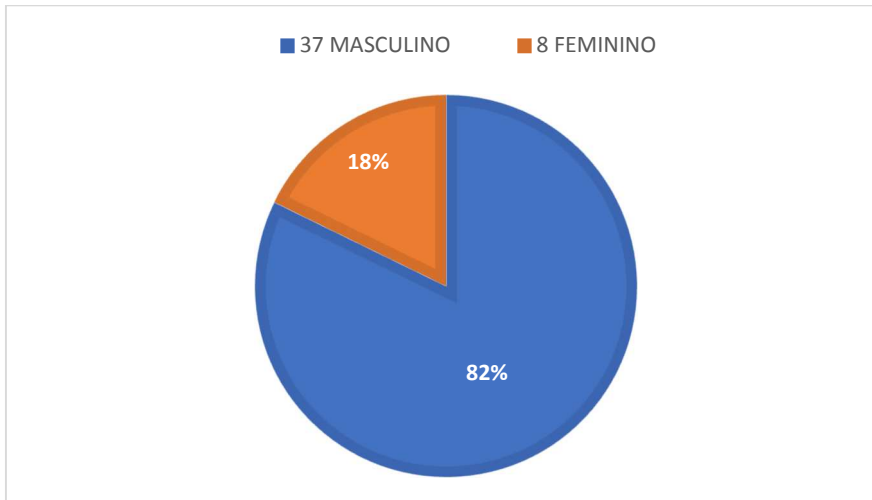
## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

As discussões neste capítulo foram feitas a partir da análise dos relatórios elaborados pelos estudantes e dos questionários respondidos durante esta pesquisa, sendo organizada em uma linha de raciocínio, mostrando as informações e opiniões colhidas dentro de sala de aula com os estudantes, até as opiniões dos profissionais engenheiros civis, que se encontram estabelecidos no mercado de trabalho.

### **4.1 Contexto dos pesquisados**

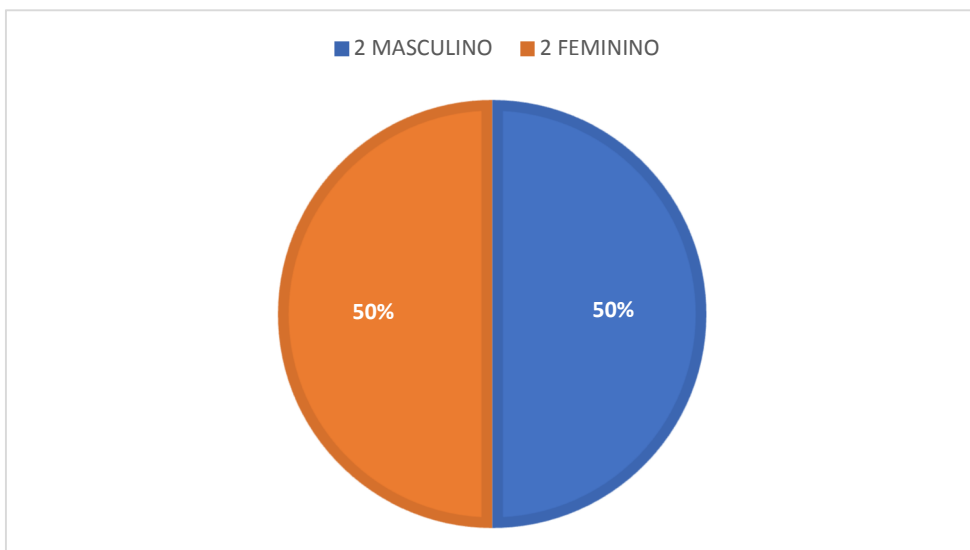
Quanto à identificação dos pesquisados, foram divididos em dois grupos e classificados por gênero masculino e feminino. Foram questionados quarenta e cinco estudantes de graduação em Engenharia Civil da Univates e quatro engenheiros civis formados. Quanto aos estudantes, os respondentes correspondem a trinta e sete do gênero masculino e oito do gênero feminino. Quanto aos engenheiros respondentes, correspondem a dois do gênero masculino e dois do gênero feminino, conforme pode ser visualizado nos Gráficos 1 e 2.

Gráfico 1 – Gênero dos estudantes questionados



Fonte: Do autor (2017).

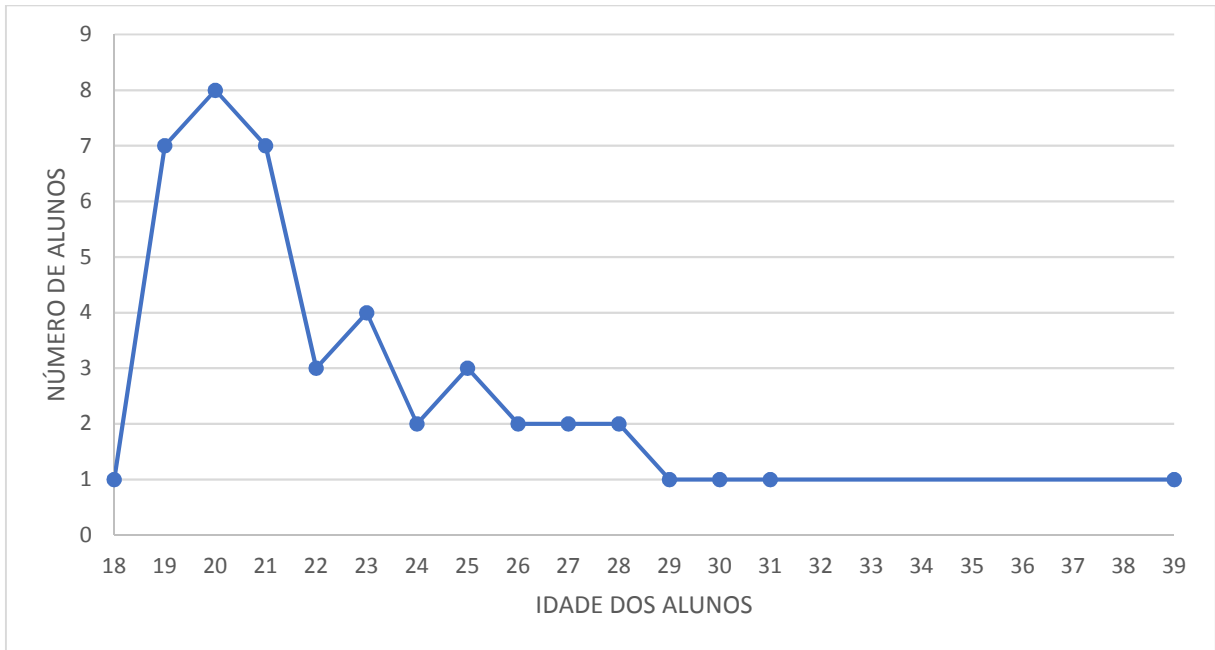
Gráfico 2 – Gênero dos engenheiros entrevistados



Fonte: Do autor (2017).

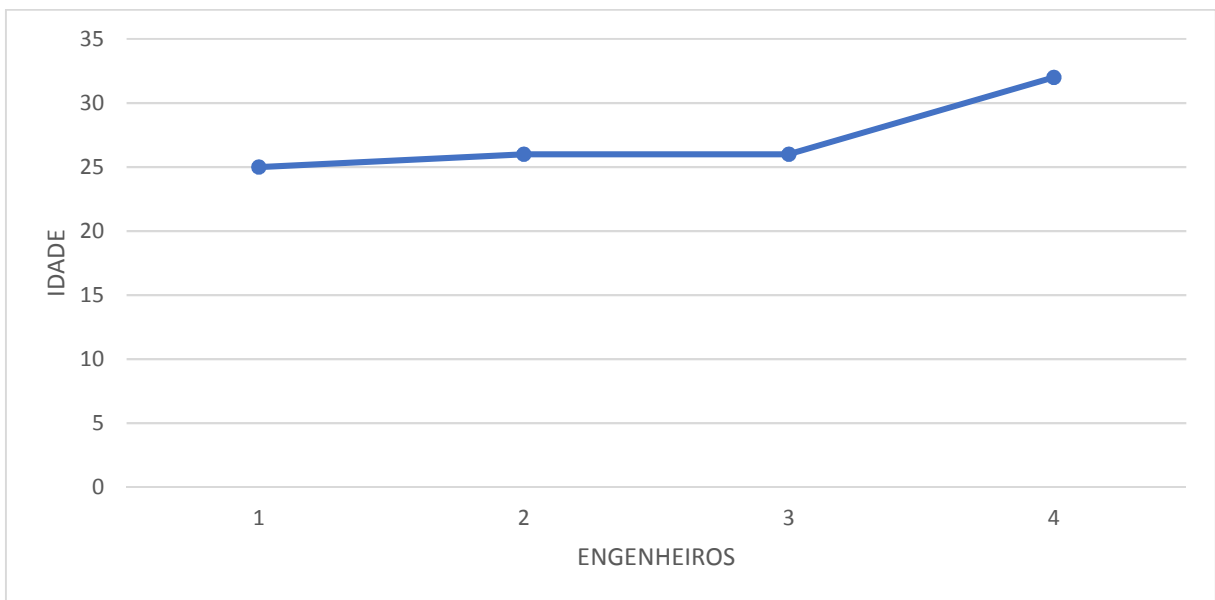
Quanto à faixa etária dos respondentes, para os estudantes a idade varia entre dezoito anos a trinta e nove anos de idade. Em relação aos engenheiros, a faixa de idade é entre vinte e cinco a trinta e dois anos. Estes dados podem ser visualizados nos Gráficos 3 e 4.

Gráfico 3 – Classificação etária dos estudantes



Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 4 – Classificação etária dos engenheiros



Fonte: Do autor (2017).

Quanto ao tempo de graduação dos estudantes, percebe-se que estes enquadram-se em um período de um a nove anos de estudo (TABELA 1). Já o tempo de atuação dos engenheiros no mercado de trabalho varia entre um ano a sete anos

(TABELA 2).

Tabela 1 – Tempo de graduação dos estudantes

| <b>Período de graduação</b> | <b>Nº de respondentes</b> |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 ano                       | 10 (22.22%)               |
| 2 anos                      | 16 (35.55%)               |
| 3 anos                      | 11 (24.44%)               |
| 4 anos                      | 4 (8.88%)                 |
| 5 anos                      | 1 (2.22%)                 |
| 6 anos                      | 1 (2.22%)                 |
| 8 anos                      | 1 (2.22%)                 |
| 9 anos                      | 1 (2.22%)                 |
| Total                       | 45                        |

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 2 – Tempo de atuação dos engenheiros no mercado de trabalho

| <b>Anos de atuação</b> | <b>Nº de respondentes</b> |
|------------------------|---------------------------|
| 1 - 5                  | 3 (75%)                   |
| 5 - 10                 | 1 (25%)                   |
| Total                  | 4                         |

Fonte: Do autor (2017).

Com relação à cidade em que residem, cem por cento dos estudantes são oriundos de cidades localizadas no Vale do Taquari e Vale do Rio Pardo. Em relação aos engenheiros entrevistados, três são de cidades gaúchas da região norte do estado do Rio Grande do Sul e um do Vale do Taquari, conforme Tabela 3 e Tabela 4.

Tabela 3 – Residência dos estudantes (continua)

| <b>Cidade de origem</b> | <b>Nº de respondentes</b> |
|-------------------------|---------------------------|
| Alto Alegre             | 1                         |
| Anta Gorda              | 1                         |
| Arroio do Meio          | 2                         |

Tabela 3 – Residência dos estudantes (conclusão)

| <b>Cidade de origem</b> | <b>Nº de respondentes</b> |
|-------------------------|---------------------------|
| Arvorezinha             | 2                         |
| Bom Retiro do Sul       | 1                         |
| Boqueirão do Leão       | 1                         |
| Encantado               | 4                         |
| Estrela                 | 6                         |
| Guaporé                 | 2                         |
| Imigrante               | 1                         |
| Lajeado                 | 11                        |
| Marques de Souza        | 3                         |
| Paverama                | 1                         |
| Progresso               | 1                         |
| Roca Sales              | 1                         |
| Santa Clara do Sul      | 1                         |
| Santa Cruz do Sul       | 1                         |
| Taquari                 | 1                         |
| Teutônia                | 1                         |
| Venâncio Aires          | 3                         |
| Total                   | 45                        |

Fonte: Do autor (2017).

Tabela 4 – Residência dos engenheiros

| <b>Cidade de origem</b> | <b>Nº de respondentes</b> |
|-------------------------|---------------------------|
| Ibiaçá                  | 1                         |
| Lajeado                 | 1                         |
| Palmeira das Missões    | 1                         |
| Passo Fundo             | 1                         |
| Total                   | 4                         |

Fonte: Do autor (2017).

## 4.2 Atividade desenvolvida com os estudantes

Através do manuseio do *software*, os estudantes puderam observar os possíveis comportamentos existentes na execução do método de cálculo utilizado, no caso, o método das forças, tornando a atividade com o *software* educacional mais atrativa e objetiva. Para elaborar uma análise estrutural utilizando um *software*, sempre será necessário também, empregar conceitos existentes na estrutura cognitiva do estudante, conceitos estes que foram previamente apresentados ao longo do semestre letivo.

Conforme Moreira (2011), uma nova informação só se torna significativa se interage com conceitos já existentes. O *software* educacional tem um grande potencial como ferramenta educacional e profissional, dado que proporciona a compreensão, a transmutação e o armazenamento de informações, caracterizando, assim, a construção dos significados.

Segundo Hibbeler (2010) os métodos de cálculo que analisam a resistência dos materiais relacionam as cargas externas que agem sobre uma estrutura e a intensidade das cargas internas no interior da mesma. As cargas externas aplicadas em um corpo podem ser aplicadas como cargas de superfície distribuídas, inclinadas ou concentradas, podendo agir em torno de todo o volume da estrutura. De acordo com o autor, considerando que todas as estruturas possuem apoios, estes devem produzir uma força em determinada direção, sobre o elemento a eles acoplados, para impedir a translação da peça, produzindo um momento sobre o elemento e impedindo sua rotação. Sendo assim, as equações de equilíbrio,  $\sum F_x = 0$  e  $\sum F_y = 0$  - somatório de forças igual a zero, e  $\sum M = 0$  - somatório de momentos igual a zero, devem ser respeitadas para impedir que haja movimento acelerado de translação e rotação da estrutura.

Ao ser aplicadas as equações de equilíbrio, é importante desenhar o diagrama de corpo livre, considerando os termos presentes durante o cálculo e assim explicitando o comportamento de quebra da estrutura. Para Botelho (2015), ao determinar as cargas internas que atuam sobre a superfície do corpo usa-se o método das seções, que resultam em uma força normal, uma força de cisalhamento, um momento de torção e um momento fletor.



Para Hibbeler (2010), para obter as resultantes da aplicação do método das seções, deve-se considerar algumas etapas, decidir o segmento da peça que será analisada, sendo que se houver apoio ou acoplamento, será necessário determinar as reações de apoio. Aplicar as equações de equilíbrio e desenhar o diagrama de corpo livre para o corpo inteiro, indicando esforço cortante, momento fletor e deformação da peça. Se as soluções das equações de equilíbrio resultarem em valores negativos, o sentido direcional admitido para a resultante é o oposto da apresentada no modelo discreto.

Pensando em simplificar alguns problemas de tensão e deslocamento com carregamentos complicados (como o da Figura 16) utiliza-se o que Hibbeler (2010) chama de princípio da superposição, subdividindo em componentes o carregamento sobre a estrutura e somando os resultados algebricamente. É necessário que, para haver a superposição dos efeitos, os carregamentos devem ter uma relação linear, não provocando mudanças na geometria original da peça, mantendo a condição de compatibilidade, que especifica as restrições aos deslocamentos que ocorrem nos apoios. Considera-se um elemento estaticamente indeterminado, quando as equações de equilíbrio não são suficientes para determinar as reações do elemento.

A Figura 16 mostra o Modelo discreto 1 aplicado a uma das turmas de estudantes analisadas. Já as Figuras 17 e 18 apresentam a resolução manual para a análise dos cálculos e esforços, bem como do momento fletor.

Figura 16 – Modelo discreto 1, analisado pelos estudantes pesquisados

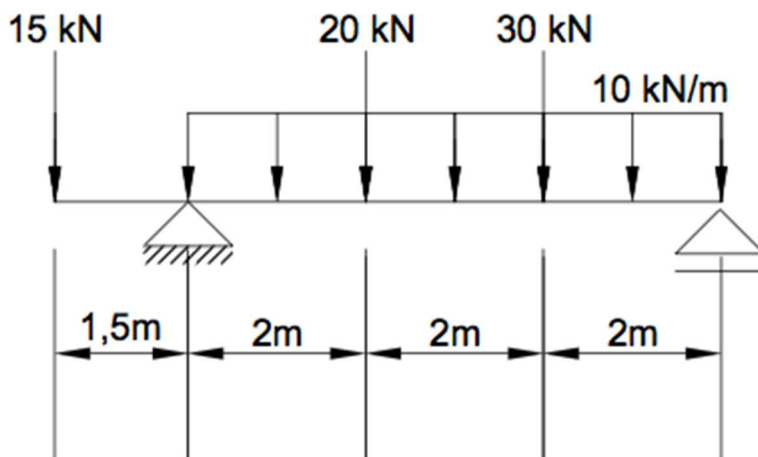


Figura 17 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados pelos estudantes

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \quad H_A = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ -15 + V_A - 20 - 60 - 30 + V_B = 0 \\ V_A + V_B = 125 \text{ KN} \\ \sum M_B = 0 \\ V_B \cdot 0 - 30 \cdot 2 - 60 \cdot 3 - 20 \cdot 4 + V_A \cdot 6 - 15 \cdot 7,5 = 0 \\ 6V_A = 432,5 \\ V_A = 72,1 \text{ KN} \\ \sum M_A = 0 \\ V_A \cdot 0 - 15 \cdot 1,5 + 20 \cdot 2 + 60 \cdot 3 + 30 \cdot 4 - 6V_B = 0 \\ 6V_B = 317,5 \\ V_B = 52,9 \text{ KN} \end{aligned}$$

Fonte: Do autor (2017).

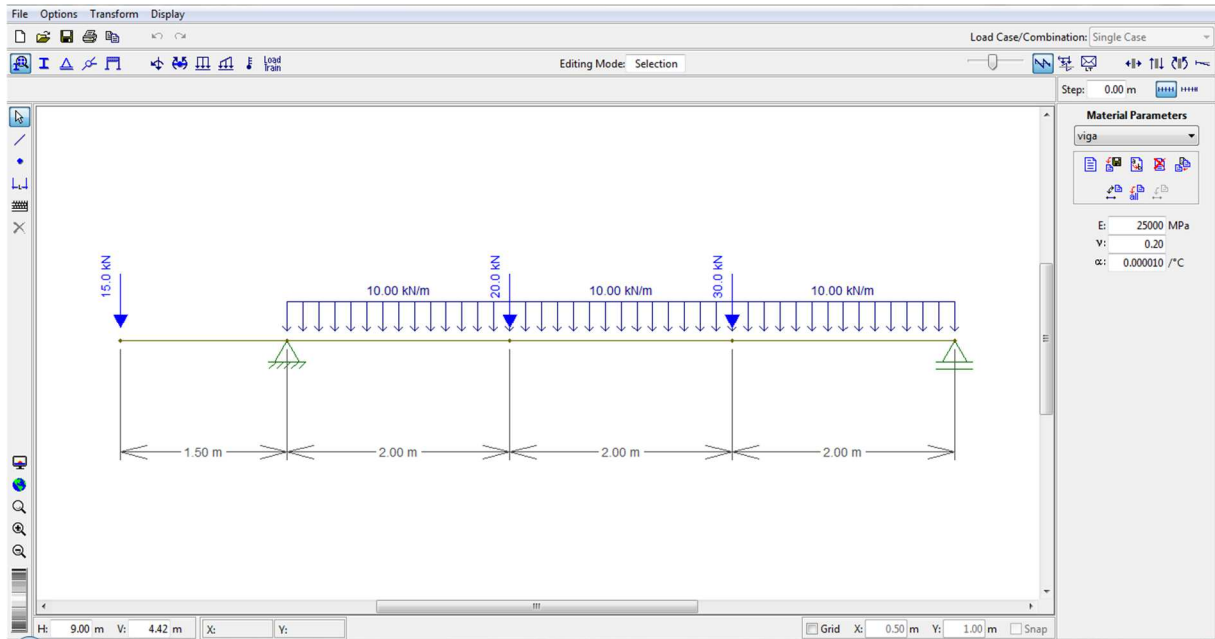
Figura 18 – Cálculo do momento fletor na estrutura realizados pelos estudantes

$$\begin{aligned} -15 + 72,1 - 20 - 10 \cdot x = 0 \\ 10x = 37,1 \quad x = 3,71 \text{ m} \\ A = x = 1,5 \\ -15 \cdot 1,5 = -22,50 \text{ KN}\cdot\text{m} \\ x = 5,71 \\ 2,29x - 52,9 + 2,29 \cdot 10 \left( \frac{2,29}{2} \right) + 30 \cdot 0,29 \\ M = -121,14 + 26,22 \\ M = -86,22 \end{aligned}$$

Fonte: Do autor (2017).

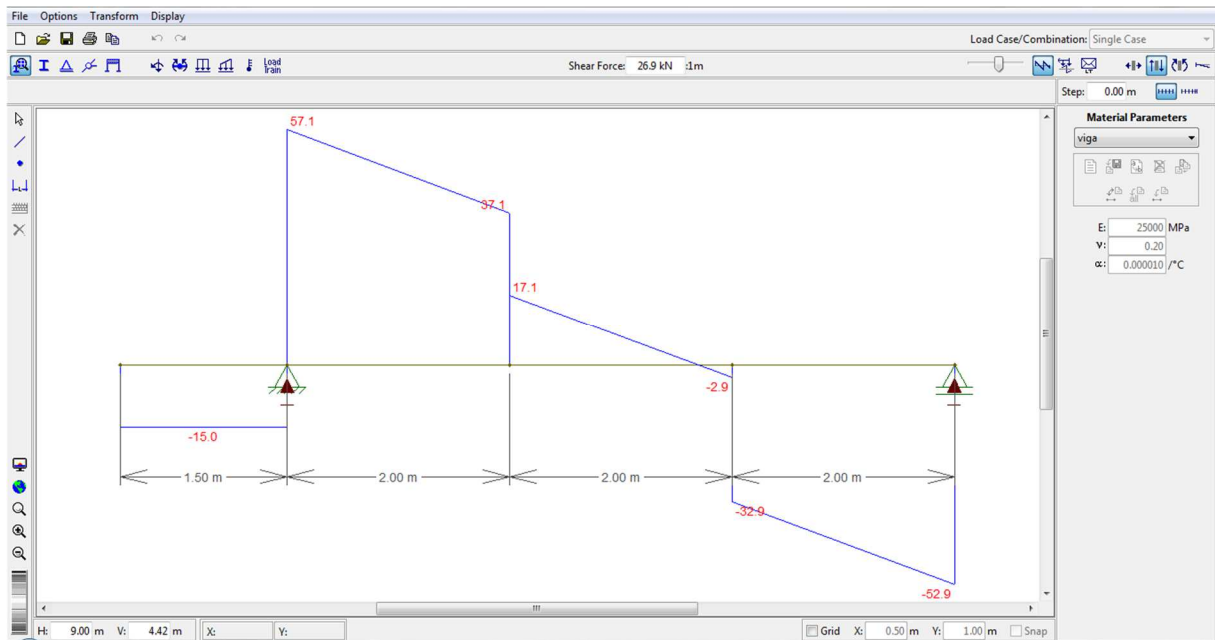
As Figuras 19 a 22 apresentam a análise computacional que os estudantes deveriam ter elaborado, referente aos cálculos previamente realizados manualmente, relativos ao Modelo discreto 1.

Figura 19 – Análise dos carregamentos



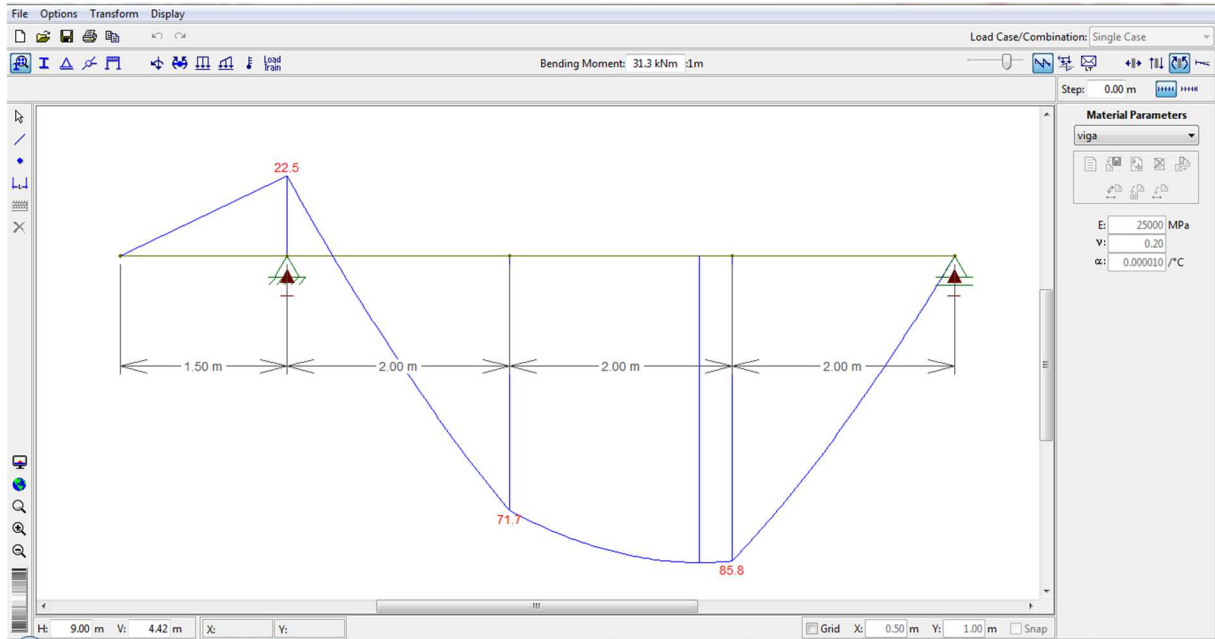
Fonte: Do autor (2017).

Figura 20 – Análise de Esforço Cortante



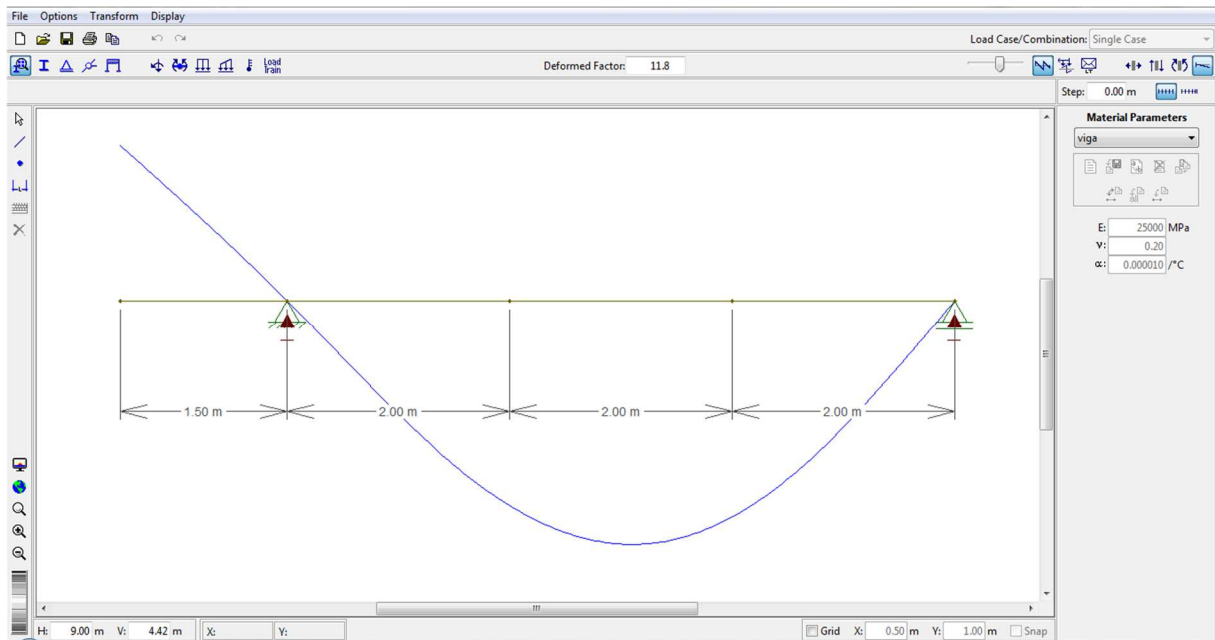
Fonte: Do autor (2017).

Figura 21 – Análise do Momento Fletor



Fonte: Do autor (2017).

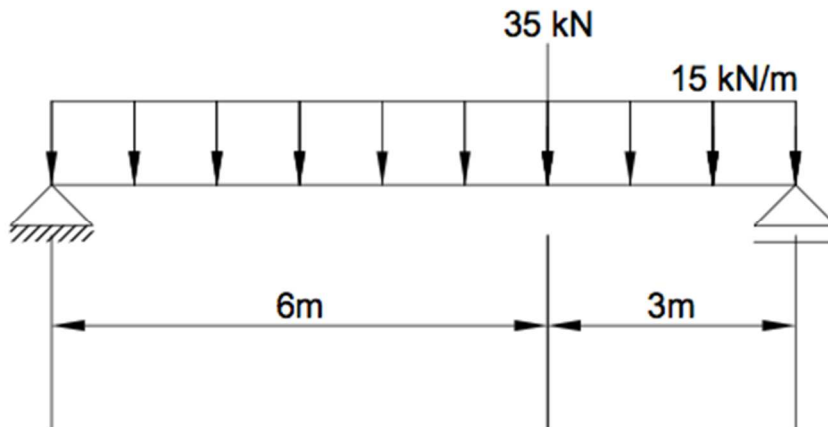
Figura 22 – Análise da deformação da viga



Fonte: Do autor (2017).

As Figuras 23 a 28 apresentam a análise computacional que os estudantes deveriam ter elaborado, referente aos cálculos previamente realizados manualmente, relativos ao Modelo discreto 2.

Figura 23 – Modelo discreto 2, analisado pelos estudantes pesquisados utilizando o princípio da superposição de efeitos



Fonte: Do autor (2017).

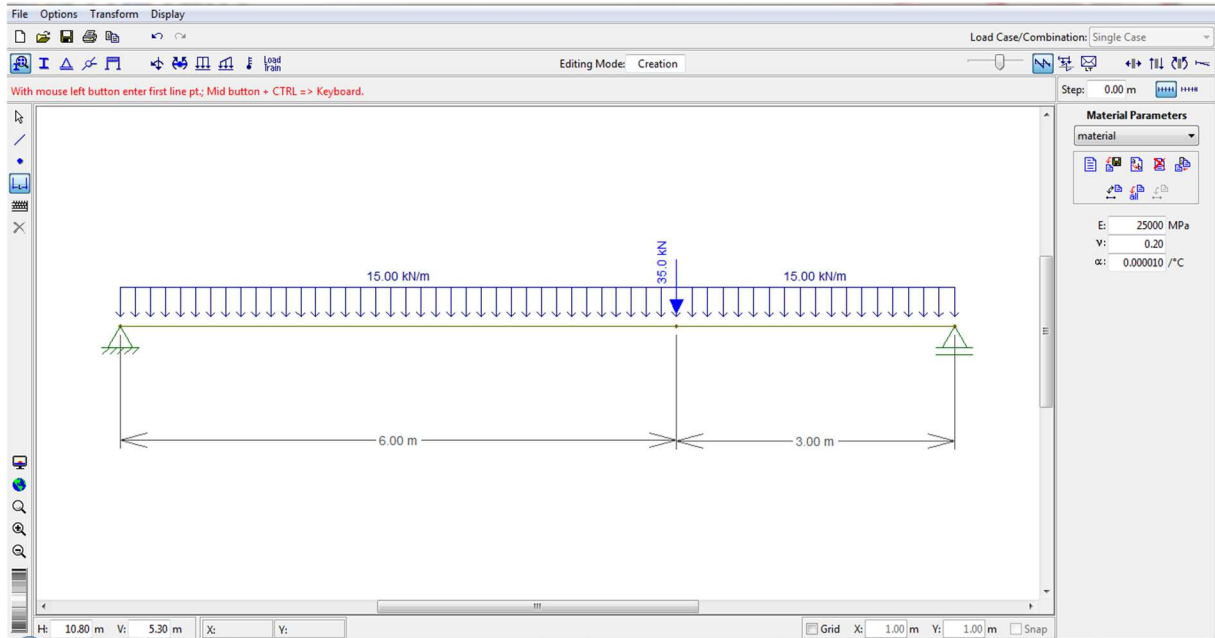
Figura 24 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados manualmente

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 & H_A &= 0 \\ \sum F_y &= 0 \\ V_A - 135 - 35 + V_B &= 0 \\ V_A + V_B &= 170 \\ \sum M_A &= 0 \\ V_B \cdot 0 - 35 \cdot 3 - 135 \cdot 4,5 + V_A \cdot 9 &= 0 \\ V_A &= 79,2 \text{ kN} \\ \sum M_B &= 0 \\ V_A \cdot 0 + 4,5 \cdot 135 + 35 \cdot 6 - 9 \cdot V_B &= 0 \\ V_B &= 90,8 \text{ kN} \\ 79,2 - 15 \cdot x &= 0 \\ x &= 5,28 \text{ m} \\ M &= 79,2 \cdot 5,28 - 15 \cdot 5,28 \cdot \left(\frac{5,28}{2}\right) \\ M &= 209,18 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Fonte: Do autor (2017).

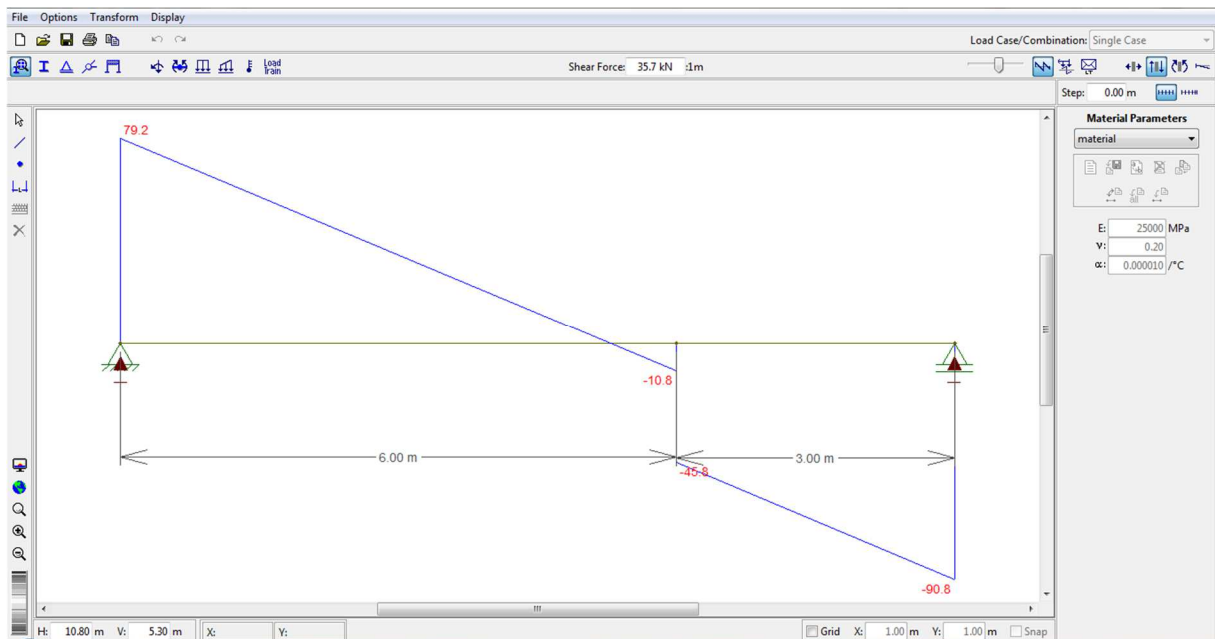
Análise computacional, referente aos cálculos realizados manualmente pelos estudantes, representadas nas figuras a seguir.

Figura 25 – Análise dos carregamentos



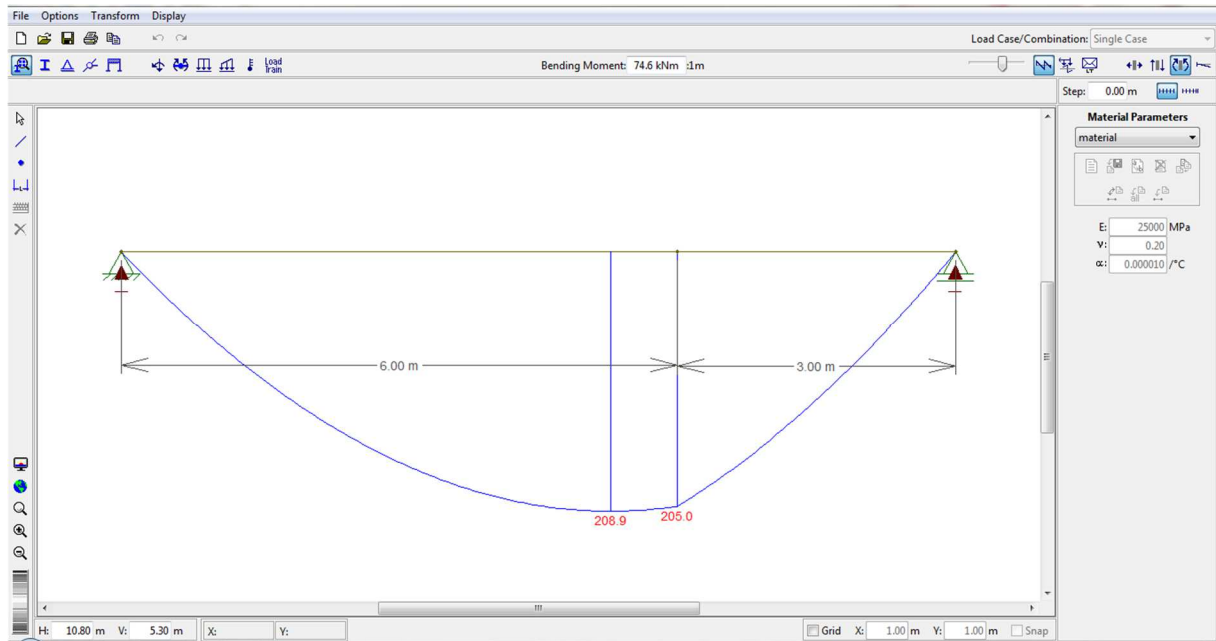
Fonte: Do autor (2017).

Figura 26 – Análise de Esforço Cortante



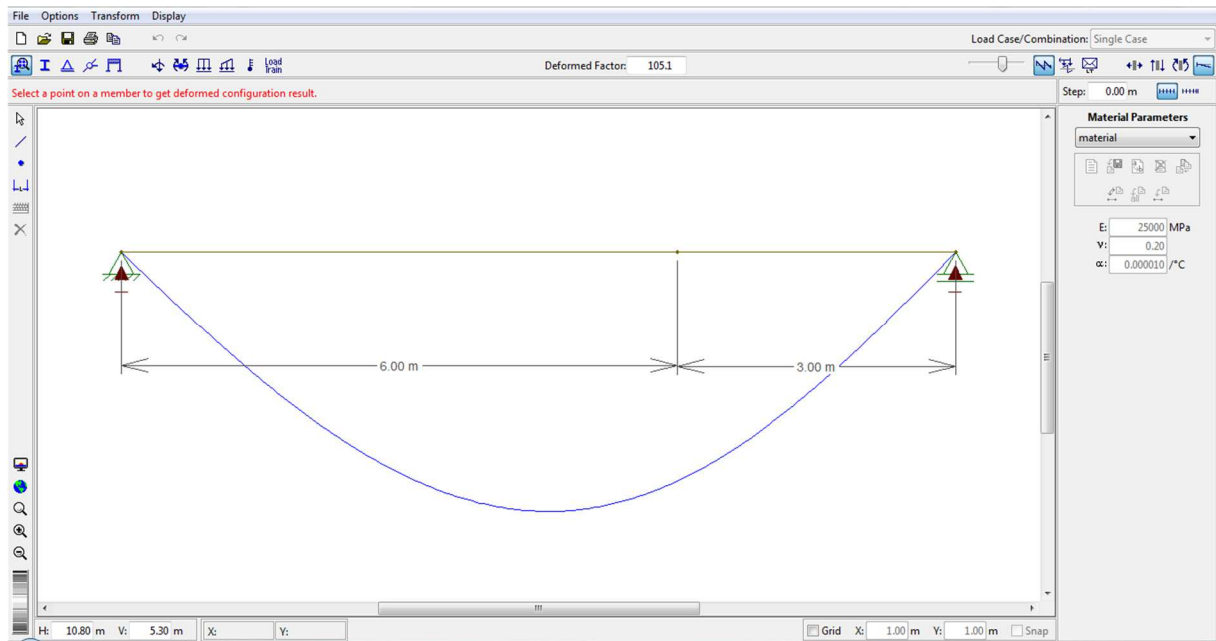
Fonte: Do autor (2017).

Figura 27 – Análise do Momento Fletor



Fonte: Do autor (2017).

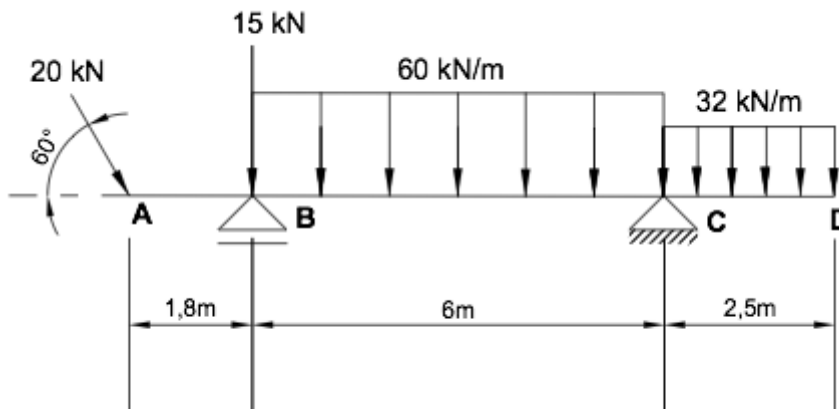
Figura 28 – Análise da deformação da viga



Fonte: Do autor (2017).

As Figuras 29 a 34 apresentam a análise computacional que os estudantes deveriam ter elaborado, referente aos cálculos previamente realizados manualmente, relativos ao Modelo discreto 3.

Figura 29 – Modelo discreto 3, analisado pelos estudantes pesquisados



Fonte: Do autor (2017).

Figura 30 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados manualmente

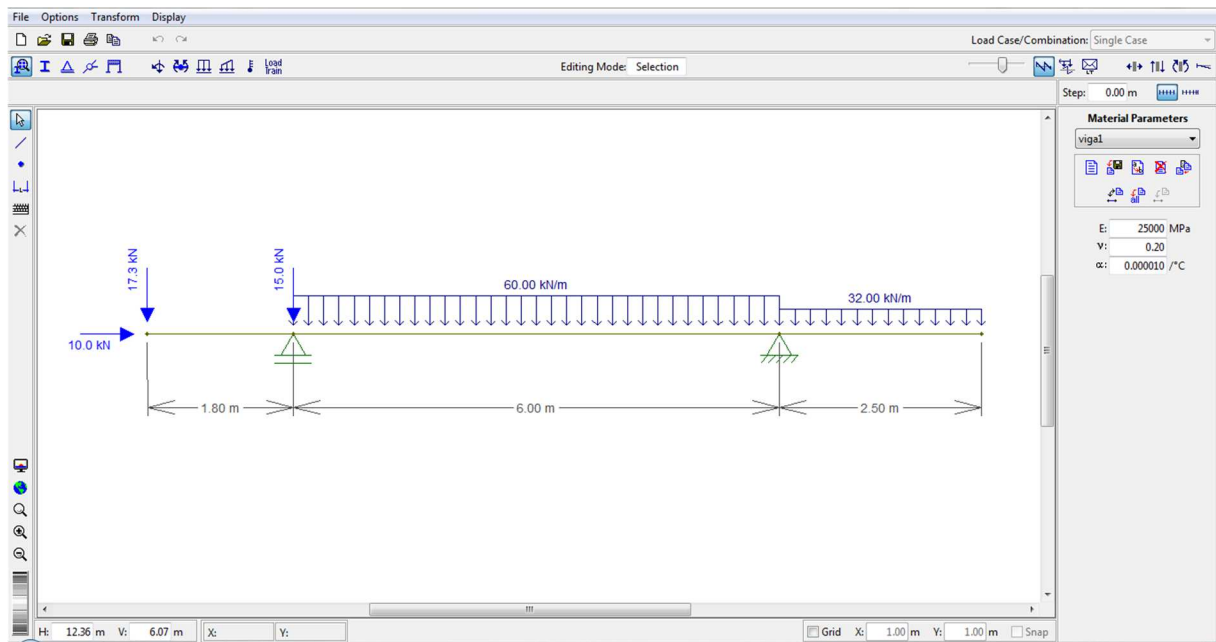
$$\begin{aligned}
 &20 \text{ kN a } 60^\circ \rightarrow F_H = 10 \text{ kN e } F_V = 17,3 \text{ kN} \\
 &\sum F_x = 0 \quad 10 + H_B = 0 \\
 &\quad H_B = -10 \text{ kN} \\
 &\sum F_y = 0 \quad -17,32 - 15 - 60 \cdot 6 - 32 \cdot 2,5 + V_B + V_C = 0 \\
 &\quad V_B + V_C = 472,32 \text{ kN} \\
 &\sum M = 0 \quad -17,32 \cdot 1,8 + (60 \cdot 6) \cdot 3 - V_C \cdot 6 + (32 \cdot 2,5) \cdot 7,25 = 0 \\
 &\quad V_C = 271,47 \text{ kN} \\
 &\quad V_B = 200,85 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Fonte: Do autor (2017).

Análise computacional, referente aos cálculos realizados manualmente pelos estudantes, representadas nas figuras a seguir.

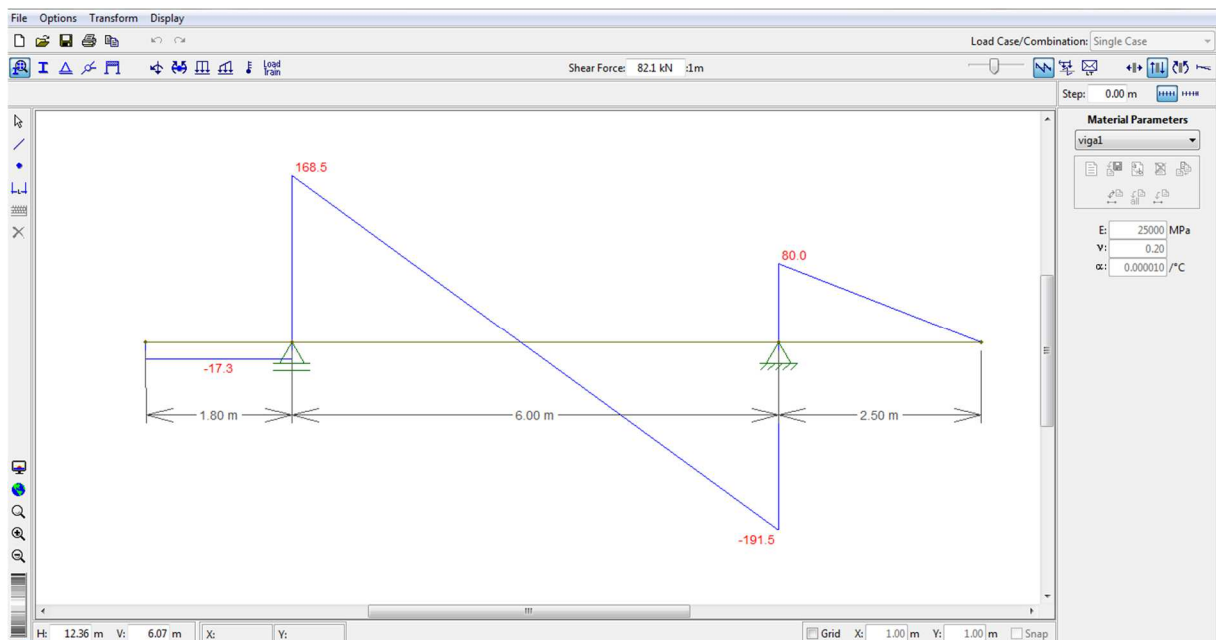


Figura 31 – Análise dos carregamentos



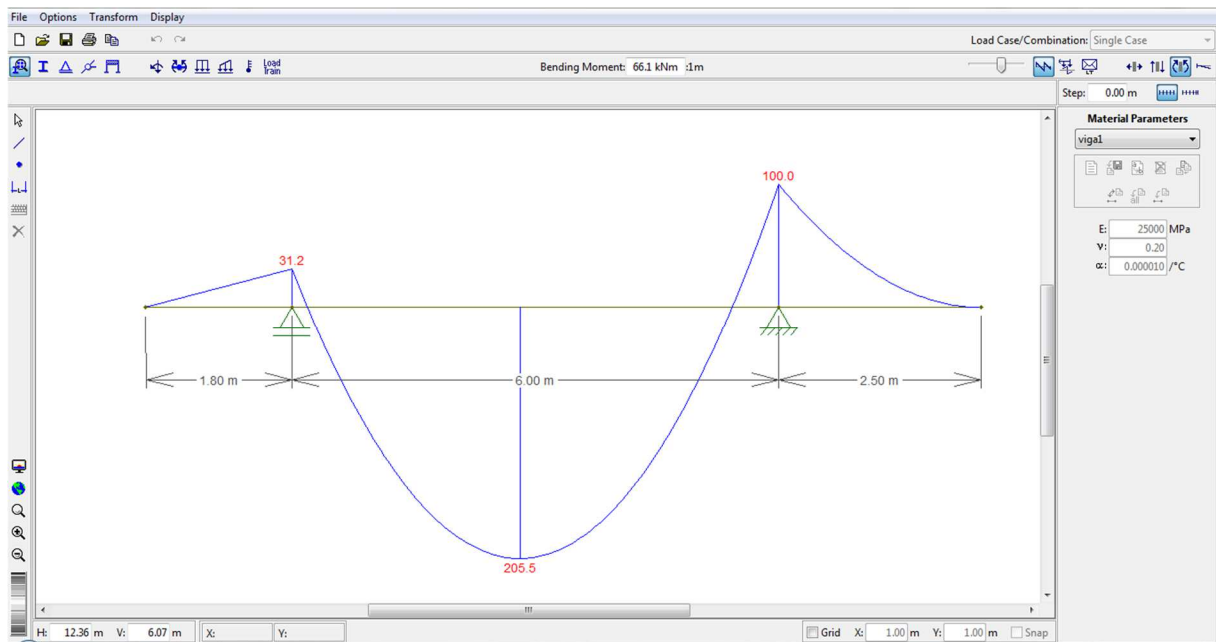
Fonte: Do autor (2017).

Figura 32 – Análise de Esforço Cortante



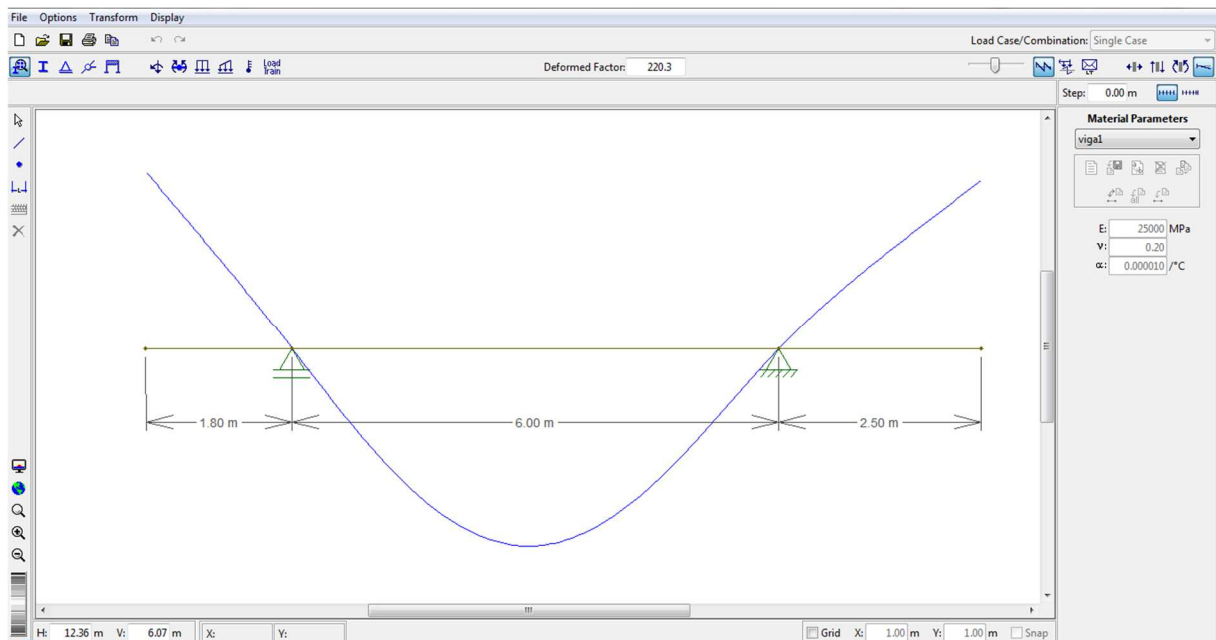
Fonte: Do autor (2017).

Figura 33 – Análise do Momento Fletor



Fonte: Do autor (2017).

Figura 34 – Análise da deformação da viga

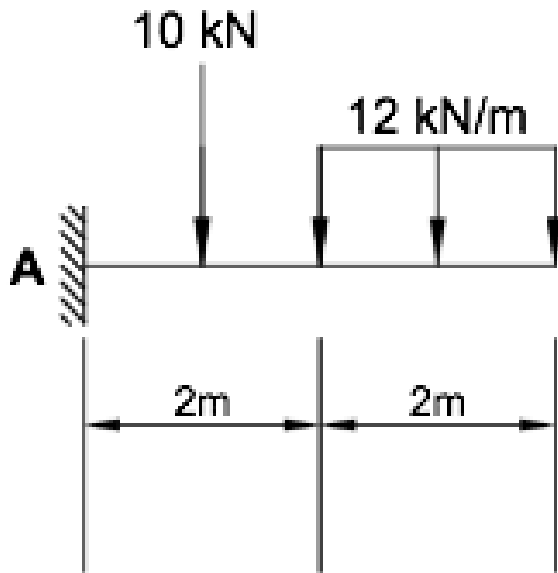


Fonte: Do autor (2017).

As Figuras 35 a 41 apresentam a análise computacional que os estudantes deveriam ter elaborado, referente aos cálculos previamente realizados

manualmente, relativos ao Modelo discreto 4.

Figura 35 – Modelo discreto 4, analisado pelos estudantes pesquisados utilizando o princípio da superposição de efeitos



Fonte: Do autor (2017).

Figura 36 – Análise dos cálculos e esforços na estrutura realizados manualmente

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \quad H_A = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ V_A - 135 - 35 + V_B = 0 \\ V_A + V_B = 170 \\ \sum M_A = 0 \\ V_B \cdot 0 - 35 \cdot 3 - 135 \cdot 4,5 + V_A \cdot 9 = 0 \\ V_A = 79,2 \text{ kN} \end{aligned}$$

Fonte: Do autor (2017).

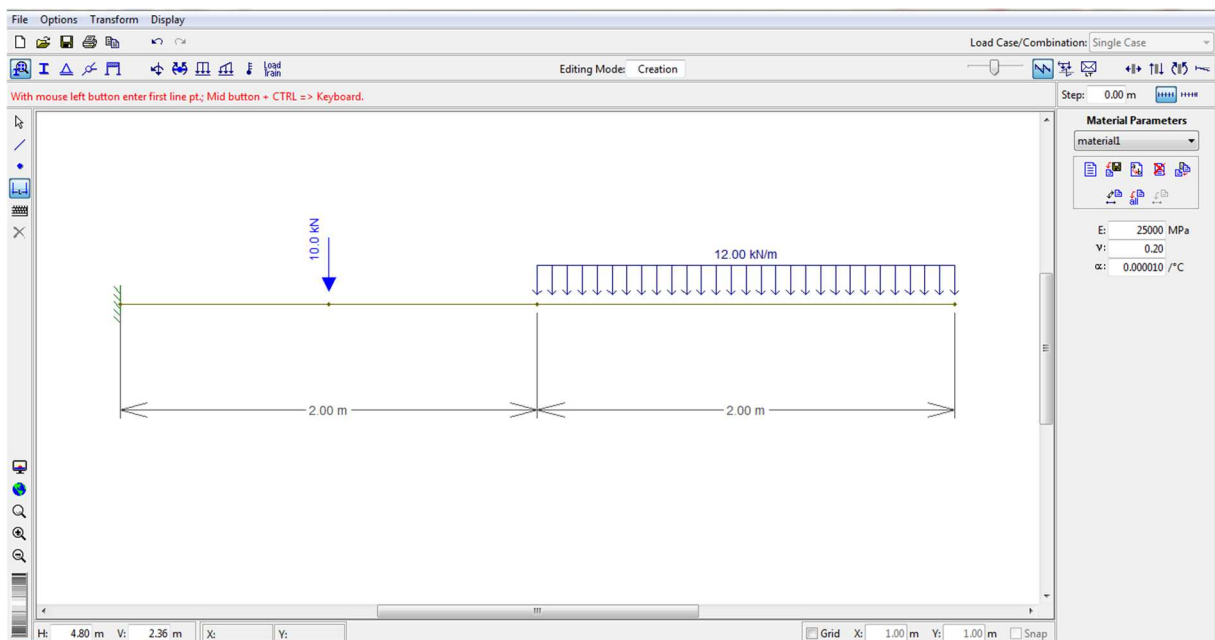
Figura 37 – Cálculo de momento pela superposição de efeitos

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0 \\ V_B \cdot 0 - 35 \cdot 3 - 135 \cdot 4,5 + V_A \cdot 9 &= 0 \\ V_A &= 79,2 \text{ kN} \\ \sum M_B &= 0 \\ V_A \cdot 0 + 4,5 \cdot 135 + 35,6 - 9 \cdot V_B &= 0 \\ V_B &= 90,8 \text{ kN} \\ 79,2 - 15 \cdot x &= 0 \\ x &= 5,28 \text{ m} \\ M &= 79,2 \cdot 5,28 - 15 \cdot 5,28 \cdot \left(\frac{5,28}{2}\right) \\ M &= 209,18 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Fonte: Do autor (2017).

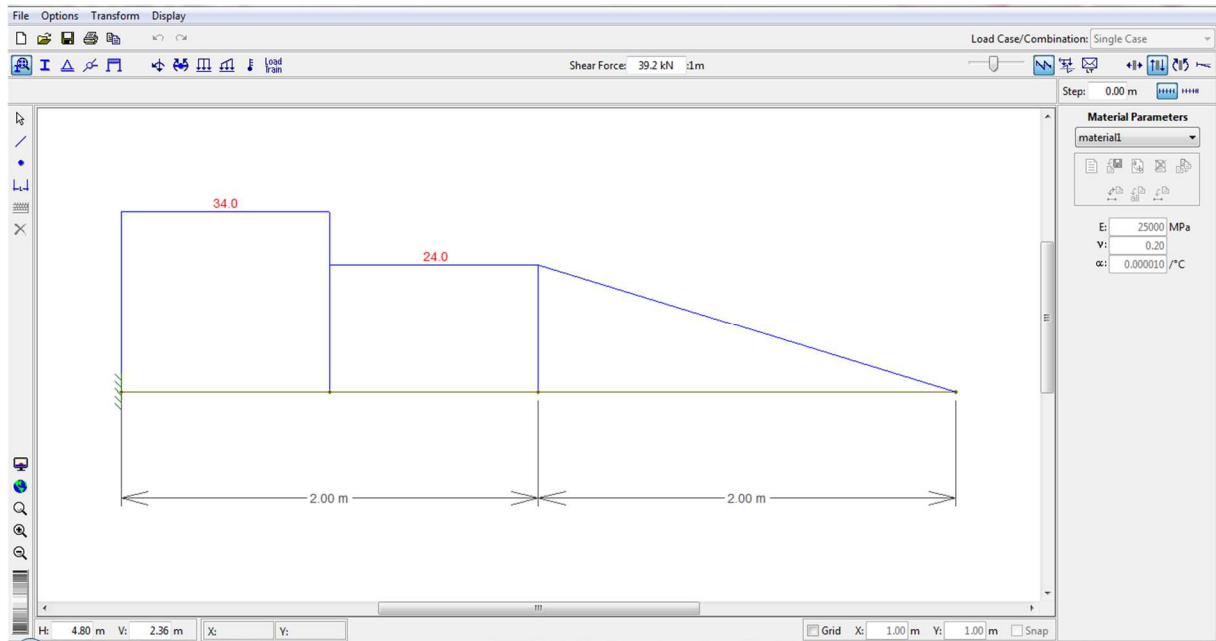
Análise computacional, referente aos cálculos realizados manualmente pelos estudantes, representadas nas figuras a seguir.

Figura 38 – Análise dos carregamentos



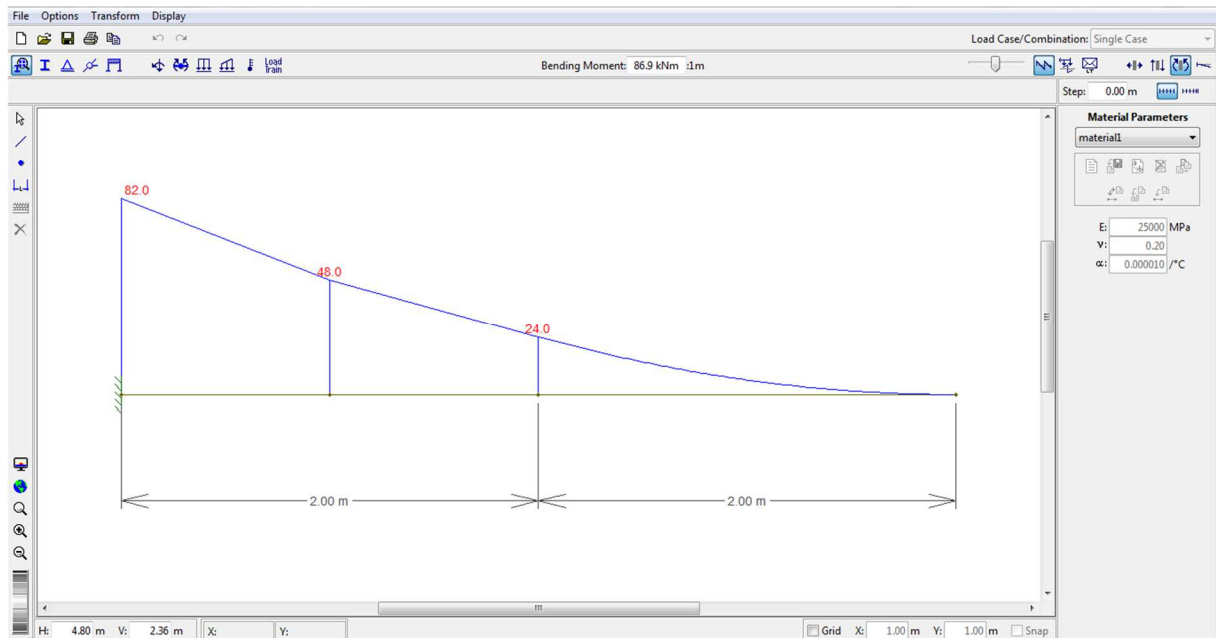
Fonte: Do autor (2017).

Figura 39 – Análise de Esforço Cortante



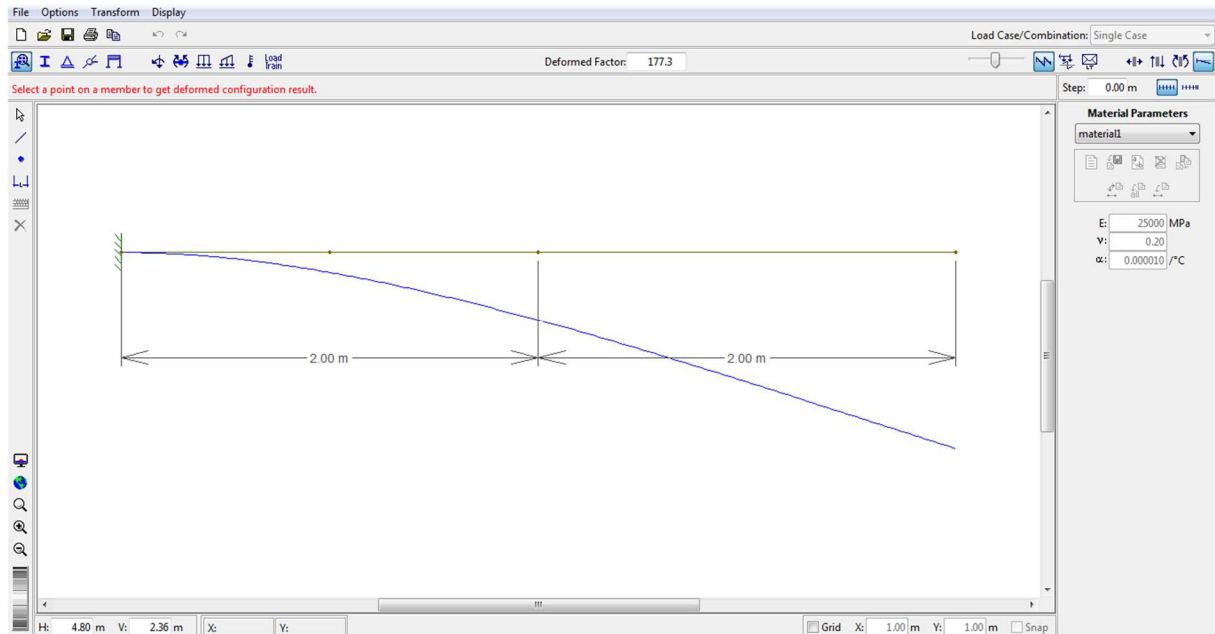
Fonte: Do autor (2017).

Figura 40 – Análise do Momento Fletor



Fonte: Do autor (2017).

Figura 41 – Análise da deformação da viga



Fonte: Do autor (2017).

### 4.3 Análise dos relatórios

Piaget (1964) introduziu os mecanismos de assimilação e acomodação como pressupostos para a construção do conhecimento. Está ligada a assimilação à ação do sujeito sobre o objeto, em um processo no qual ele incorpora novas experiências ou informações já existentes. O movimento de acomodação, por sua vez, sugere que o sujeito modifique suas estratégias de ação, seus conceitos e ideias em função de novas informações e de experiências que geram, portanto, novas estruturas cognitivas. O movimento de equilíbrio entre a assimilação e acomodação é de natureza constante e caracteriza-se como uma adaptação, estabelecendo-se como um dinamismo essencial ao desenvolvimento cognitivo.

A proposta de gerar relatórios de análise aplicada aos estudantes recomendava que fossem demonstrados os passos a fim de se criar uma fundamentação ou uma linha de pensamento para a elaboração de um projeto de elementos estruturais. A partir do que Piaget (1972) cita como o construcionismo do conhecimento e Martha (2010) sugere como uma linha analítica da estrutura abstrata, passando pelos cálculos elementares e pela projeção computacional até o modelo de estrutura real, é possível

pensar no conhecimento como um conjunto de ideias organizadas. Nesse sentido, a atividade direcionada aos estudantes era de apresentar uma formalização dos passos de concepção de uma estrutura.

Entretanto, muitos dos relatórios apresentados demonstraram uma falha no entendimento do objetivo inicial. No enunciado das questões, solicitava-se o seguinte: “Apresente um relatório detalhado de todos os passos realizados, analisando os resultados obtidos”, conforme pode ser visualizado nos Apêndices A e B. Todavia, alguns trabalhos foram gerados como forma de tutorial - adjetivo de dois gêneros que consiste em uma temática criada para ensinar uma técnica ou tema relacionado a alguma área específica, como na Figura 42. Na verdade, esperava-se que os estudantes pesquisados explicassem as relações entre causa e efeito das cargas sobre a estrutura, suas reações e as possíveis metodologias para sanar eventuais problemas estruturais, criando uma apresentação do comportamento estrutural das vigas.

Figura 42 – Tutorial criado pelo estudante (a)

Para efetuar a montagem da estrutura da figura 1, é necessário seguir os passos abaixo:

- a) Selecionar o ícone “ Insert node” e colocar os nós em suas devidas posições conforme as medidas de distância.



- b) Selecionar o ícone “ insert member” e inserir as linhas entre os nós, formando a viga.

Fonte: Do autor (2017).

Percebe-se que as informações de apresentação da viga quando colocadas no software remetem a um ensino sobre o uso da ferramenta e não apresentam considerações quanto à influência das forças, conforme pode ser visualizado também na Figura 43.

Figura 43 – Tutorial criado pelo estudante (b)

Para configuração das propriedades, selecione todos os nós com a ferramenta **“Select Mode”** e em seguida selecione **“Section Properties”** para definir as propriedades da estrutura, de acordo com o exercício utiliza-se concreto isotrópico na aba **“Material Parameters”** e dimensões da estrutura da estrutura em  $d= 500\text{mm}$  e  $b= 250\text{mm}$ .

Para finalizar a estrutura coloca-se as cargas que ocorrem, para isso utiliza-se a ferramenta **“Uniform Load”** para inserção de cargas distribuídas e **“Nodal Force”** para cargas concentradas, de acordo com o exercício existe cargas concentradas no eixo X de  $-35\text{kN}$  em  $6\text{m}$ , e cargas distribuídas no eixo X de  $0\text{m}$  a  $9\text{m}$  de  $-15\text{kN/m}$ . (vide figura 8)

Fonte: Do autor (2017).

Para Piaget (1972), ao agir, o sujeito aprimora continuamente e progressivamente sua inteligência. Em suas próprias palavras:

[...] o conhecimento não procede, em suas origens, nem de um sujeito consciente de si mesmo, nem de objetos já constituídos (do ponto de vista do sujeito) que a ele se impoariam. O conhecimento resultaria de interações que se produzem a meio caminho entre os dois [...] (PIAGET, 1972, p. 14).

Almeida (1999) salienta o fato da impossibilidade de se transmitir conhecimentos, mas sim transformá-los, o que para Piaget é a construção através de ações e coordenadas que são interiorizadas e se transformam. O sujeito inserido num certo contexto realiza suas próprias reflexões sobre a sua ação, ou seja, apropria-se de sua ação. Analisando-as, seleciona os elementos que são de seu interesse e os reconstrói em outro patamar. No tempo em que as abstrações reflexivas resultam das coordenações das ações do sujeito, sua ação material e suas possíveis evocações concedem as abstrações empíricas. É o que se percebe na Figura 44, em que o estudante inicia as análises matemáticas explicando quais os significados das variáveis que compõem o cálculo, salientando suas interferências durante o processo.



Figura 44 – Reações de apoio e seus significados

### 3.1 Cálculo das Reações de Apoio

As reações de apoio consistem no somatório de todas as forças atuantes em uma determinada direção, conforme expresso no item 2.1. Neste caso nos eixo x, y, e z, sendo respectivamente normal cortante e momento fletor.

- As forças no eixo x: correspondem as forças atuantes no sentido horizontal;
- As forças no eixo y: correspondem as forças atuantes no sentido vertical;
- As forças no eixo z: correspondem as forças de giro, ou momentos.

Fonte: Do autor (2017).

Ainda, foi possível estabelecer comparações entre metodologias, o que enriqueceu as análises, pois, durante o processo de cálculo, são muitas as possibilidades de determinar fatores numéricos. Compreende-se que é uma construção e organização de informações, que, em conjunto, formam um estudo e podem ser apresentadas de acordo com seus objetivos. Ressalta-se o que cita o estudante da Figura 45: *“por mais que a tecnologia esteja avançando não é possível a extinção do lápis”*, e afirma também que *“para obter os resultados foi necessário conhecimento”*.

Figura 45 – Comparativo realizado pelo estudante

## 5 COMPARATIVO ENTRE AMBOS

Não podemos comparar os dois modelos de como resolver o problema, uma vez que para obter resultados corretos e precisos no *software* o conhecimento teórico é fundamental. Por mais que a tecnologia esteja avançando não é possível a “extinção” do lápis e borracha e a simples substituição por um *software*. No presente trabalho é possível visualizar que para desenhar e obter os resultados no programa foi necessário um conhecimento sobre forças, somatórios das mesmas, cálculos de ângulo, tipos de apoio, teoria envolvendo os tipos de gráfico de força normal, cortante e momento fletor. Nenhum *software* poderá substituir um engenheiro capacitado que saiba resolver um problema tanto na mão como utilizando apenas o raciocínio lógico da situação.

Fonte: Do autor (2017).

Percebe-se, então, a harmonia entre a teoria da aprendizagem de Jean Piaget e o pensamento de Martha sobre a construção do conhecimento no ambiente informatizado. Nesse sentido, a reflexão propiciaria a assimilação de conceitos ligados à resolução de problemas, usando uma linguagem de computadores a partir de conhecimentos assimilados anteriormente. Assim, cria-se uma forma de comparação entre os elementos matemáticos não materializados e suas consequências (FIGURA 46).

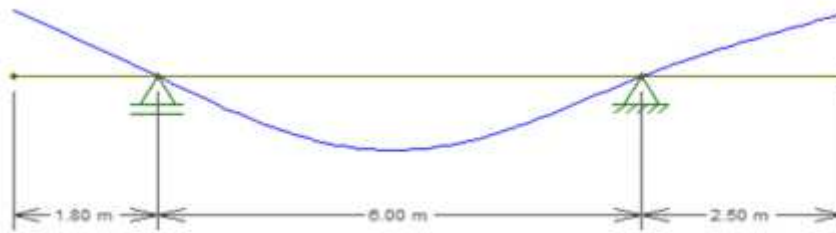
Figura 46 – Comparativo entre cálculos das reações para duas vigas bi-apoiadas

| Estrutura 2a                              | Estrutura 2b                                   |
|---|--|
| $\sum F_x=0 \rightarrow H_A = 0$          | $\sum F_x=0 \rightarrow H_A = 0$               |
| $\sum F_y=0 \rightarrow V_A - 10 = 0$     | $\sum F_y=0 \rightarrow V_A - 12*2 = 0$        |
| <b><math>V_A = 10 \text{ kN}</math></b>   | <b><math>V_A = 24 \text{ kN}</math></b>        |
| $\sum M_z=0 \rightarrow M_A + 10*1 = 0$   | $\sum M_z=0 \rightarrow M_A + 10*1 + 24*3 = 0$ |
| <b><math>M_A = -10 \text{ kNm}</math></b> | <b><math>M_A = -72 \text{ kNm}</math></b>      |

Fonte: Do autor (2017).

É necessário diferenciar concepção de representação. Para Ferreira (2007), a concepção nasce antes das materializações físicas, necessariamente a partir da imaginação do indivíduo. O autor afirma que a materialização de um desenho pode ocorrer a partir de um suporte físico qualquer que possibilite a visualização da ideia imaginada acontecendo de forma real. No caso da Engenharia, tais suportes são originados de análises matemáticas, iniciando o processo de transformação em representação. Inicialmente, cria-se um apoio de visualização para que, no momento de inserção dos dados numéricos no *software*, este elabore um modelo de expressão, identificando o comportamento geométrico das situações. Esse procedimento pode ser observado na Figura 47, que representa a reação de uma viga de concreto armado deformando-se de acordo com os carregamentos aplicados na estrutura.

Figura 47 – Desenho da reação de deformação na viga bi-apoiada



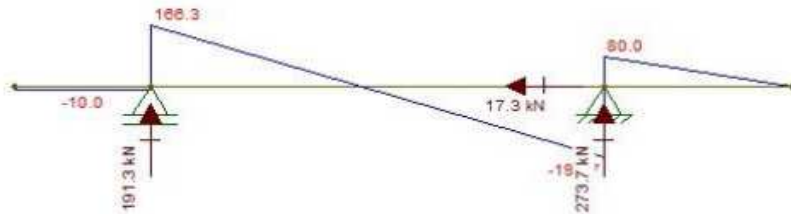
Fonte: Do autor (2017).

Através do desenho é possível criar um vínculo entre a ideia, os materiais e o comportamento. Para Gomes e Velho (1998), essa tríade mostra a significância e a influência do desenho em diversos contextos, no qual o projetista exerce funções como receptor, modificador e decodificador. Ao criar as marcas através do desenho, riscando, pintando, moldando ou projetando, o engenheiro o faz com o propósito de armazenar as informações, transmiti-las e utilizá-las para cunho comercial, educacional ou mesmo intelectual. Desse modo, registra as imagens dos ambientes naturais e artificiais que o cercam, destacando, principalmente, os elementos que compõem a cultura material. Para o caso das vigas analisadas, o desenho no *software* representa comportamentos, casos em que as estruturas estão sujeitas a romperem devido a ações de cargas.

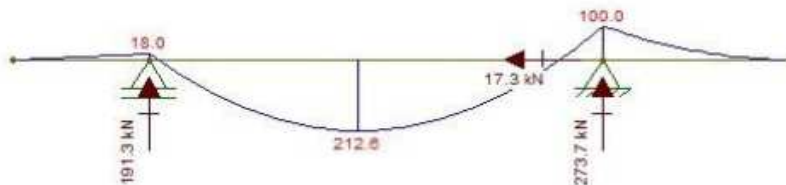
Os pontos de rompimento são considerados fragilidades, de modo que, para que não haja o colapso das estruturas, estas são executadas com aço e concreto, com coeficientes de resistência adequados para cada situação. Estando a estrutura sujeita a excesso de carga, por exemplo, suas fragilidades devem ser verificadas a fim de dimensionar os elementos de uma construção que atenda a sua finalidade de construção. Observa-se, dessa forma, na Figura 48, as forças ou cargas que a viga está recebendo e suas perspectivas de rompimento e deformação máxima supostas pelo programa computacional. Logo, são os desenhos que exemplificam da melhor maneira esses comportamentos e dão um tom de realidade às estruturas que serão executadas no futuro.

Figura 48 – Desenho das reações de força cortante e momento fletor

Para o gráfico de força cortante obtivemos o seguinte:



E para o gráfico de momento fletor temos o seguinte:



Fonte: Do autor (2017).

Segundo Joly (1996), um dos recursos mais utilizados pelo homem desde o nascimento da humanidade é o desenho, manifestando a necessidade de comunicação e o descobrimento do ser, como analítico, reflexivo, interpretativo e atuante em sua própria realidade. Dessa forma, deixa indícios de suas faculdades imaginativas através do tempo, sendo precursores de processos que se refletem na transformação das coisas reais.

Nesse aspecto, os relatórios apresentados demonstram uma riqueza em manifestações das consequências estruturais através das imagens, porém pecam no que se refere às explicações das ações decorrentes nas estruturas. Para um leigo, ler tais relatórios torna-se difícil, pois há poucas referências e considerações sobre os gráficos que foram gerados pelo *software*. Portanto, acredita-se que os resultados obtidos foram insatisfatórios no que se refere ao entendimento geral do comportamento estrutural. Se um cálculo de um elemento é realizado, ele precisa ser esclarecido, classificado, além de ser demonstrada sua metodologia processual. Esse ponto demonstra a falha dos estudantes sobre os relatórios, que pode ser em razão de não terem compreendido os elementos, isto é, o método de cálculo ou, ainda, pela dificuldade em expressar-se em relação ao assunto.

## 4.4 Análise do questionário

Tendo em mente que o interesse deste trabalho incide sobre o esclarecimento e compreensão das trajetórias de desenvolvimento da utilização de ferramentas tecnológicas em contexto de formação superior, e sendo fácil perceber que diferentes indivíduos, com diferentes realidades, experiências, perspectivas e concepções, desenvolvem trajetórias diversas, serão citadas e discutidas, a seguir, algumas declarações dos estudantes analisados nesta pesquisa.

### 4.4.1 Quanto ao uso do *software* e importância

Segundo Bordenave e Pereira (2002), para pedagogos e estudiosos da área de educação, os simuladores desempenham diversas funções que facilitam o processo de aprendizagem, tais como, o reconhecimento e descrição dos objetos, a comparação entre os mesmos, e a possível identificação de semelhanças e diferenças. Mostram relação entre as partes, descrevem o funcionamento de processos e possibilitam análise de situações complexas. Perguntado aos estudantes, “Você já havia utilizado o Ftool ou algum programa de análise estrutural antes da atividade? ”, cerca de 85% dos respondentes sinalizaram negativamente, sendo que apenas 15% já haviam manipulado a ferramenta.

Com o emprego da simulação é possível acelerar o processo de aprendizagem e contribuir para elevar sua qualidade. Ferenc (2005) afirma que a simulação possibilita concentração em determinado objetivo, permitindo a reprodução de procedimentos ou técnicas e oportuniza que se aplique um critério normalizado. Tendo em vista que o uso de recursos de simulação através de ambientes virtuais tornou-se uma prática rotineira nos cursos de Engenharia, foi perguntado aos estudantes, “Foi importante para o seu aprendizado utilizar este software de análise? ”, sendo que cem por cento respondeu que “Sim, foi importante”.

*E3: Acredito que devemos aprender a fazer a análise manualmente, mas que a ênfase deveria ser utilizando o programa, afinal após nossa formação dificilmente resolveremos uma estrutura manualmente.*

*E40: Gostei do aprendizado, com ele podemos perceber quanto mais fácil e quão menos trabalhoso se torna. Os programas facilitam a vida do estudante.*

#### 4.4.2 Quanto à comparação entre os procedimentos de análise

Os produtores de *softwares* para cálculo de estruturas, enfatizam que o engenheiro que manipula estas ferramentas possui muitas responsabilidades, afirmando que para a elaboração de um projeto estrutural é fundamental um trabalho intelectual, desenvolvendo conhecimentos teóricos e práticos. Kimura (2007) salienta que o *software* no projeto de estruturas é apenas uma ferramenta para auxiliar e agilizar o trabalho, porém não substitui o papel do engenheiro. Nesta perspectiva, perguntou-se aos estudantes, “Para fins de análise de estruturas, é mais fácil utilizar algum programa computacional ou realizar os cálculos manualmente?”, dos quais 53% responderam que “Utilizar ambos os métodos para fins de conferência” é a melhor maneira de realizar um projeto estrutural. Os outros 47% consideram que “Usar um programa computacional” que contemple todos os passos do projeto é a melhor forma de projetar estruturas.

Para Marino (2006), utilizar técnicas baseadas na subdivisão dos sistemas estruturais, contendo muitas simplificações, em alguns momentos, conduz a tipos de estruturas e solicitações com valores superestimados de esforços, o que evita a economia de material. Sendo que, pelo uso das mesmas técnicas, chega-se a resultados inferiores aos que representam a estrutura em serviço, podendo haver uma redução no coeficiente de segurança, e um possível colapso da estrutura.

Conforme Kimura (2007), para a utilização de sistemas computacionais que dispõem de muitos tipos de análises não lineares o engenheiro estrutural deve possuir noções, ainda que superficiais, sobre possíveis influências dos seus efeitos nos resultados finais do projeto. Podendo-se dizer assim, que uma análise não linear é um cálculo no qual a resposta da estrutura, tanto nos deslocamentos, nos esforços ou nas tensões, possui um comportamento que é desproporcional à medida que um determinado carregamento é aplicado sobre a estrutura. Desta forma, a não linearidade é relacionada às características do material que compõe a peça e, portanto, o *software* nem sempre é capaz de compreender tais deformações, devido às alterações na geometria que poderão ocorrer nos elementos estruturais. Pensando na facilidade da montagem de determinadas situações no programa analisado e buscando compreender se a ferramenta em questão estava apta a receber e

correlacionar as informações, facilitando a criação da estrutura quase como real, perguntou-se “A interface do Ftool é de fácil compreensão e facilita o processo de montagem da estrutura?” Cerca de 78% dos respondentes, afirmou que “sim” e 22% entendem que apenas “em partes” o *software* entende informações mais complexas, sendo considerado por esta minoria uma ferramenta um tanto quanto complexa, ainda que possuindo poucos comandos.

*E27: Após o término do trabalho, consegui entender [sic] melhor o processo para calcular as análises da estrutura e a sua montagem no programa Ftool, interessante lidar com programas voltados a essa área de estruturas, com certeza auxilia no aprendizado.*

*E31: É sim necessário o aprendizado ‘à mão’, o software é apenas um complemento que facilita o trabalho, mas que é de extrema importância para entendimento.*

#### **4.4.3 Quanto à compreensão e descrição dos resultados**

Conforme Hellmeister, Deganutti e Renóbio (2007), quando aplicadas em sala de aula, as ferramentas computacionais de comunicação são como uma ponte, um elo entre o ensino e a aprendizagem. Estas ferramentas são utilizadas desde a idealização da produção de artefatos até a concretização de estruturas, possibilitando especificar seus materiais e analisando seus elementos de forma individual, tornando este processo mais real através da modelagem 3D e das simulações. Relacionado à compreensão sobre o possível comportamento estrutural, aos estudantes foi perguntado se “O programa utilizado facilitou o entendimento sobre a estrutura e seu comportamento morfológico?”, sendo que 83% sinalizou positivamente quanto a haver possibilidade, através do programa, de observar a estrutura numa perspectiva mais próxima do real.

Mafalda (apud HELLMEISTER; DEGANUTTI; RENÓFIO, 2007) cita que a comunicação gráfica nas atividades práticas das engenharias é muito utilizada, e no processo de aprendizagem de atividades como o desenho, que exigem rotações mentais, inversões e translações de imagens, onde são necessários estímulos visuais. Essas habilidades de visualização espacial são desenvolvidas para aplicar no estudo das estruturas, no que se refere a abstração do cálculo matemático, numa perspectiva de vistas ortográficas e geometria descritiva, capacitando os estudantes para uma comunicação mais interativa. Compreende-se que, um projeto estrutural, calculado no

papel, contém informações de grande relevância e devem ser consideradas como um pré comportamento, tendo o engenheiro, que entender, compreender, analisar e relatar tais desempenhos para quem necessitar durante a execução da obra. Neste contexto, perguntado aos estudantes, “Após utilizar o programa, foi fácil descrever por escrito a análise da situação no relatório final? ”, 83% sinalizou que obtiveram facilidade em relatar as possíveis reações das estruturas analisadas, entendendo o princípio do *software*, simulando e adiantando a realidade futura. Entretanto, 9% revelaram dificuldades quanto às interpretações e 7% consideram ser desnecessário relatar procedimentos de cálculo e analisar possíveis deformações de estruturas em contexto real e que apenas os resultados numéricos são relevantes.

*E6: Em suma, a utilização do Ftool pela primeira vez foi tranquila, a não ser pela parte de propriedades da seção, achei um pouco complicado essa configuração. Mas acredito que é só questão de conhecimento inicial sobre o programa.*

*E7: Achei muito importante esse trabalho utilizando a ferramenta Ftool. Agregou conhecimento.*

*E43: Achei a utilização do Ftool de suma importância para o meu aprendizado, pois acabei entendendo o conteúdo que não tinha conseguido entender somente na aula.*

Após a análise dos relatórios apresentados pelos estudantes e dos dados referentes ao questionário, alguns pontos chamam atenção. De acordo com os pesquisados, realizar um relatório escrito não é uma prioridade, considerando que uma análise matemática das situações é suficiente para demonstrar seus comportamentos. Entretanto, apenas as demonstrações das teorias matemáticas são insuficientes, sendo necessário criar uma relação de causa e efeito. Cada valor numérico apresentado significa uma ação que a estrutura está sofrendo, e para cada ação há uma reação. Estas são o possível rompimento estrutural, que deve ser combatido, tornando a edificação estática.

A maioria dos estudantes considerou que realizar as análises foi um processo fácil. Contudo, nas considerações quanto ao comportamento estrutural não houveram relações suficientes que representassem e especificassem o desempenho das vigas em questão em situação real. Esperava-se que os pesquisados explicassem as informações que o *software* apresentou, criando um vínculo do desenho com o desempenho da peça em estado de serviço.



#### 4.4.4 Quanto ao uso dos *softwares* em contexto profissional

Para Lima e Molinaro (2008) há uma comodidade com relação ao manuseio de ferramentas virtuais, mas a ausência de riscos aos estudantes enquanto manipuladores, eliminam possíveis danos a equipamentos e instrumentos, inexistência de custos e ambientes com controle total sob as variáveis, inclusive dos defeitos e imperfeições programáveis, sinalizando que os ambientes virtuais são importantes para o contexto educacional. Conforme Dutra (2006), há possibilidade de melhoramento do aprendizado, além de proporcionar a experiência prática, fazendo referência ao dia-a-dia do engenheiro calculista, considerando assim primordial a formação tecnológica do estudante. Indagados sobre esta ótica, “Você acredita ser importante utilizar nas disciplinas de cálculo de estruturas, programas de análises?”, e questionados ainda, “Aprender através dos softwares, a realizar análises estruturais, tornará você um profissional mais bem preparado para o mercado de trabalho?”, 100% dos estudantes assumiram que “sim”, é importante, não havendo discordância no que se refere ao uso da tecnologia ao projetar uma estrutura e devendo este contexto profissional ser apresentado em sala de aula.

*E16: Realizar o trabalho com a ajuda de um software facilita muito o desenvolvimento do aprendizado. Muitas vezes, um cálculo feito à mão não gera o mesmo entendimento quando feito em um programa. O software ajuda a visualizarmos a estrutura e entender como ela funciona, tirando dúvidas e esclarecendo-as quando a mão existiu alguma complicação para resolver.*

#### 4.4.5 Quanto ao desenvolvimento contínuo do saber

Dentro da perspectiva de formação e assimilação de conceitos, utilizar *softwares* educacionais pode, segundo Costa (2004), expor situações aos estudantes, práticas que gerem necessidade de aprendizagem de determinado conceito, dependendo apenas de uma adequação ao contexto que está sendo elaborado em determinada atividade. Durante a utilização de um *software* educacional ou mesmo um programa computacional, a teoria da Aprendizagem Significativa de David Paul Ausubel (1978), é compreendida como o processo, no qual um conhecimento novo se relaciona com à estrutura cognitiva do sujeito, criando uma bagagem maior de conhecimentos conforme o estudante avança em sua graduação, e aprofunda seus

estudos. Indagados “Você se sente melhor preparado para as disciplinas de Mecânica Estrutural, por saber utilizar o Ftool? ”, 85% dos questionados apontaram que se sentem preparados para seguir adiante em sua graduação, compreendendo que as próximas disciplinas estruturais do currículo revelarão possibilidades, mas também necessitarão de aptidões mais apuradas por parte dos estudantes. Os demais 13%, consideram-se pouco preparados e 2% não se consideram aptos para novos enfrentamentos.

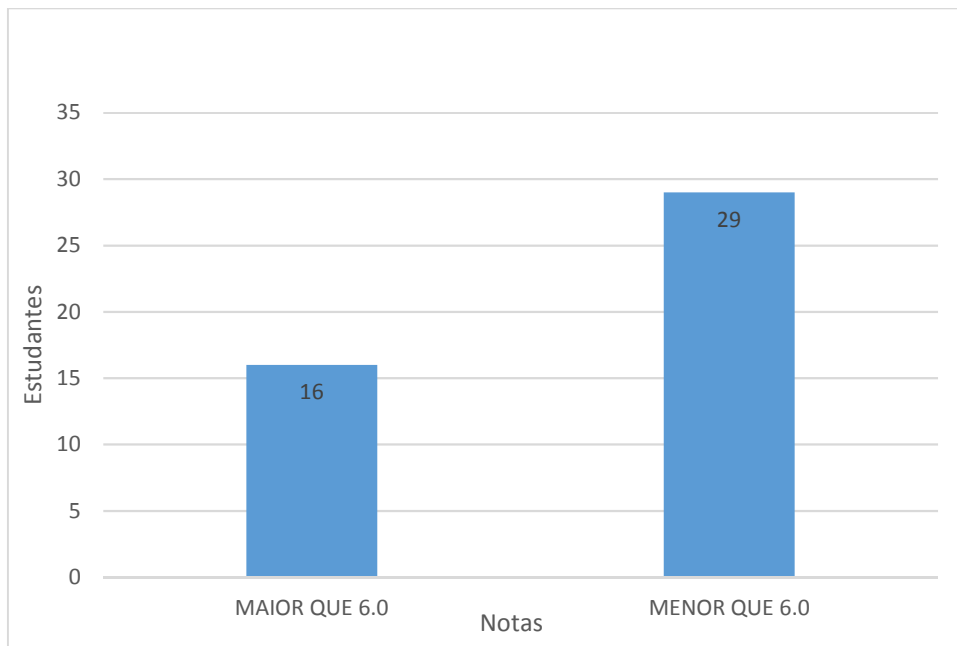
Quando as ferramentas computacionais são utilizadas durante o processo de ensino e de aprendizagem, os conceitos adquiridos previamente transformam-se em construções cognitivas importantes. Para esta perspectiva Ausubel (2000) considera que o conhecimento prévio, chamado de subsunçor - estruturas de conhecimento específica que se torna mais ou menos abrangente em conformidade com a frequência com que ocorre, é a mais importante dimensão da aprendizagem significativa. Sendo assim, os estudantes devem ser estimulados cada vez mais quanto à utilização de objetos que instiguem o redescobrimto de conhecimentos muitas vezes esquecidos. Sondados, sobre a possibilidade de dar continuidade a este processo na pergunta “Você espera fazer novas análises com programas computacionais nas disciplinas de Mecânica Estrutural I, II e III?”, 98% mostraram interesse em avançar em estudos utilizando as tecnologias, e apenas 2% revelam que a única disposição é aprender as metodologias de cálculo pela forma tradicionalmente apresentada em sala de aula.

*E30: Muito legal essa proposta de podermos conhecer programas como este, auxiliam muito no aprendizado.*

*E13: Ajudou na perspectiva, ampliando a visão das vigas e podem ser tiradas muitas dúvidas com a utilização do software, vou usar mais.*

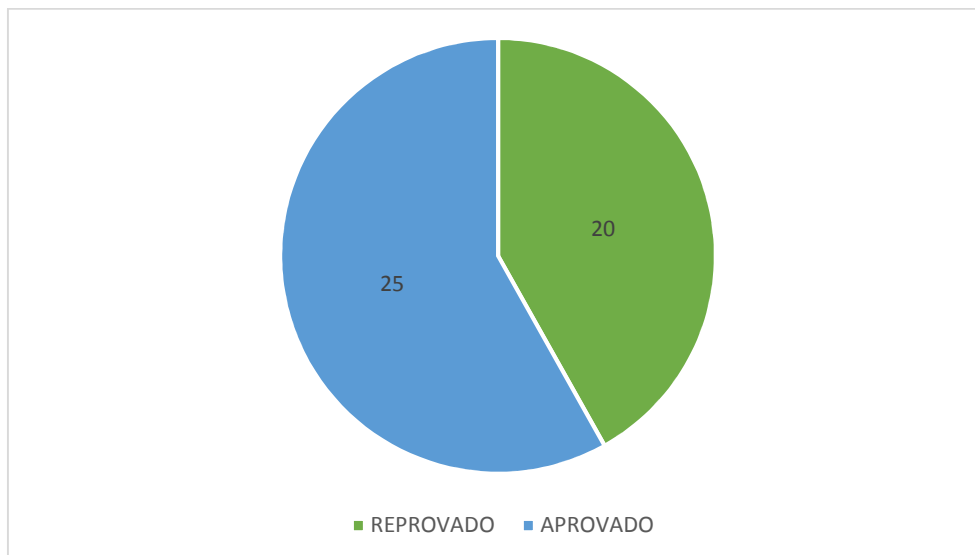
Em geral, os comentários a respeito da realização da atividade proposta – elaboração de um relatório analítico - apresentaram boa ótica e uma perspectiva bastante positiva no que se refere aos estudantes. No entanto, do total de estudantes que realizaram a pesquisa, boa parte (44,44%) obtiveram reprovação na disciplina. Ademais, quase dois terços (64,44%) obtiveram notas no relatório abaixo da média proposta pela instituição, que é de 6,0. E a média geral dos estudantes na avaliação do relatório ficou em 5,04. Estes dados podem ser observados nos Gráficos 5 e 6.

Gráfico 5 – Desempenho dos estudantes no relatório apresentado



Fonte: Do autor (2017).

Gráfico 6 – Situação dos estudantes na disciplina



Fonte: Do autor (2017).

Desta forma, formam-se algumas percepções quanto aos resultados. Uma delas observa a possibilidade de os estudantes não terem bagagem suficiente de informações para serem utilizadas na concepção dos cálculos e das análises. Podem não ter compreendido que a ideia inicial seria criar uma linha de pensamento, uma

concepção detalhada de como seriam os passos para realizar um projeto estrutural completo. E por último, pode-se pressupor que durante a utilização de um *software* podem haver algumas barreiras, relacionadas diretamente com a complexidade da ferramenta, especificamente em suas configurações e *layout*, o que pode dificultar a inserção de dados no programa e, conseqüentemente, o entendimento das informações.

#### **4.5 A visão dos profissionais**

Um questionário também foi encaminhado a alguns profissionais, Engenheiros Civis, que atuam no mercado de trabalho. Seus perfis são os mais diversos e seu tempo de atuação e experiência varia, conforme apresentado na seção 4.1 deste trabalho. Questionados sobre a importância do aprendizado de programas de cálculo durante a formação acadêmica e sobre o uso das ferramentas computacionais no seu contexto profissional, observando as facilidades, dificuldades, possibilidades e contribuições da tecnologia no dia-a-dia do engenheiro na atualidade, apresentam-se algumas análises.

Para Kimura (2007) é praticamente impraticável determinar cálculos estruturais de grande complexidade elaborados de forma manual nos dias de hoje. Por exemplo, durante a execução de um edifício existem muitas etapas, que se determinadas de forma manual podem levar semanas e prejudicar o cronograma de projeto. Por outro lado, o autor salienta que as tecnologias não vieram para substituir os conceitos do cálculo estrutural e sim para aperfeiçoá-los.

*E1: É de suma importância a utilização de softwares de cálculo durante a formação acadêmica, visto que há uma melhor simulação do real em torno do objeto estudado na teoria, tornando-o mais claro e objetivo aonde se quer chegar.*

Perante as tecnologias cada vez mais avançadas, disponíveis no mercado de trabalho, percebe-se que o desenvolvimento de cálculos de forma manual não é sequer cogitado ao iniciar-se um projeto. Para o autor, cria-se uma forma de dependência destas ferramentas, que são responsáveis por praticamente cem por cento das análises de projetos estruturais, e acabam por oferecer agilidade e praticidade no desenvolvimento dos mesmos.

*E1: Vale lembrar que é de grande importância as noções básicas aprendidas no ensino, até para que se possa saber o que está sendo realizado, e preenchido no programa, tendo noção assim dos comportamentos que uma estrutura pode sofrer, vindo a otimizar o processo através do software com mais rapidez e eficiência.*

*E4: Antes de utilizarmos programas computacionais aprendemos a calcular manualmente para saber de onde e com quais os dados estamos trabalhando.*

Para que um projeto estrutural seja de boa qualidade Kimura (2007) explica que a estrutura deve respeitar três requisitos básicos: capacidade resistente, desempenho em serviço e durabilidade. A complexidade e a magnitude que os cálculos estruturais possuem no processo de concepção de uma obra, instigaram um movimento para o avanço na criação e melhoramento de *softwares* para projetos estruturais. Entretanto, ao optar-se pela utilização dos meios tecnológicos, a metodologia de processo de cálculo utilizada antigamente acabou extinguindo-se, possivelmente por ser um processo demorado e por dar margem a erros mais frequentes.

*E2: Muitas vezes, para uma melhor compreensão do problema, é necessário trabalhar em um ambiente virtual, em que o projeto possa ser melhor observado e analisado visualmente, resolvendo problemas usando linguagens de programação, refletindo sobre os resultados obtidos.*

*E3: A não utilização de programas computacionais pode impedir uma melhor preparação dos estudantes para o mercado de trabalho ou o desenvolvimento de um trabalho mais elaborado.*

Diante disto, para a execução de um cálculo estrutural de um modelo qualquer, é importante a comparação e/ou conferência dos resultados que cada um dos meios de cálculo (informatizado e manual) apresentam. Sendo que nos objetos de análise, as metodologias para determinar os esforços e as áreas das armaduras, dimensionadas em lajes, vigas e pilares, são consideradas as mesmas, tanto para o modo informatizado quanto para o manual. Lembrando que os programas computacionais seguem as metodologias que já existiam antes do uso da tecnologia, e implantaram novos processos do uso destas.

*E4: Com o uso da tecnologia podem ser criadas novas formas de trabalho, rotinas, pesquisar, simular, experimentar e elaborar soluções que demandariam muito tempo se fossem feitas manualmente.*

*E1: Acredito que a implantação de programas de cálculo como forma didática de ensino aproximará mais o profissional de sua realidade após sua conclusão de curso, formando um profissional habilitado e capacitado.*

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais conclusões e compreensões desta pesquisa foram norteadas pelo problema do estudo e pelos objetivos específicos enunciados: a atividade promovida em um ambiente de modelagem e simulação interativo; a observação e a relação entre o uso do software *Ftool* e as análises desenvolvidas teoricamente pelos estudantes; as estratégias de inserção, desenvolvimento e aplicação do conteúdo proposto, a percepção dos estudantes sobre a experiência e, por fim, a visão dos profissionais quanto ao uso das ferramentas tecnológicas em projetos estruturais. As conclusões pretendem explicitar as principais evidências retiradas da prática apresentada, ancoradas na observação em sala de aula, bem como no uso dos *softwares* durante o processo de aprendizagem de cálculo e análise estrutural.

Vale ressaltar que não há nenhuma pretensão de constituir generalizações. O intuito deste estudo foi o de contribuir para compreender, de maneira fundamentada e mais abrangente possível, o fenômeno do desenvolvimento do aprendizado do estudante através da construção do seu conhecimento ao utilizar as tecnologias, em função de uma proposta de formação ampla, que permita maior aproveitamento na vida profissional.

Esta investigação apontou algumas limitações e fragilidades. Estas se evidenciaram nos modelos de ensino tradicional, indicando que a formação do estudante atual não resulta em conhecimento significativo caso não atenda às necessidades e dúvidas do engenheiro em situações concretas, no mercado de trabalho. O processo acadêmico deve ser capaz de vencer um conjunto de barreiras

enfrentadas por estes estudantes, as quais inibem a capacidade de ultrapassar a dificuldade de abstração dos fenômenos matemáticos em sala de aula.

Numa proposta construtivista, o estudante é o sujeito que atua. O sujeito constrói e reconstrói o seu conhecimento. Cabe ao professor o papel de criar situações e condições para que o discente possa treinar suas habilidades através da interação com novos saberes. Por conseguinte, ao professor, não basta um conhecimento técnico ou uma exposição de exemplos; deve-se, desta forma, implementar uma proposta que reflita sobre as possibilidades de interação de conhecimento, ligados à tecnologia atual.

Certamente, somente a utilização de *softwares* educacionais não oferecem ambientes completos para o aprendizado das análises estruturais. Enfatiza-se que estes devem estar intrínsecos ao processo de ensinar. Possibilitando assim a construção do conhecimento conjunto a experimentações reais. É necessária a instrução prévia em relação à análise com *softwares*, objetivando o discernimento de eventuais erros e falhas que podem ser cometidos através de um dado equivocado, ou, até mesmo, de uma interpretação errônea.

A realização desta pesquisa, com uso do *software* educacional *Ftool*, permitiu verificar o nível de conhecimento, as dúvidas relacionadas com o conteúdo trabalhado na disciplina e as estratégias que possibilitaram a construção das situações de aprendizagem. Apesar do presente trabalho ter sido realizado com uma pequena amostra de estudantes, observa-se que há um potencial significativo na inserção das tecnologias em ambientes educacionais para a motivação e concretização do aprendizado na estrutura cognitiva dos graduandos.

## REFERÊNCIAS

ALIS. **Ftool**: um programa gráfico-interativo para ensino de comportamento das estruturas. 2005. Disponível em: <<https://www.alis-sol.com.br/ftool/>>. Acesso em: 1 maio 2017.

ALMEIDA, M. L. de. **Elementos finitos paramétricos implementados em Java**. 2005. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005. Disponível em: <<http://pos.dees.ufmg.br/defesas/250M.PDF>>. Acesso em: 1 maio 2017.

ALMEIDA, M. E. B. de. **Informática e formação de professores**. São Paulo: MEC/SEED/PROInfo, 1999. (Coleção Informática Aplicada na Educação).

ALTOÉ, A. **O computador na Escola**: o facilitador no ambiente logo. 1993. 186 f. Dissertação (Mestrado em Supervisão e Currículo) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 1993.

ALTOÉ, A. O desenvolvimento da informática aplicada no Brasil. In: ALTOÉ, Anair; COSTA, Maria Luisa Furlan; TERUYA, Tereza Kazuko (Orgs.). **Educação e novas tecnologias**. Maringá: EDUEM, 2005. p. 15-16. (Formação de Professores – EAD n. 16).

ARAÚJO, E. A.; DIAS, G. A. A atuação profissional do bibliotecário no contexto da sociedade de informação. In: OLIVEIRA, M. de (Coord.). **Ciência da informação e biblioteconomia**: novos conteúdos e espaços de atuação. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2005. p. 111-122.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Alicerce, 2000.

AUSUBEL, D. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune & Stratton, 1978.

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](http://civil.fe.up.pt/pub/people/alvaro/pdf/2000_Mec_Comp_Utiliz_Soft.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2017.

AZEVEDO, S. L. **Desenvolvimento de um protótipo de sistema especialista para escolha do tipo de fundações**. 1999. 300 f. Tese (Doutorado PPGEC) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V. **Introdução à engenharia**. 4. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1996.

BEHRENS, M. A. Projetos de aprendizagem colaborativa num paradigma emergente. In: MORAN, José Manuel; MASSETO, Marcos Tarciso. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas, São Paulo: Papirus, 2000. p. 383-403.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. **Estratégias de ensino-aprendizagem**. 23. ed. Petrópolis: Editora Vozes Ltda., 2002.

BOTELHO, M. H. C. **Resistência dos materiais: para entender e gostar**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Referenciais de qualidade para a educação superior a distância**. Brasília: MEC, 2007. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/legislacao/refead1.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2017.

BUCKINGHAM, D. Cultura digital, educação midiática e o lugar da escolarização. **Educação e Realidade**, Porto Alegre, v. 35, n. 3, p. 37–58, set./dez. 2010. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/educacaoerealidade/article/view/13077>>. Acesso em: 25 mar. 2017.

BUSHELL, D. **Classroom behavior: a little book for teachers**. New Jersey: Prentice-Hall, 1973.

CAVALCANTI, E. Aprenda a instalar o Ftool no Mac OS em apenas 5 passos. **Blog da Engenharia**, [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://blogdaengenharia.com/como-instalar-o-ftool-macos-em-5-passos/>>. Acesso em: 1 maio 2017.

CENTER FOR OCCUPATION AND RESEARCH DEVELOPMENT - CORD. **REACTing to Learn**. Waco, 2017. Disponível em: <[http://www.cord.org/cord\\_ctl\\_react.php](http://www.cord.org/cord_ctl_react.php)>. Acesso em: 6 abr. 2017.

CHEMIN, Beatris Francisca. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: planejamento, elaboração e apresentação**. 3. ed. Lajeado: Ed. da Univates, 2015.

COLOMBO, C. R.; BAZZO, W. Educação tecnológica contextualizada, ferramenta essencial para o desenvolvimento social brasileiro. **Revista de Ensino em Engenharia – ABENGE**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 9-16, ago. 2001. Disponível em:

<[http://unicep.edu.br/enade/atualidades/EDUCACAO\\_TECNOLOGICA.pdf](http://unicep.edu.br/enade/atualidades/EDUCACAO_TECNOLOGICA.pdf)>. Acesso em: 15 mar. 2017.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – CNE; CÂMARA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR – CES. Resolução n.º 11, de 11 de março de 2002. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 1 out. 2017.

COSTA, L. A. C. da. **A avaliação da aprendizagem no ensino de estruturas: epistemologia, tecnologia e educação a distância**. 2004. 212 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

CRAWFORD, M. Teaching in context builds understanding. In: **Contextual Teaching Exchange**, Waco, 2001. p. 10-25.

DELORS, J. (Org.). **Educação: um tesouro a descobrir**. São Paulo/Brasília: Cortez. UNESCO/MEC, 1998.

DUTRA, I. M. et al. Uma base de dados para compartilhamento de experiências no uso de mapas conceituais no acompanhamento de processos de conceituação. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 1-10, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/29293>>. Acesso em: 5 out. 2017.

FELIPPA, C. A. **Introduction to Finite Element Methods**. Notas de aula da disciplina Introduction to Finite Elements Methods (ASEN 5007), Aerospace Engineering Sciences Department, University of Colorado at Boulder. 2004. Disponível em: <[http://kis.tu.kielce.pl/mo/COLORADO\\_FEM/colorado/IFEM.Ch00.pdf](http://kis.tu.kielce.pl/mo/COLORADO_FEM/colorado/IFEM.Ch00.pdf)>. Acesso em: 1 maio 2017.

FERENC, A. V. F. Como o professor universitário aprende a ensinar? Um estudo na perspectiva da socialização profissional. **Interface**, Botucatu, v. 9, n. 18, p. 645-651, 2005.

FERNÁNDEZ, F. A. **Didáctica y optimización del proceso de enseñanza-aprendizaje**. La Havana, Cuba: Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño, 1998.

FERREIRA, E. D. Desenho, Fotografia e Cultura na Era da Informática. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA GRÁFICA NAS ARTES E NO DESENHO, 7.; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 18., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Graphica, 2007. Disponível em: <[http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs\\_degraf/artigos\\_graphica/DESENHO,%20FOTOGRAFIA%20E%20CULTURA.pdf](http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs_degraf/artigos_graphica/DESENHO,%20FOTOGRAFIA%20E%20CULTURA.pdf)>. Acesso em: 1 out. 2017.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1971.

FREIRE, P.; ILLICH, I. **Diálogo: análisis crítico de la “desescolarización” y**

“concientización” en la coyuntura actual del sistema educativo. Buenos Aires: Ediciones Busqueda, 1975.

FUKS, H. et al. Novas estratégias de avaliação online: aplicações e implicações em um curso totalmente à distância através do ambiente AulaNet. In: SILVA, M.; SANTOS, E. (Orgs.) **Avaliação da aprendizagem em educação online**. São Paulo: Loyola, 2006. p. 369-385. Disponível em: <<http://groupware.les.inf.puc-rio.br>>. Acesso em: 2 mar. 2017.

GOMES; J.; VELHO; L. **Computação gráfica**. Rio de Janeiro: Instituto de Matemática Pura e Aplicada, 1998. v. 1. (Série de Computação e Matemática).

HELLMEISTER, L. A. V.; DEGANUTTI, R.; RENÓFIO, A. Modelagem eletrônica, simulação e ensaio de materiais aplicados no desenvolvimento de suspensão elastomérica para uso rodoviário. In: WORKSHOP DESIGN E MATERIAIS: SELEÇÃO DE MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICAÇÃO, 3., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2007.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

JOLY, M. **Introdução à Análise da Imagem**. Tradução de Maria Appenzeller. Campinas, São Paulo: Papirus, 1996.

KIMURA, A. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado**: cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais. São Paulo: PINI, 2007.

KURI, N. P.; SILVA, A. N. R.; MANZATO, G. G. Aprendizado baseado em problemas em uma plataforma de ensino a distância. **Revista Minerva**, São Paulo, v. 4, p. 27-39, 2007.

LASTRES, H. M. M.; FERRAZ, J. C. Economia da Informação, do Conhecimento e do Aprendizado. In: LASTRES, H. M. M.; ALBAGLI, S. (Orgs.). **Informação e globalização na era do conhecimento**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1999. cap. 1.

LEONARDI. **Sistema multipavimento**. São Paulo, [2017?]. Disponível em: <<http://www.leonardi.com.br/sistema-multipavimento/>>. Acesso em: 1 maio 2017.

LIMA, J. F.; MOLINARO, L. F. R. O Uso das Novas Tecnologias como Suporte as Aulas Presenciais na Modalidade de Ensino para Jovens e Adultos: O Caso dos Laboratórios Virtuais. **Revista Negócios e Tecnologia da Informação**, Curitiba, v. 3, n. 1, p. 1-14, 2008. Disponível em: <<http://publica.fesppr.br/index.php/rnti/article/view/84>>. Acesso em: 5 jul. 2017.

LOPES, G. N. Aprendizagem baseada em problema com aplicações em Ciências Agrárias: Uma proposta para o CCA/UFRR. **Agro@ambiente On-line**, Roraima, v. 1, n. 1, p. 43-49, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/agroambiente/article/view/146/82>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

MARINO, M. A. **Apostila de concreto armado**. Notas de aula. Universidade Federal do Paraná, 2006.

MARQUES, A. C.; CAETANO, J. da S. Utilização da Informática na Escola In: MERCADO, L. P. L. (Org.). **Novas tecnologias na educação**: reflexões sobre a prática. Maceió: EDUFAL, 2002.

MARTHA, L. F. **Análise de estruturas**: conceitos e métodos básicos. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MARTHA, L. F. **Métodos básicos da análise de estruturas**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.tecgraf.puc-rio.br/~lfm/>>. Acesso em: 9 mar. 2017.

MARTINS, J. G. **Aprendizagem baseada em problemas aplicada a ambiente virtual de aprendizagem**. 2002. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/84303/191466.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 2 abr. 2017.

MILITITSKY, J. O desafio de formar engenheiros como transformadores sociais. **Escola de Engenharia da UFRGS**, Porto Alegre, v.1, n. 9, p.2, ago. 1998. Suplemento mensal.

MIZUKAMI, M da G. N. **Ensino**: as abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986.

MORAN, J. M. Como utilizar a Internet na educação. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 26, n. 2, maio/ago. 1997. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-19651997000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000200006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 20 abr. 2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias da Aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001.

NAZARENO, C. **Tecnologias da informação e sociedade**: o panorama brasileiro. Brasília: Câmara dos Deputados, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA – UNESCO. **O Futuro da aprendizagem móvel**: implicações para planejadores e gestores de políticas. Brasília: UNESCO, 2014. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002280/228074por.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A

CULTURA – UNESCO. **Padrões de competência em TIC para professores:** diretrizes de implementação 1.0. Tradução de Cláudia Bentes David. Paris: UNESCO, 2009. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156209por.pdf>>. Acesso em: 5 mar. 2017.

ORMONDE, P. C. Ano novo, cara nova. **Trame Estruturas**. 2012. Disponível em: <[http://trameestruturas.blogspot.com.br/2012\\_12\\_01\\_archive.html](http://trameestruturas.blogspot.com.br/2012_12_01_archive.html)>. Acesso em: 1 maio 2017.

PAPERT, S. **A máquina das crianças:** repensando a escola na era digital. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PARCHEN, M. F. R.; SCHEER, S.; NIKKEL, M. Enfoque de contextualização em ambiente virtual de aprendizagem colaborativo: apoio à disciplina de construção civil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INFORMÁTICA EDUCATIVA, 9., 2007, Porto, Portugal. **Anais...** Porto: Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico do Porto, 2007. CD-ROM.

PFEIL, W. **Concreto armado**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ed. Livros Técnicos e Científicos, 1989. v. 1, 2 e 3.

PIAGET, J. **Seis estudos de psicologia**. Tradução de Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sérgio Lima Silva. Rio de Janeiro: Forense, 1964.

PRENSKY, M. Digital natives, digital immigrants. **On the Horizon**, United Kingdom, v. 9, n. 5, p. 1–6, 2001a.

PRENSKY, M. Do they really think differently? **On the horizon**, United Kingdom, v. 9, n. 6, p. 1–9, 2001b.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA – RNP. **Nossa história**. Brasília, São Paulo e Rio de Janeiro: 2011. Disponível em: <<https://www.rnp.br/institucional/nossa-historia>>. Acesso em: 7 mar. 2017.

RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em Engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, [S. l.], v. 27, p. 23-32, 2008. Disponível em: <[http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/epr-201/Artigos%20Temas/PBL\\_2008.pdf](http://www.carlosmello.unifei.edu.br/Disciplinas/epr-201/Artigos%20Temas/PBL_2008.pdf)>. Acesso em: 1 maio 2017.

ROSA, S. S. da. **Construtivismo e mudança**. 8 ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SCHNAID, F. et al. Multimídia e Ensino a Distância na Engenharia Civil: Disciplina de Investigações Geotécnicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 28., 2001, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, 2001. CD-ROM.

SILVA, M. Tablet, laptop e celular na sala de aula: medo, resistência e ignorância. **#Tech**, [S.l.], 2014. Disponível em: <[http://www.plataformaprisma.org.br/medo/?page\\_id=868](http://www.plataformaprisma.org.br/medo/?page_id=868)>. Acesso em: 5 abr. 2017.

SILVA, M.; CLARO, T. A docência online e a pedagogia da transmissão. **Boletim Técnico do Senac**, [S.l.] v. 33, n. 2, p. 81–89, 2007.

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.

SKINNER, B. F. **Tecnologia do ensino**. São Paulo: Editora Herder e Editora da Universidade de São Paulo, 1972.

SOARES M. V. Diretrizes curriculares? O perfil desejado pela ABENGE do engenheiro do novo milênio pode ser alcançado? Uma proposta de caminho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 26., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USJ/ABENGE, 1998.

SOFTWARE INFORMER. **Risa-2D**. 2017. Disponível em: <<http://downloads.informer.com/risa-2d/10.0/>>. Acesso em: 1 maio 2017.

SORIANO, H. L.; LIMA, S. S. **Análise de estruturas**: método das forças e método dos deslocamentos. 2. ed. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2006.

SOUZA FILHO, R. S.; CASTRO, E. B. P. Auxílio informatizado ao processo de projeto. In: NAVEIRO, R. M.; OLIVEIRA, V. F. **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**: conceitos, reflexões, aplicações e formação profissional. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2001. p. 25-83.

SOUZA, G. M. P. **A informática como recurso didático para a aprendizagem de física no ensino médio**. 2007. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

SÜSSEKIND, J. C. **Curso de análise estrutural**. Rio de Janeiro: Globo, 1981. v.1: Estruturas Isostáticas; v. 2: Deformações em estruturas, Método das Forças.

TAKAHASHI, T. (Org.) **Sociedade da informação no Brasil**: livro verde. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000.

TAPSCOTT, Don. **Geração digital**: a crescente e irreversível ascensão da geração net. São Paulo: Makron Books, 1999.

TAROUCO, L. M. R. Educação a distância: tecnologias e métodos para implantação e acompanhamento. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE EDUCAÇÃO VIRTUAL, 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: InterGraf, 1999, p. 344-359.

TARTUCE, T. J. A. **Métodos de pesquisa**. Fortaleza: UNICE – Ensino Superior, 2006. Apostila.

VALENTE, J. A. **Computadores e conhecimento**: repensando a educação.

Campinas: Gráfica Central da UNICAMP, 1993.

VEEN, W.; VRAKING, B. **Homo zappiens**: educando na era digital. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VIEIRA, F. M. S. Avaliação de software educativo: reflexões para uma análise criteriosa. **Educação pública**, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/tecnologia/0001.html>>. Acesso em 26 mar. 2017.

## APÊNDICES

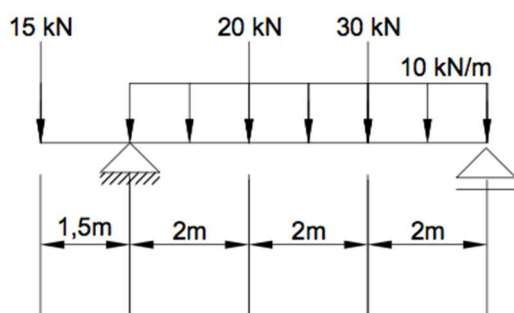


## APÊNDICE A – Guia para desenvolvimento da atividade proposta Turma 1

### Guia para o desenvolvimento do trabalho:

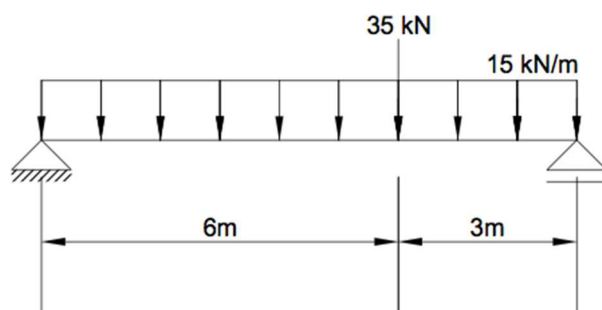
**Exercício 1:** Utilize o *software* Ftool para determinar os diagramas de força cortante e de momento fletor da estrutura ilustrada na Figura 1, utilizando concreto como material de construção, com  $d = 200$  mm e  $b = 100$  mm. Apresente um relatório detalhado de todos os passos realizados, analisando os resultados obtidos.

Figura 1: estrutura a ser utilizada para desenvolvimento do exercício 1.



**Exercício 2:** Utilizando o princípio da superposição de efeitos, demonstre (utilizando os resultados obtidos no *software* Ftool) para a estrutura da Figura 2, que pode-se chegar aos mesmos resultados decompondo os carregamentos e somando os diagramas de esforço cortante e de momento fletor. Utilize, como material de construção, aço com  $d = 500$  mm e  $b = 250$  mm e apresente um relatório detalhado de todos os passos realizados, analisando os resultados obtidos.

Figura 2: estrutura a ser utilizada para desenvolvimento do exercício 2.

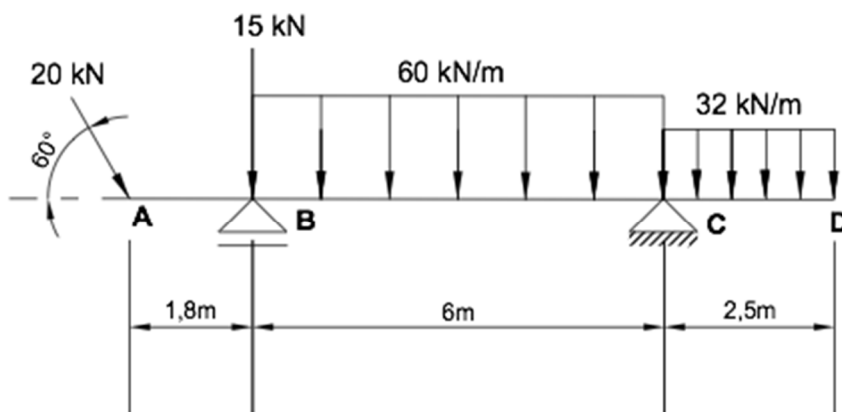


## APÊNDICE B – Guia para desenvolvimento da atividade proposta Turma 2

### Guia para o desenvolvimento do trabalho:

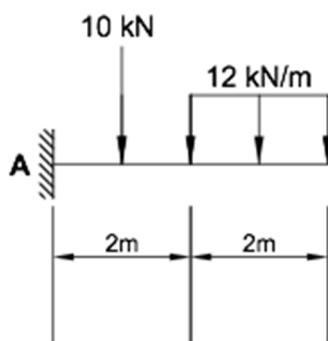
Exercício 1: Utilize o *software* Ftool para determinar os diagramas de força cortante e de momento fletor da estrutura ilustrada na Figura 1, utilizando concreto como material de construção, com  $d = 200$  mm e  $b = 100$  mm. Apresente um relatório detalhado de todos os passos realizados, os métodos de cálculos utilizados e analise os resultados obtidos.

Figura 1: estrutura a ser utilizada para desenvolvimento do exercício 1.



Exercício 2: Utilizando o princípio da superposição de efeitos, demonstre, para a estrutura da Figura 2, que pode-se chegar aos mesmos resultados decompondo os carregamentos e somando os diagramas de esforço cortante e de momento fletor. Utilize, como material de construção, aço com  $d = 500$  mm e  $b = 250$  mm e apresente um relatório detalhado de todos os passos realizados, os métodos de cálculos utilizados e analise os resultados obtidos.

Figura 2: estrutura a ser utilizada para desenvolvimento do exercício 2.



## APÊNDICE C – Questionário virtual aplicado aos estudantes

Questionário: o uso dos softwares como recurso em análises estruturais.

1 - Você já havia utilizado o Ftool ou algum programa de análise estrutural antes da atividade? \*

Sim

Não

2 - Foi importante para o seu aprendizado utilizar este software de análise? \*

Sim, foi importante

Não, é desnecessário utilizar estes recursos

3 - Para fins de análise de estruturas, é mais fácil utilizar algum programa computacional ou realizar manualmente? \*

Usar um programa computacional

Fazer a análise à mão

Utilizar ambos os métodos para fins de conferência

4 - A interface do Ftool é de fácil compreensão e facilita o processo de montagem da estrutura? \*

Sim

Não

Em parte

5 - O programa utilizado facilitou o entendimento sobre a estrutura e seu comportamento morfológico? \*

Sim

Não

Em parte

6 - Após utilizar o programa, foi fácil descrever por escrito a análise da situação no relatório final? \*

Sim

Não

É desnecessário fazer análise escrita, apenas o cálculo é importante.

7 - Você acredita ser importante utilizar, nas disciplinas de cálculo de estruturas, programas de análises? \*

Sim

Não

Prefiro fazer as análises manualmente

8 - Aprender através dos softwares a realizar análises estruturais tornará você um profissional mais bem preparado para o mercado de trabalho? \*

Sim

Não

Não me interessa pela área estrutural

9 - Você se sente melhor preparado para as disciplinas de Mecânica Estrutural por saber utilizar o Ftool? \*

Sim

Não

Talvez

10 - Você espera fazer novas análises com programas computacionais nas disciplinas de Mecânica Estrutural I, II e III? \*

Sim

Não

Desejo apenas aprender a calcular

\* Por gentileza, deixe um comentário sobre o trabalho realizado.

#### APÊNDICE D – Entrevista realizada com profissionais

- 1 – Qual a importância do aprendizado sobre programas de cálculo durante a formação acadêmica?
- 2 – Comente sobre uso das ferramentas computacionais em seu contexto profissional.
- 3 – Cite quais as facilidades e dificuldades no uso da tecnologia em projetos?
- 4 – Quais as possibilidades e contribuições das tecnologias no dia-a-dia do engenheiro na atualidade, durante a concepção de projetos estruturais.



**UNIVATES**

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil  
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000  
[www.univates.br](http://www.univates.br) | 0800 7 07 08 09