

---

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO PORTAL  
CONCWEB NA APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA  
ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

**2013**

---

---

*Aos meus pais, Jádí (in memoriam)  
e Dora (in memoriam).  
Ao meu marido, Marcos.*

---

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre ao meu lado me dando forças para vencer os desafios.

Ao meu orientador José Márcio Fonseca Calixto pelos conhecimentos transmitidos, pela paciência e pela atenção dispensada a mim durante todo o período de trabalho.

À minha co-orientadora Elizabeth Vieira Maia pelo carinho, pelos conhecimentos transmitidos, durante todo o período de trabalho e principalmente pela amizade e consideração.

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia de Estruturas e aos colegas do curso de doutorado pelo carinho e presteza.

Aos meus pais, Jadi (*in memoriam*) e Dora (*in memoriam*), por sempre estarem ao meu lado.

Ao meu marido, Marcos, pelo apoio incondicional.

À minha irmã, Gleide, pelo estímulo e apoio de sempre e pela colaboração na edição deste trabalho.

À minha sobrinha, Letícia, que perguntou todos os dias se eu já havia finalizado o Doutorado.

À minha amiga Carla Montanari pelo carinho e amizade.

---

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<i>1.1 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA DO TRABALHO</i>	<i>12</i>
<i>1.2 DESCRIÇÃO DOS DEMAIS CAPÍTULOS</i>	<i>13</i>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>15</b>
<i>2.1 TECNOLOGIA E FERRAMENTAS EDUCACIONAIS</i>	<i>15</i>
2.1.1 ASPECTOS PEDAGÓGICOS	18
2.1.2 ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO	22
2.1.3 INTERFACE	23
2.1.4 FERRAMENTAS E RECURSOS COMPUTACIONAIS	24
<i>2.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA</i>	<i>27</i>
2.2.1 ESTUDOS LONGITUDINAIS	27
2.2.2 TRATAMENTO RASCH	29
2.2.3 ANÁLISE FATORIAL	32
<b>3. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE CONCWEB</b>	<b>34</b>
<b>4. FONTES DE DADOS</b>	<b>44</b>
<i>4.1 AMOSTRAS</i>	<i>45</i>
<i>4.2 PROVAS</i>	<i>47</i>
<i>4.3 QUESTIONÁRIOS</i>	<i>52</i>
<i>4.4 PREDITORES</i>	<i>56</i>
4.4.1 PREDITORES RETIRADOS DO HISTÓRICO ESCOLAR DO ALUNO	56
4.4.2 PREDITOR PARA A NOTA DE TRABALHO PRÁTICO	58
4.4.3 PREDITORES RETIRADOS DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ALUNOS	59
4.4.4 PREDITORES REFERENTES À UTILIZAÇÃO DO AMBIENTE CONCWEB	60

---

<b>5. RESULTADOS</b>	<b>61</b>
<i>5.1 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO PORTAL CONCWEB NA APRENDIZAGEM DE CONCRETO ARMADO</i>	<i>61</i>
<i>5.2 AVALIAÇÃO DO AMBIENTE CONCWEB</i>	<i>68</i>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>72</b>
<i>6.1 CONCLUSÕES</i>	<i>72</i>
<i>6.2 TRABALHOS FUTUROS</i>	<i>74</i>
<b>7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>76</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>82</b>
<i>ANEXO 1: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</i>	<i>82</i>
<i>ANEXO 2: SOLUÇÃO DAS PROVAS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO II</i>	<i>84</i>
<i>ANEXO 3: ITENS IDENTIFICADOS NA SOLUÇÃO PADRÃO PARA AS QUESTÕES DAS TRÊS PROVAS DE CONCRETO ARMADO II</i>	<i>96</i>
<i>ANEXO 4: MODELOS AJUSTADOS SPSS - GRUPO DE CONTROLE</i>	<i>102</i>
<i>ANEXO 5: MODELOS AJUSTADOS SPSS - GRUPO EXPERIMENTAL</i>	<i>109</i>

---

## LISTA DE FIGURAS

FIG. 2.1: DIAGRAMA COM AS CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE APLICAÇÕES EDUCACIONAIS WEB. ....	18
FIG. 2.2: SUGESTÕES PARA DEFINIÇÃO DE MENSAGENS DE ERROS. ....	23
FIG. 2.3: SUGESTÕES PARA USO DAS CORES. ....	24
FIG. 2.4: SUGESTÕES PARA DISPONIBILIZAÇÃO DE INFORMAÇÕES NAS TELAS. ....	24
FIG. 2.5: REPRESENTAÇÃO DO MODELO RASCH (WRIGHT; MOK, 2004). ....	31
FIG. 3.1: LAYOUT DA PÁGINA PRINCIPAL DO CONCWEB. ....	35
FIG. 3.2: DIAGRAMA DO AMBIENTE CONCWEB COM PROPÓSITOS DE FERRAMENTA COGNITIVA. .....	36
FIG. 3.3: TELA PRINCIPAL OU HOME PAGE DO AMBIENTE CONCWEB. ....	37
FIG. 3.4: PÁGINA DE CONTEÚDO. ....	38
FIG. 3.5: APLICATIVO PARA DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO NORMAL COMPOSTA. ....	39
FIG. 3.6: ENTRADA DE DADOS: DIÂMETROS DAS BARRAS E COBRIMENTO. ....	39
FIG. 3.7: VISUALIZAÇÃO 3D DO DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO NORMAL COMPOSTA (SALES, 2010). ....	40
FIG. 3.8: PÁGINA DE ACESSO ÀS MÍDIAS DO AMBIENTE CONCWEB. ....	41
FIG. 3.9: ANIMAÇÃO PARA LAJE LISA, SEQUÊNCIA 1. ....	41
FIG. 3.10: ANIMAÇÃO PARA LAJE LISA, SEQUÊNCIA 2. ....	42
FIG. 3.11: ANIMAÇÃO PARA LAJE LISA, SEQUÊNCIA 3. ....	42
FIG. 3.12: VÍDEO DO PROGRAMA CONEXÕES DA ENGENHARIA APRESENTADO POR RICHARD HAMMOND, DO NATIONAL GEOGRAPHIC CHANNEL SOBRE O VIADUTO DE MILLAU. ....	43
FIG. 4.1: DIAGRAMA DO PROCESSO GLOBAL PARA O PROJETO ESTRUTURAL. ....	47
FIG. 4.2: 2ª QUESTÃO DA 1ª PROVA APLICADA. ....	48
FIG. 4.3: 2ª E 4ª ETAPAS DA QUESTÃO. ....	49
FIG. 4.4: 5ª ETAPA DA QUESTÃO. ....	50
FIG. 4.5: QUESTÕES REFERENTES AOS DADOS PESSOAIS DO ALUNO. ....	54
FIG. 4.6: QUESTÕES REFERENTES ÀS DISCIPLINAS DE ESTRUTURAS. ....	55
FIG. 4.7: QUESTÕES PARA A AVALIAÇÃO DO AMBIENTE CONCWEB. ....	55
FIG. 5.1: GRÁFICO DA TRAJETÓRIA MÉDIA PARA O DESEMPENHO DO GC. ....	67
FIG. 5.2: GRÁFICO DA TRAJETÓRIA MÉDIA PARA O DESEMPENHO DO GE. ....	67
FIG. 5.3: QUESTÕES SOBRE OS ASPECTOS PEDAGÓGICOS - PARTE I. ....	69
FIG. 5.4: QUESTÕES SOBRE OS ASPECTOS PEDAGÓGICOS - PARTE II. ....	70
FIG. 5.5: QUESTÕES SOBRE USABILIDADE. ....	71
FIG. 5.6: QUESTÕES SOBRE FUNCIONALIDADE. ....	71

---

## LISTA DE TABELAS

TAB. 4.1: AMOSTRAS COLETADAS DAS TURMAS DA DISCIPLINA ESTRUTURAS DE CONCRETO II. .....	45
TAB. 4.2: PERFIL DA AMOSTRA ESTUDADA. ....	46
TAB. 4.3: INDICADORES PARA A 2ª QUESTÃO DA 1ª PROVA. ....	51
TAB. 4.4: PERFIL DA AMOSTRA ESTUDADA. ....	51
TAB. 4.5: EXEMPLO DA TRANSFORMAÇÃO DAS RESPOSTAS EM DADOS DICOTÔMICO. ....	52
TAB. 4.6: METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE <i>SOFTWARE</i> (DIAS, 2003). ....	53
TAB. 4.7: FATORES PARA AVALIAÇÃO DE AMBIENTES EDUCACIONAIS DIGITAIS.....	54
TAB. 4.8: CLASSIFICAÇÃO DAS QUESTÕES. ....	56
TAB. 4.9: RELAÇÃO ENTRE NOTAS, CONCEITO E RG.....	58
TAB. 4.10: PREDITORES PARA A METODOLOGIA DE ESTUDOS.....	60
TAB. 5.1: LIMITE DOS PARÂMETROS DE INFIT E OUTFIT. ....	63
TAB. 5.2: ESTATÍSTICAS DE INFIT E OUTFIT PARA GC E GE. ....	63
TAB. 5.3: VARIÁVEIS PREDITORAS PARA A ANÁLISE HIERÁRQUICA. ....	64
TAB. 5.4: ESTRUTURA DOS MODELOS AJUSTADOS PARA OS GRUPOS GC E GE.....	65
TAB. 5.5: RESULTADOS DA ESTATÍSTICA DE AJUSTE -2LL.....	65
TAB. 5.6: INFLUÊNCIA DOS PREDITORES <i>TRABALHUESTRUT</i> E <i>USOU</i> NA TRAJETÓRIA MÉDIA DO DESEMPENHO EM CONCRETO ARMADO II .....	68
TAB. 8.1: INDICADORES DE COMPETÊNCIA PARA A 1ª QUESTÃO DA 1ª PROVA. ....	96
TAB. 8.2: INDICADORES DE COMPETÊNCIA PARA A 2ª QUESTÃO DA 1ª PROVA. ....	97
TAB. 8.3: INDICADORES DE COMPETÊNCIA PARA A 1ª QUESTÃO DA 2ª PROVA. ....	98
TAB. 8.4: INDICADORES DE COMPETÊNCIA PARA A 2ª QUESTÃO DA 2ª PROVA. ....	99
TAB. 8.5: INDICADORES DE COMPETÊNCIA PARA A 1ª QUESTÃO DA 3ª PROVA. ....	100
TAB. 8.6: INDICADORES DE COMPETÊNCIA PARA A 2ª QUESTÃO DA 3ª PROVA. ....	101



---

## RESUMO

Esta tese apresenta um estudo da influência da utilização do ambiente digital **ConcWeb** na aprendizagem da disciplina Estruturas de Concreto Armado. Para interpretar esta influência a coleta de dados foi feita em duas etapas. A primeira etapa consistiu das provas dos alunos que não tiveram contato com o ambiente. E, a segunda foi composta pelas provas dos alunos que utilizaram o **ConcWeb** bem como pelo monitoramento do acesso desses mesmos alunos ao ambiente. Todas as provas foram recorrigidas para valores do tipo 0/1 e em seguida avaliadas segundo o modelo Rasch para dados dicotômicos. Esta análise gerou uma escala de mensuração de desempenho dos alunos. As medidas obtidas ao longo do semestre foram ajustadas a modelos hierárquicos lineares permitindo assim, descrever trajetórias de aprendizagem dos alunos nos dois cenários. Os resultados encontrados evidenciam uma influência positiva do ambiente **ConcWeb** no processo de aprendizagem do aluno pois a variável preditora para indicar a utilização do ambiente foi estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ) no ajuste da equação que descreve a trajetória de mudança do desempenho em Concreto Armado II para a turma que utilizou o ambiente. Evidenciam também que trabalhar ou estagiar na área de estruturas contribui positivamente no desenvolvimento da aprendizagem do aluno. Com relação ao questionário que avalia o ambiente **ConcWeb** a maioria dos alunos escolheu as opções positivas para a resposta da maioria de suas respostas. Além disso, a grande maioria respondeu que utilizaria o ambiente novamente.

---

## ABSTRACT

This thesis presents a study on the influence of **ConcWeb** online virtual environment on learning process for reinforced concrete design. To access this influence data was collected in two ways. The first one consisted of exams of students who had no contact with the environment. The second data set was composed by the same exams but for students who used **ConcWeb** as well as by the students' access to the virtual environment. The exams were regraded for right or wrong type answers, and then evaluated according to the Rasch model for dichotomous data. This analysis led to a measurement scale of student performance. The measurements obtained during the course of one semester were adjusted to hierarchical linear models in order to describe the students' learning trajectories in both scenarios. The results show a positive influence of **ConcWeb** in the students' learning process, since the access predictor variable is an important factor in the equation for the longitudinal study of the group which used the environment.

# 1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento tecnológico digital, a utilização dos computadores no setor educacional se expandiu e com ela a criação de aplicativos para as diferentes áreas de conhecimento. Especificamente na área de engenharia civil, apesar da predominância do estilo de aula tradicional, os professores de algumas disciplinas utilizam sistemas computacionais em processos que envolvem uma grande quantidade de cálculo. Porém, estes sistemas são geralmente sistemas comerciais, destinados ao profissional da área e não ao aluno. O desenvolvimento de sistemas educacionais se distingue dessas outras aplicações por possuírem algumas peculiaridades que devem ser consideradas durante a sua criação sendo a principal delas os aspectos pedagógicos.

Além disso, os professores dos cursos de graduação das diversas áreas e escolas de engenharia têm detectado alguns problemas que interferem no desempenho dos alunos, tais como: a falta de motivação do aluno, o ingresso de alunos sem conhecimentos básicos ou apresentando deficiências na aprendizagem e a dificuldade de visualização dos processos e resultados. Logo, a utilização da forma tradicional de ensino, algumas vezes, não é suficiente para que o aluno possa compreender os conceitos complexos apresentados nos conteúdos abordados durante o curso.

No âmbito do curso de Engenharia Civil não é diferente, pois, os professores se deparam com os mesmos problemas e dificuldades ainda maiores são encontradas para demonstrar, por exemplo, os efeitos a que uma estrutura de concreto, aço ou madeira estão sujeitas. As disciplinas de Concreto Armado pertencentes ao currículo mínimo do curso de graduação de Engenharia Civil abordam tópicos tais como: flexão normal simples, flexão normal composta, flexão oblíqua, cisalhamento e torção que envolvem cálculos, observação e interpretação de resultados que dependem muito da visualização interna da estrutura e dos fenômenos ocorridos com a mesma. Para os alunos de graduação que não estão familiarizados com os conceitos e, muito menos possuem vivência prática destes fenômenos, a interpretação correta dos resultados pode se tornar difícil. Isto pode causar a sensação de fracasso e, conseqüentemente, levar ao

desestímulo e à falta de interesse, comuns aos alunos que possuem dificuldades na aprendizagem.

Shepherdson (2001) destaca ainda algumas deficiências dos profissionais identificadas por empresas e indústrias do ramo e professores ou tutores, tais como:

- Dificuldade dos alunos na análise e interpretação dos resultados de cálculo apresentados pelos sistemas comerciais desenvolvidos para a área de engenharia de estruturas;
- Dificuldade em reconhecer os erros apresentados na análise dos resultados;
- Falta de capacidade para visualizar o comportamento da estrutura baseando-se na análise dos resultados disponibilizada pelos sistemas de cálculo e para apresentar soluções para a modificação da estrutura.

Estes fatos revelam a importância do desenvolvimento de novos mecanismos para auxiliar a prática docente das disciplinas da área de estruturas não só com a finalidade de minimizar os problemas citados anteriormente, mas também para dar suporte à aprendizagem do aluno visando também atender ao mercado de trabalho.

## 1.1 Objetivos

Com base neste cenário foi planejado e desenvolvido um ambiente de ensino e aprendizagem, chamado **ConcWeb**, para as disciplinas de estruturas de concreto armado. Este ambiente foi utilizado como ferramenta auxiliar na aprendizagem dos alunos como também para fornecer dados suficientes para que a seguinte pergunta pudesse ser respondida: *o ambiente **ConcWeb** pode influenciar positivamente no desempenho dos alunos da disciplina de Concreto Armado II?*

O **ConcWeb** foi desenvolvido com características de um ambiente de ensino e aprendizagem considerando-se as características que representavam melhor as necessidades dos estudantes do curso de engenharia civil. Tanto no *projeto quanto no desenvolvimento do ambiente foram consideradas as abordagens atuais para implementação de um sistema web, observando as especificações e sugestões apresentadas por autores específicos da área de tecnologia da informação e comunicação aplicada à educação para o desenvolvimento desta ferramenta computacional.*

As informações reunidas dentro do ambiente digital foram selecionadas por sua relevância para as disciplinas, levando-se sempre em consideração a qualidade do

material. Os materiais são de autores diversos e todos os créditos foram devidamente atribuídos aos mesmos. O ambiente **ConcWeb** reuni em um só endereço *web* um vasto conteúdo qualificado sobre concreto armado que auxiliará os alunos das disciplinas, economizando-lhes tempo de pesquisa e certeza de fonte segura de informação. Além disso, os simuladores propiciam a autonomia dos alunos permitindo que estes testem e verifiquem o conhecimento próprio uma vez que podem alterar os dados de entrada do programa e observar os resultados obtidos, incluindo uma visualização tridimensional.

O ambiente foi também avaliado pelos alunos por meio de questionários, onde cada um deles pode responder algumas questões sobre os aspectos pedagógicos, de usabilidade e funcionalidade do **ConcWeb**.

Durante um semestre os alunos foram monitorados enquanto utilizavam o **ConcWeb**. Este monitoramento gerou relatórios com as seguintes informações: número de acessos, tempo de permanência em cada acesso, páginas visitadas e atividades realizadas. Utilizando esses dados coletados, provas e informações acadêmicas foi realizado um estudo longitudinal para verificar a influência da utilização do portal **ConcWeb** na aprendizagem de concreto armado desses alunos.

## 1.2 Descrição dos Demais Capítulos

Os demais capítulos são organizados como se segue.

No Capítulo 2, **Revisão Bibliográfica**, são apresentados os recursos da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) e ferramentas educacionais comumente aplicados à educação e ambientes de ensino e aprendizagem disponibilizados via *web* que enfatizam os recursos visuais. Neste capítulo também foram apresentados os métodos estatísticos que permitem analisar a influência da utilização do ambiente **ConcWeb** na aprendizagem de estruturas por meio de trajetórias de mudança educacional.

O Capítulo 3, **Descrição do Ambiente ConcWeb**, descreve o ambiente, apresentando os recursos disponíveis, a estrutura do ambiente e o layout.

O Capítulo 4, **Fonte de Dados**, apresenta as fontes de dados utilizadas no estudo longitudinal e explica a metodologia adotada para a adequação dos mesmos aos modelos hierárquicos lineares.

O Capítulo 5, **Resultados**, discute os resultados encontrados pelas análises estatísticas e apresenta as trajetórias de mudança para o grupo de controle e o grupo experimental.

E, por último, o Capítulo 6, **Considerações Finais**, relata as conclusões referentes à análise dos resultados, implicações para a prática pedagógica e também apresenta algumas sugestões para a continuação do trabalho.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Tecnologia e Ferramentas Educacionais

A partir do ano de 1995 a internet adentrou o mercado global fazendo ressurgir com novo ímpeto o interesse em educação a distância que até então contava com os recursos de correios, TV e vídeos. Tal interesse se explica pelo fato desta modalidade de ensino oferecer:

[...] boas oportunidades de educação para os interessados, mesmo que em áreas remotas e desprovidas de boas oportunidades locais de educação. Outros benefícios são: o compartilhamento de recursos de ensino entre instituições com interesses e quadros complementares, mesmo que situadas em locais afastados entre si; a oferta de oportunidades de aprendizagem para estudo em casa ou no trabalho, em qualquer horário, ampliando as possibilidades de oferta de educação continuada; a individualização do processo educativo, mesmo em esquemas de grande escala, devido à maior interatividade propiciada pela internet e; a organização do trabalho em equipe de intensa cooperação, mesmo envolvendo pessoas geograficamente dispersas e trabalhando em horários distintos (Takahashi, 2000, p.47).

Desde então, as universidades e escolas de ensino fundamental e médio vêm oferecendo aos estudantes possibilidades de navegar no oceano da informação e do conhecimento acessível pela internet mediante uma variedade de recursos digitais tais como: correios eletrônicos, conferências *online*, blogs, redes sociais, tutoriais inteligentes, aplicações hiper-mídias e sistemas de simulação.

Como estes recursos podem ser combinados de diversas maneiras os ambientes de aprendizagem digitais que os utilizam são classificados como se segue (Oliveira *et al.*, 2002):

- Ambientes para Aprendizagem Individual: os alunos interagem apenas com o ambiente, obtendo todo o suporte a partir deste. O ambiente é caracterizado pelo modelo educacional de autoinstrução; as ferramentas têm apenas funções de informação e atividades;

- Ambientes para Aprendizagem Participativa: permitem além da interatividade com o ambiente a interação entre os alunos; o ambiente é caracterizado pelo modelo educacional de participação; utilizam ferramentas de informação, atividade e comunicação;
- Ambientes para Aprendizagem Colaborativa<sup>1</sup>: permitem além da interatividade com o ambiente, interação estruturada entre os alunos utilizando o modelo educacional de cooperação; utilizam ferramentas de informação, atividade, comunicação, colaboração e gestão;
- Ambientes para Aprendizagem Mediada: permitem a interação entre o professor (mediador) e o aluno. Estes ambientes podem ser combinados com os outros tipos de ambientes abordados anteriormente.

Independente de como é classificado, um ambiente *web* que atue como suporte para o processo de ensino e aprendizagem deve considerar os requisitos de qualidade<sup>2</sup> necessários a um sistema educacional. Os produtos para domínios de aplicação específicos e as diferentes tecnologias utilizadas para o desenvolvimento destes implicam características específicas que possuem critérios diferenciados como indicadores de qualidade. Os principais indicadores de qualidade em *softwares* educacionais, disponibilizados via *web*, estão relacionados às características pedagógicas, usabilidade, funcionalidade, confiabilidade, eficiência, adequabilidade e possibilidade de manutenção. Para que se possa garantir a qualidade do produto, a engenharia de *software* recomenda a avaliação sistemática. Esta avaliação deve verificar o desempenho do *software* e obter indícios de satisfação do usuário, identificando problemas durante a realização de tarefas.

Podemos considerar, então, que o projeto e desenvolvimento de ambientes digitais para ensino e aprendizagem possuem alguns desafios, a saber: adequar-se ao contexto e trabalhar a diversidade; acompanhar a evolução e utilizar, adequadamente, as tecnologias interativas; propiciar maior flexibilidade; favorecer a sua produção mais rápida; assegurar a qualidade de processos e resultados que os compõem (Romiszowski, 2011).

---

<sup>1</sup> A aprendizagem cooperativa ou colaborativa requer a interação entre os alunos como condição para que aconteça a aprendizagem. Segundo Dillenbour (*apud* Siqueira e Alcântara, 2004, p. 3) *a mais ampla (mas insatisfatória) definição de aprendizagem colaborativa é que ela se constitui em uma situação na qual duas ou mais pessoas aprendem ou tentam aprender algo juntas.*

<sup>2</sup> A qualidade de um produto deve ser vista como um conjunto de características que devem ser alcançadas em um determinado grau para que este atenda às necessidades de seus usuários (Cavalcanti *et al.*, 2001).



Ainda segundo Romiszowski (2011) os principais critérios para uma prática de desenvolvimento que conduza aos resultados almejados, são:

- Levantar necessidades/contexto geral, pesquisar conteúdo de interesse e definir objetivos de aprendizagem;
- Selecionar conteúdos e definir tópicos, de acordo com o perfil da clientela;
- Escolher métodos de apresentação, prática e avaliação;
- Escolher exemplos e formas de explorar o assunto; analisar e selecionar, ou elaborar os materiais didáticos;
- Desenvolver a estrutura do produto, identificando sequências, exercícios de prática, interligações entre assuntos;
- Desenvolver roteiros, exemplos, desenhos, gráficos e outros componentes de comunicação visual;
- Elaborar produção de componentes de arte gráfica, computação gráfica, arquivos de textos;
- Verificar a eficácia das ideias visuais e outras utilizadas para comunicar o conteúdo, grau de compreensibilidade dos materiais instrucionais e qualidade técnica das imagens e gráficos, na busca de padrões desejáveis atendendo aos requisitos de qualidade mencionados anteriormente.

Portanto, após a análise das sugestões de alguns autores como Cavalcanti *et al.* (2001) Versuti (2004), Mendes *et al.* (2004) e Romiszowski (2011), foi desenvolvido um diagrama, apresentado na Fig. 2.1 que resume os critérios determinantes na qualidade do *software* educacional para ambiente *web* considerando a existência de programas simuladores enfatizando principalmente a autonomia do aluno. Este diagrama também se baseia na árvore de características de qualidade para aplicações *web* apresentada por Pressman (2001).



**Fig. 2.1: Diagrama com as características de qualidade de aplicações educacionais web.**

### 2.1.1 Aspectos Pedagógicos

O desenvolvimento cognitivo do ser humano responsável pela aprendizagem foi, e ainda é, tema de muitos estudos e pesquisas gerando diferentes abordagens e teorias em

diferentes épocas. Estas abordagens e teorias devem ser obrigatoriamente consideradas no desenvolvimento de ferramentas educacionais digitais.

Campos *et al.* (1998) afirmam que a tecnologia educacional tradicional é baseada em um relacionamento linear e hierárquico que envolve a pré-seleção do conteúdo, enquanto que na tecnologia educacional com enfoque construtivista, os alunos selecionam e desenvolvem suas próprias estratégias e são encorajados a buscar novos domínios do conhecimento. A visão geral do construtivismo é a noção do indivíduo ativo, engajado e participante, buscando o sentido e o significado das ocorrências no mundo. Com relação à prática pedagógica, a característica mais distinta do construtivismo é a ênfase na argumentação, discussão e debate. Ou seja, a aquisição do conhecimento depende tanto do indivíduo quanto de sua **interação** com o meio pois, a aprendizagem só ocorre quando se elabora uma representação mental do objeto ou conteúdo da realidade. Os conteúdos devem ser significativos, problematizados, instigadores e motivadores, a fim de estimular o aluno na solução de problemas e **construção do conhecimento** (Souza; Ulbricht, 2004). Na aprendizagem construtivista não basta simplesmente refletir a realidade, mas é necessário que se construa uma interpretação significativa da mesma.

Esta perspectiva da abordagem construtivista associada à aprendizagem é descrita por David Ausubel e Jerone Bruner (Pelizzari *et al.*, 2002; Bruner, 2002). O conceito básico da teoria de Ausubel é a **aprendizagem significativa** que deverá ocorrer quando uma nova informação adquirir significado para o aluno mediante a relação com seu conhecimento prévio. Na aprendizagem significativa a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específico pré-existente. Este processo é dinâmico e a estrutura cognitiva está constantemente se reestruturando enquanto o conhecimento vai sendo construído. Se a informação não interagir significativamente com algum conceito já conhecido, ocorre o que Ausubel considera aprendizagem mecânica, neste caso a informação não se associa a nenhuma estrutura cognitiva particular o que prejudica a retenção do conhecimento. Já Jerone Bruner (2002) enfatiza a importância da exploração ativa e da solução de problemas. Para ele, a aprendizagem significativa é desenvolvida por meio de métodos de descoberta orientada, o que implica em proporcionar oportunidades para que os estudantes possam manipular ativamente os objetos transformando-os por intermédio da ação direta. Para tanto, é necessário proporcionar atividades que os incentivem a buscar, explorar, analisar ou processar as informações recebidas (Pelizzari *et al.*, 2002).

Nas pesquisas mais recentes em neurociências é apresentada uma visão do cérebro como se o mesmo fosse fracionado em setores e cada um destes setores abrigasse um tipo específico de competência e de processamento de informações (Antunes, 2003). Inicialmente Howard Gardner (2000) afirmava ter localizado sete áreas do cérebro responsáveis, cada uma, por uma inteligência, a saber: inteligência linguística ou verbal, lógico-matemática, espacial, musical, corporal-cinestésica, interpessoal e intrapessoal. Ele considera

[...] as inteligências como potenciais puros, biológicos, que podem ser vistos numa forma pura somente nos indivíduos que são, no sentido técnico, excêntricos. Em quase todas as outras pessoas, as inteligências funcionam juntas para resolver problemas, para produzir vários tipos de estados finais culturais – ocupações, passatempos e assim por diante (Gardner, 2000, p.15).

Atividades escolares que envolvam todas as inteligências citadas anteriormente requerem dos alunos uma participação ativa, manipulando os objetos e o ambiente no qual estão trabalhando, observando os resultados das manipulações e integrando as novas experiências a conhecimentos prévios, para a criação de estruturas mais complexas. Neste caso, a nova informação adquire significado para o aluno ocorrendo o que Ausubel define como **aprendizagem significativa**.

Jonassen *et al.* (1999) e Jonassen (2000), denominam ferramentas cognitivas ou *mindtools* os *softwares* ou sistemas computacionais utilizados especialmente para atender ao processo de ensino e aprendizagem. Estas ferramentas levam em conta os aspectos cognitivos dos seres humanos de acordo com as recomendações da pedagogia e da psicologia. Elas têm sido adotadas para atuar como parceiras intelectuais dos alunos com o propósito de estimulá-los à reflexão, o que facilita o pensamento crítico e a aprendizagem mais complexa. O principal objetivo delas é fazer com que os esforços mentais dos alunos se tornem mais efetivos.

Jonassen (2000) enfatiza ainda, que as escolas devem utilizar a tecnologia para envolver os alunos em atividades de aprendizagem ativas, construtivistas, intencionais, autênticas e colaborativas. Jonassen *et al.* (1999) descrevem cada uma destas características de atividades de aprendizagem como se segue:

- Ativas: acontece quando a aprendizagem ocorre em contextos naturais; os indivíduos interagem com este ambiente e manipulam os objetos deste

ambiente, observando os efeitos de suas intervenções e construindo suas próprias interpretações do fenômeno e dos resultados da manipulação;

- **Construtivistas:** possibilitam aos alunos a reflexão sobre suas ações durante as atividades, estimulando o pensamento crítico necessário para a construção do conhecimento;
- **Intencionais:** as atividades devem ser propostas com a intenção de satisfazer algum propósito ou atingir algum objetivo. Este propósito pode ser simples, como satisfazer a fome, ou mais complexo como desenvolver uma nova habilidade.
- **Autênticas:** as atividades são baseadas em tarefas significativas do mundo real ou simuladas em algum estudo de caso. Estes tipos de atividades não são necessariamente mais fáceis de compreender, porém, são mais consistentemente utilizadas em novas situações.
- **Cooperativas:** atividades que demandam trabalho em comunidades onde a construção de conhecimento acontece por meio da exploração das habilidades e compartilhamento dos conhecimentos uns dos outros. A tecnologia pode ajudar este processo de conversação por intermédio da conexão entre os alunos na sala de aula, na mesma cidade ou no mundo.

As ferramentas cognitivas, quando desenvolvidas para envolver o indivíduo em atividades complexas de aprendizagem, possibilitam que estes utilizem uma **combinação das diversas inteligências** descritas por Gardner (2000) em sua teoria das inteligências múltiplas. Além disto, as ferramentas cognitivas baseadas em tecnologias digitais auxiliam os alunos a transcender as limitações de suas mentes tais como as limitações de memória, raciocínio ou capacidade para solucionar problemas (Jonassen, 2000). Estas ferramentas podem servir como suporte para que os alunos possam atingir níveis mais complexos de pensamento e raciocínio uma vez que **atuam na zona de desenvolvimento proximal** definida por Vygotsky (*apud* Daniels, 2003). Ou seja, sob o auxílio da tecnologia com ou sem a colaboração de outras pessoas há possibilidade de que o aluno alcance o seu nível superior de desenvolvimento potencial que é determinado pela capacidade de resolução de problemas.

### 2.1.2 Arquitetura da Informação

Soletic (2002) e Rosenfeld e Morville (1998) chamam atenção para algumas questões relevantes que devem ser consideradas na elaboração de material instrucional para ser disponibilizado nos ambientes de ensino e aprendizagem baseados na internet:

- Definição precisa dos propósitos do material;
- Identificação e seleção dos núcleos temáticos, dos conceitos e das relações conceituais principais a serem abordadas no material;
- Identificação dos enfoques e pontos de vista que serão desenvolvidos no ambiente e a definição das principais referências bibliográficas dos textos a serem elaborados;
- Definição do tipo de organização do material: para tanto, faz-se necessário a análise dos conhecimentos prévios gerais dos alunos, dos temas sobre os quais os alunos têm escassa compreensão e, reconhecimento de erros que surgem das interpretações construídas a partir do senso comum.

Os aspectos tecnológicos importantes da arquitetura da informação, além de definir a missão, o conteúdo e a funcionalidade do ambiente *web* também determinam a forma como este será organizado, o seu sistema de navegação, o sistema de rótulos ou metáforas e o sistema de busca de informações – quando houver. Os responsáveis pela arquitetura da informação também devem organizar as informações para que os usuários possam encontrar as respostas para os seus questionamentos (Rosenfeld; Morville, 1998).

Os esquemas de organização de informações existentes definem as características compartilhadas por itens de conteúdos o que influencia a lógica de agrupamento dos itens. Já as estruturas de organização definem o tipo de relacionamento entre os itens. Alguns exemplos de esquema de organização para conteúdos são: a organização alfabética, cronológica, geográfica ou de tópicos. Um exemplo comum de estrutura de organização de informação adotado em ambientes *web* é o hipertexto baseado em *links* entre partes de informações (Rosenfeld; Morville, 1998; Pressman, 2001). Uma vez estabelecida a arquitetura e especificados os seus componentes (páginas, *scripts*, *applets* e outras funções de processamento) pode-se definir os caminhos de navegação que permitam ao usuário ter acesso às informações. Fazem parte da definição do sistema de navegação uma variedade de elementos, tais como: barras de navegação, menus, tabelas de conteúdos e mapas do ambiente. Embora estes elementos possam ser implementados

para cada página, eles formam juntos o sistema de navegação propriamente dito. A criação de sistema de rótulos em um sítio de internet também é imprescindível, pois permite que as informações sejam apresentadas ao usuário de modo eficiente. Os rótulos representam ideias ou informações específicas. Um exemplo seria o rótulo “Fale Conosco” que representa o modo pelo qual o usuário estabelece contato com os professores quando lhe for conveniente (Rosenfeld; Morville, 1998).

### 2.1.3 Interface

Segundo Pressman (2001) o *projeto de interface com o usuário cria um meio efetivo de comunicação entre o ser humano e o computador*. A sua importância se dá pelo fato de ser necessário que o usuário se sinta confortável ao utilizar o *software*. Para isto, a engenharia de *software* indica um conjunto de princípios para projeto de interface identificando objetos e ações de interface para a criação de um *layout* de tela.

Independentemente do valor de seu conteúdo, da sofisticação de suas possibilidades e serviços de processamento e do benefício global da aplicação *web*, uma interface mal projetada vai desapontar o usuário, levando-o a outros sítios (Pressman, 2001). No caso específico de ambientes educacionais que são projetados e desenvolvidos para auxiliarem no processo de ensino e aprendizagem a necessidade de atrair a atenção do estudante, motivando-o a navegar em busca de informações, é ainda maior. Segundo Shneiderman e Plaisant (2005) para estes ambientes criativos é mais difícil estabelecer um padrão de interface para atender aos critérios de projeto por causa da natureza exploratória destas aplicações. Esses autores e Nielsen (2000) indicam outros cuidados com o *design* da interface relacionados às mensagens de erros, à aplicação das cores e à disponibilização das informações na tela do computador conforme descritos nas Figs. 2.2, 2.3 e 2.4.

- Ser preciso e específico tanto quanto possível.
- Ser construtivo, ou seja, indicar o que o usuário necessita fazer.
- Usar um tom positivo, dispensar condenações.
- Escolher uma linguagem centrada no usuário.
- Considerar múltiplos níveis de mensagens.
- Manter a consistência das formas gramaticais, terminologia e abreviações.
- Manter formato visual e localização consistentes.

**Fig. 2.2: Sugestões para definição de mensagens de erros.**

- Limitar a quantidade e a variedade de cores.
- Ter cuidado ao escolher as cores pois, estas podem agilizar ou tornar mais lenta uma tarefa.
- Ter certeza de que o esquema de cores escolhido dá suporte à tarefa.
- Fazer com que o esquema de cores apareça com o mínimo de esforço.
- Projetar para monocromático primeiro.
- Considerar as necessidades dos usuários desprovidos de recursos de vídeo.
- Usar as cores para auxiliar a formatação.
- Ser consistente na escolha do esquema de cores.
- Estar alerta para os problemas causados pelo uso de cores semelhantes.
- Usar mudanças de cores para indicar mudança de *status*.

**Fig. 2.3: Sugestões para uso das cores.**

- Estar certo de que qualquer dado que o usuário necessite, assim como passos em uma seqüência de transações, estarão disponíveis na tela.
- Exibir dados em formatos usuais para evitar que o usuário tenha que fazer conversões.
- Manter um formato consistente para qualquer tipo particular de dado, de uma tela para outra.
- Usar sentenças pequenas e simples.
- Usar expressões positivas ao invés de negativas.
- Adotar um princípio lógico de ordenação de listas; onde nenhum dos princípios se aplicar, usar por ordem alfabética.
- Estar certo de que os rótulos estão suficientemente ligados aos seus campos de dados deixando clara a associação.
- Alinhar à esquerda as colunas de dados alfabéticos para permitir que o usuário examine rapidamente as informações.
- Criar um mapa explicitando o relacionamento das telas.
- Iniciar cada tela como um título ou cabeçalho, descrevendo brevemente o conteúdo ou propósito da tela; deixar pelo menos uma linha em branco entre o título e o corpo da tela.
- Para diferenciar os símbolos maiores, estabelecer o tamanho de, pelo menos, uma vez e meia o tamanho do menor mais próximo.
- Considerar o código de cores para aplicações nas quais os usuários devam distinguir rapidamente entre várias categorias de dados.

**Fig. 2.4: Sugestões para disponibilização de informações nas telas.**

## 2.1.4 Ferramentas e Recursos Computacionais

Para o desenvolvimento de ambientes digitais de ensino e aprendizagem é necessária a utilização de alguns recursos e ferramentas tecnológicas propícias às aplicações *web*, como será apresentado nos itens adiante.

### 2.1.4.1 Análise e Programação Orientada a Objetos

A orientação a objetos é uma abordagem de desenvolvimento de *software* que organiza os problemas e as suas soluções como um conjunto de objetos distintos



(Pfleeger, 2004). Além da possibilidade de reutilização, essa abordagem apresenta outras vantagens tais como: maior produtividade durante a fase de projeto e desenvolvimento; codificação mais clara, facilitando o entendimento do mesmo; facilidade nas correções e modificações futuras (Sommerville, 2003).

#### 2.1.4.2 PHP

PHP (*Hypertext Preprocessor*) é uma linguagem de criação de *scripts* do lado do servidor e atualmente é uma das mais utilizadas na criação de páginas dinâmicas para *web*. O código PHP pode ser embutido dentro de uma página HTML e será executado toda vez que a página for visitada. O PHP é uma tecnologia de código-fonte aberto que fornece aos desenvolvedores o acesso livre ao código-fonte e livres direitos de redistribuição. Além disso, ele é uma plataforma independente, isto é, existem implementações para todos os sistemas operacionais reconhecidos (UNIX, Linux e Windows). E também fornece suporte para vários bancos de dados, incluindo o MySQL que será mencionado mais adiante (Deitel *et al.*, 2003; Welling *et al.*, 2005).

#### 2.1.4.3 Java

A linguagem Java começou a ganhar reconhecimento em 1995 quando seus recursos para implementação de páginas *web* foram apresentados ao público. Horstmann e Cornell (2001) citam algumas vantagens da linguagem: similaridade à linguagem C++, totalmente orientada a objetos, emprego de recursos de rede e uso de uma arquitetura que pode ser utilizada independentemente de plataforma. Além destas características a linguagem Java permite a implementação de programas que podem ser executados em páginas *web*, denominados *applets*. Os *applets* são anexados a uma página *web* por meio de instruções em HTML.

#### 2.1.4.4 Visualização tridimensional e Java3D

Um dos métodos para apresentar modelos de visualização em 3D via *web* é a programação em linguagem Java. Utilizando-se a biblioteca *Java 3D*<sup>3</sup> os desenvolvedores podem implementar aplicativos gráficos mais sofisticados como jogos, animações e outros. O utilitário de classes Java 3D possibilita, ainda, a construção de aplicativos que permitem aos usuários a manipulação (rotação, translação e escalonamento) dos objetos 3D utilizando-se o *mouse*. Esse recurso para modelagem tridimensional possibilita a comunicação de dados 3D entre aplicativos e aplicações de

---

<sup>3</sup> ORACLE, <[http://www.java.com/pt\\_BR/](http://www.java.com/pt_BR/)>

rede e possui ainda um conjunto de características que possibilita implementação de aplicações em diversas áreas tais como: visualizações em engenharia e ciências, CAD e arquitetura, visualizações em medicina, treinamento e simulações, multimídia, entretenimento e educação e outras.

Tendo em vista as facilidades atuais torna-se bastante viável a utilização destes recursos para a educação em engenharia. Esses recursos gráficos podem ser de grande ajuda para as disciplinas de projeto de concreto armado pois oferecem maior flexibilidade em visualização de dados e motivação para a aprendizagem.

#### 2.1.4.5 Joomla!

Um CMS (*Content Management System*) é um *software* de computador para organização e facilitação do processo de criação de ambientes colaborativos para disponibilização de documentos e outros conteúdos. O Joomla! é um sistema para gerenciamento de conteúdo na internet que também pode ser utilizado sob a licença *Open Source* (*GPL – General Public License* - <http://www.gnu.org>). Embora não seja necessariamente uma ferramenta desenvolvida para ambientes educacionais, ela atende bem a esse objetivo visto que possui amplos recursos para desenvolvimento de *sites*, aplicativos e ambientes para a internet. Além disso, ele também utiliza a linguagem PHP, o banco de dados MySQL e servidor Apache (<http://www.joomla.org>).

#### 2.1.4.6 Adobe® Creative Suite® 6 Design & Web Premium

O Adobe® *Creative Suite® 6 Design & Web Premium*<sup>4</sup> é um conjunto de ferramentas para criar projetos visuais profissionais para ambientes *web* ou não. Essa reunião de programas permite desenvolver gráficos, animações e imagens atraentes, *layouts* para impressão, *sites* em HTML5/CSS3 e materiais para *tablets* e *smartphones* — com rapidez e precisão.

#### 2.1.4.7 MySQL

O MySQL é um banco de dados poderoso e muito rápido, além de ser compatível com o sistema Joomla! O servidor de MySQL permite que vários usuários possam trabalhar com os dados ao mesmo tempo bem como controla todo o acesso aos dados assegurando que somente usuários autorizados obtenham acesso ao banco. Além disso, ele está publicamente disponível desde 1996, sob a licença *Open Source* (*GPL* –

---

<sup>4</sup> Site Adobe: <<http://www.adobe.com/br/products/creativesuite/design-web-premium.html>>.

*General Public License* - <http://www.gnu.org>) gratuitamente (<http://www.mysql.com>) (Welling; Thomson, 2005).

#### 2.1.4.8 Servidor Apache

O servidor *web* é um programa responsável por disponibilizar páginas ou qualquer outro tipo de objeto ao navegador do cliente, por exemplo, o Internet Explorer, que atua recebendo os dados do cliente, processando e enviando a resposta. Atualmente, o servidor *web* mais popular é o Apache que é mantido pela *Apache Software Foundation* e deve a sua popularidade ao fato dele ser estável, eficiente e possuir portabilidade. O Apache foi desenvolvido por uma equipe de voluntários conhecida como *Apache Group* que buscava criar um servidor de alta performance que fosse distribuído com o código fonte disponível. Portanto, ele é um produto de código-fonte aberto e executável em plataformas UNIX, Linux e Windows. No site <http://httpd.apache.org> pode-se encontrar todos as instruções para instalação e configuração do servidor (Deitel *et al.*, 2003).

## 2.2 Análise Estatística

### 2.2.1 Estudos Longitudinais

Uma investigação científica cujo interesse é a avaliação da mudança de comportamento de uma ou mais variáveis ao longo de uma dimensão específica, como o tempo, é geralmente conduzida por um estudo longitudinal.

A principal função de um estudo longitudinal é fornecer evidências que possam descrever padrões de mudanças nas pessoas ou entidades ao longo do tempo. Portanto, a coleta de dados realizada mediante instrumentos de medidas deve ser repetida no mínimo três vezes. Os instrumentos de coletas de dados aplicados e os intervalos de aplicação não necessitam ser idênticos, entretanto, devem ser comparáveis (Singer; Willet, 2003).

Uma etapa importante do desenho de estudos longitudinais é o processo de obtenção de dados tendo em vista que este é um dos determinantes para a escolha do método estatístico a ser empregado para análise dos mesmos. Os dados longitudinais podem ser obtidos tanto prospectivamente, quando os objetos de estudo são observados durante um determinado tempo, ou retrospectivamente, quando as múltiplas medidas de cada objeto são obtidas por meio dos registros históricos (Diggle *et al.*, 2001).

A uma investigação conduzida por um estudo longitudinal na área educacional interessa obter as respostas para as seguintes perguntas:

- 1) *Como o desempenho de uma pessoa muda ao longo do tempo?*
- 2) *Como podemos explicar as diferenças entre o desempenho das pessoas ao longo do tempo?*

A análise dos dados obtidos do estudo longitudinal é portanto realizada em dois níveis através de modelos hierárquicos lineares. O primeiro nível é o nível do indivíduo: esse nível descreve como a pessoa muda ao longo do tempo. O segundo nível estabelece as relações entre as tendências de variações (crescimento ou decrescimento) entre os indivíduos mediante a influência de variáveis preditoras.

***Nível 1: Como o desempenho de uma pessoa muda ao longo do tempo?***

O modelo de regressão clássico assume a existência de uma linha reta (Eq. 2.1) que representa como cada pessoa muda ao longo do tempo e qualquer desvio dessa linearidade estaria associado a um erro de medida  $e_{ij}$  (Singer; Willet, 2003; Peugh, 2010):

$$Y_{ij} = [\beta_{0i} + \beta_{1i} \cdot (\text{tempo}_{ij})] + e_{ij} \quad \text{Eq. 2.1}$$

onde

$Y_{ij}$  é a variável explicativa dependente que representa como o entendimento da pessoa  $i$  varia linearmente com o tempo  $j$ ;

$\beta_{0i}$  representa o intercepto, ou seja, o estado inicial da pessoa  $i$ ;

$\beta_{1i}$  é a inclinação da reta que representa a taxa de crescimento ou decrescimento da pessoa  $i$  ao longo do tempo.

Os erros de medida referem-se aos efeitos individuais do sujeito investigado e que não são captados pela componente determinística do modelo. O pressuposto usual é que se tenha uma distribuição normal com média nula e variância  $\sigma_e^2$ , constante entre os grupos e não correlacionados entre si. A distribuição normal associada aos erros do primeiro nível pode ser expressa como:

$$e_{ij} \approx N(0, \sigma_e^2) \quad \text{Eq. 2.2}$$

### ***Nível 2: Como podemos explicar as diferenças entre o desempenho das pessoas ao longo do tempo?***

Para que se defina a equação que representará o modelo do nível 2, Singer e Willet (2003) sugerem quatro importantes considerações:

- 1) Seus resultados devem ser os parâmetros de crescimento individual, ou seja,  $\beta_{0i}$  e  $\beta_{1i}$  (Eq. 2.1).
- 2) O modelo do nível 2 deve ser escrito em duas equações separadas uma para cada parâmetro de crescimento do nível 1, ou seja, uma para o intercepto  $\beta_{0i}$  e outra para a inclinação  $\beta_{1i}$ .
- 3) Cada equação deve especificar uma relação entre um parâmetro de crescimento individual e o seu preditor.
- 4) Cada modelo deve aceitar indivíduos que compartilhem preditores comuns que modificam as suas trajetórias individuais.

As considerações anteriores levam às seguintes equações:

$$\beta_{0i} = \gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot \text{preditor}_i + u_{0i} \quad \text{Eq. 2.3}$$

$$\beta_{1i} = \gamma_{10} + \gamma_{11} \cdot \text{preditor}_i + u_{1i} \quad \text{Eq. 2.4}$$

Onde  $\gamma_{00}$ ,  $\gamma_{01}$ ,  $\gamma_{10}$  e  $\gamma_{11}$  são os parâmetros da regressão (efeitos fixos) e  $u_{0i}$  e  $u_{1i}$  são os resíduos.

Logo, a Eq. 2.1 se transformará na Eq. 2.5.

$$Y_{ij} = [(\gamma_{00} + \gamma_{01} \cdot \text{preditor}_{1i} + u_{0i}) + (\gamma_{10} + \gamma_{11} \cdot \text{preditor}_{2i} + u_{1i}) \cdot (\text{tempo}_{ij})] + e_{ij} \quad \text{Eq. 2.5}$$

#### **2.2.2 Tratamento Rasch**

As medições no mundo educacional são inúmeras e de difícil execução. A dificuldade de medição reside no fato de que os atributos de interesse geralmente não são diretamente visíveis para nós como objetos do mundo físico são. É somente por intermédio de indicadores observáveis dos atributos que as medições podem ser feitas. Para obter uma medida, por exemplo, da competência do estudante é preciso descobrir o que ele sabe e o que pode fazer. Um teste em um assunto estudado pode nos fornecer algumas informações sobre o desempenho acadêmico do aluno. Ou seja, não se pode

"ver" a competência como se vê as dimensões de uma casa. Só se pode medir a competência por meio de variáveis indicadoras de como, por exemplo, os alunos realizam as tarefas acadêmicas (Wu; Adams, 2007).

Um processo de construção de instrumentos e escalas de medidas educacionais é o tratamento Rasch (Mead, 2008). Rasch desenvolveu uma família de modelos probabilísticos de mensuração e criou o termo objetividade específica para caracterizá-los: objetividade porque ele permite fazer comparações entre os itens (de um teste) sem referência às pessoas e comparações entre as pessoas sem referência aos itens; específica para distingui-lo de todos os outros usos da palavra objetividade, mas também para salientar que esta propriedade uma vez satisfeita para um teste não pode ser estendida para todas as situações possíveis.

O modelo Rasch (Mead, 2008) para a análise de dados dicotômicos é utilizado para analisar questões do tipo certo ou errado; verdadeiro ou falso; sim ou não; concordo ou discordo. Esse modelo prevê uma expressão para estimar a probabilidade da resposta de um determinado candidato a um item dicotômico em função de dois parâmetros: a habilidade da pessoa e a dificuldade do item, sendo ambos medidos em uma mesma escala logarítmica (logits<sup>5</sup>).

O principal objetivo do modelo Rasch quando empregado para analisar um conjunto de dados é examinar quão bem os dados se ajustam ao modelo e não fazer a melhor descrição possível dos dados. Além disto, dois requisitos devem ser satisfeitos para garantir que a escala de mensuração reflita apenas valores para comparação de uma única variável latente: a unidimensionalidade e a invariância (Maia, 2010).

A unidimensionalidade do instrumento garante a mensuração de apenas um construto (p. ex. conhecimento em concreto armado). Então, após extraída a dimensão Rasch dos dados, os resíduos não devem conter um grau apreciável de associação entre si, ou seja, os resíduos devem ser variáveis aleatórias independentes entre si (Maia, 2010). Se os dados se ajustarem razoavelmente bem a um modelo Rasch podemos considerar a mensuração de apenas uma variável latente ou construto (Wright; Linacre, 1989).

---

<sup>5</sup> A unidade logit indica uma quantidade de notável conhecimento que torna clara a diferença entre duas pessoas, ou dois itens, ou de uma mesma pessoa em ocasiões diferentes como, por exemplo, antes e após um treinamento. A escala produzida por um teste deve variar de -3 (5% de sucesso) a +3 (95% de sucesso), e 0 é a origem que indica a probabilidade de 50% de sucesso para uma pessoa correspondente à tarefa analisada. +2 logits indicam a um alto desempenho da pessoa ou um alto grau de dificuldade do item. Valores inferiores a 1/4 de logit podem ser bons mas provavelmente muito pequenos para o nível humano (Linacre, 2012; Mead, 2008).

A invariância é também uma característica importante da teoria da mensuração. Essa característica indica que um instrumento ou agente de medida atua da mesma maneira em todos os objetos (pessoas) medidos em qualquer ocasião da mensuração (Maia, 2010).

O modelo para dados dicotômicos, que é o mais simples modelo Rasch, é expresso pela seguinte equação:

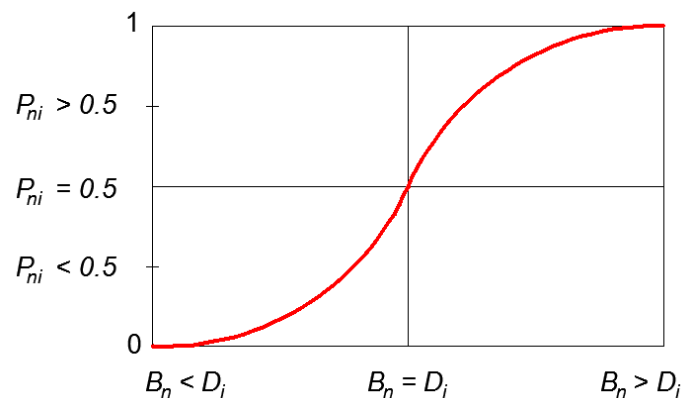
$$P_{ni} = \frac{\exp(B_n - D_i)}{[1 + \exp(B_n - D_i)]} \quad \text{Eq. 2.6}$$

onde,  $P_{ni}$  é probabilidade de uma pessoa  $n$  com habilidade  $B_n$  alcançar o sucesso com um agente de medida  $i$  com um nível de dificuldade  $D_i$ . A Fig. 2.5 mostra a representação gráfica para o modelo Rasch (Wright; Mok, 2004).

Da Eq. 2.6 e por transformações adequadas, tem-se:

$$(B_n - D_i) = \ln\left(\frac{P_{ni}}{1 - P_{ni}}\right) \quad \text{Eq. 2.7}$$

A Eq. 2.7 diz que a distância entre a competência da pessoa e a dificuldade do item ( $B_n - D_i$ ) é igual ao logaritmo da proporção entre a probabilidade de sucesso e a probabilidade de insucesso. Por esta razão a unidade de mensuração nesta nova escala é conhecida por logits (contração de *log odds unit*).



**Fig. 2.5: Representação do modelo Rasch (Wright; Mok, 2004).**

No gráfico da Fig. 2.5 observa-se que:

$$(B_n - D_i) > 0 \Leftrightarrow P_{ni} > 0.5$$

$$(B_n - D_i) = 0 \Leftrightarrow P_{ni} = 0.5$$

$$(B_n - D_i) < 0 \Leftrightarrow P_{ni} < 0.5$$

A curva representada no gráfico da Fig. 2.5 é também denominada Curva Característica do Item (CCI) e é a curva do valor esperado para o item (dificuldade) previsto pelo modelo. No caso do modelo dicotômico, a CCI é também a probabilidade de ocorrer um resultado positivo ou a resposta correta na escala contínua de competência (Maia, 2010).

Para a análise e tratamento Rasch, neste estudo será utilizado o programa WINSTEPS versão 3.70.0, desenvolvido por John M. Linacre, ver [www.winsteps.com](http://www.winsteps.com) (Linacre, 2012).

### 2.2.3 Análise Fatorial

A classe de métodos estatísticos multivariados cujo propósito principal é analisar a estrutura das correlações entre um grande número de variáveis (por exemplo, escores de testes, itens de testes, respostas de questionários), é denominada *análise fatorial*. O objetivo principal dessa análise é definir um conjunto de dimensões latentes comuns, conhecidos como *fatores*. Uma vez determinadas as dimensões e o grau em que cada variável é explicada por cada dimensão, consegue-se o resumo e a redução dos dados (Hair *et al.*, 2005).

A análise fatorial é uma técnica de interdependência na qual todas as variáveis são simultaneamente consideradas mediante o relacionamento de cada uma com todas as outras, empregando ainda, o conceito da variável estatística à composição linear de variáveis. Na análise fatorial, as variáveis estatísticas (fatores) são formadas para maximizar seu poder de explicação do conjunto inteiro de variáveis, e não para prever uma variável(eis) dependente(s) (Hair *et al.*, 2005).

A correlação entre as variáveis originais e os fatores é determinada pela carga fatorial e representa uma forma de interpretar o papel que cada variável tem na definição de cada *fator*. Para se determinar o significado preciso dos *fatores* é necessário estabelecer quais são as cargas fatoriais consideradas significativas. Em síntese, considera-se que as cargas fatoriais maiores que  $\pm 0,30$  atingem um nível mínimo de significância; cargas de  $\pm 0,40$  são consideradas mais importantes; e se as cargas são de  $\pm 0,50$  ou maiores, elas são consideradas com significância prática (Hair *et al.*, 2005; Maia, 2010).

Como a carga fatorial é a correlação da variável e do fator logo, a carga ao quadrado representa a variância total da variável explicada pelo fator. Assim, uma carga de 0,30 reflete aproximadamente 10% de explicação e uma carga de 0,50 denota que



25% da variância é explicada pelo fator. A carga deve exceder 0,70 para que o fator explique 50% da variância (Maia, 2010).

Os sinais positivo e negativo são interpretados simplesmente como quaisquer outros coeficientes de correlação. Em cada fator, sinais iguais significam que as variáveis estão positivamente relacionadas e sinais opostos significam que as variáveis estão negativamente relacionadas. Portanto, sinais para cargas fatoriais relacionam-se apenas com o fator no qual elas aparecem, e não com outros fatores na solução (Hair *et al.*, 2005).

### ***Análise fatorial confirmatória e exploratória***

A análise fatorial pode ser empregada a uma pesquisa exploratória ou confirmatória. A primeira agrupa as variáveis predefinidas em fatores, que são variáveis não observadas, as quais pretende-se medir a partir das variáveis observadas. Esse agrupamento é efetivado por meio da análise do padrão de correlações existentes entre as variáveis. O segundo, porém, parte de um grupo de dados previamente agrupado, ou seja, o pesquisador já possui uma teoria sobre quais variáveis medem quais fatores. Com a análise confirmatória pretende-se confirmar o grau de ajuste dos dados observados à teoria hipotética.

### 3. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE CONCWEB

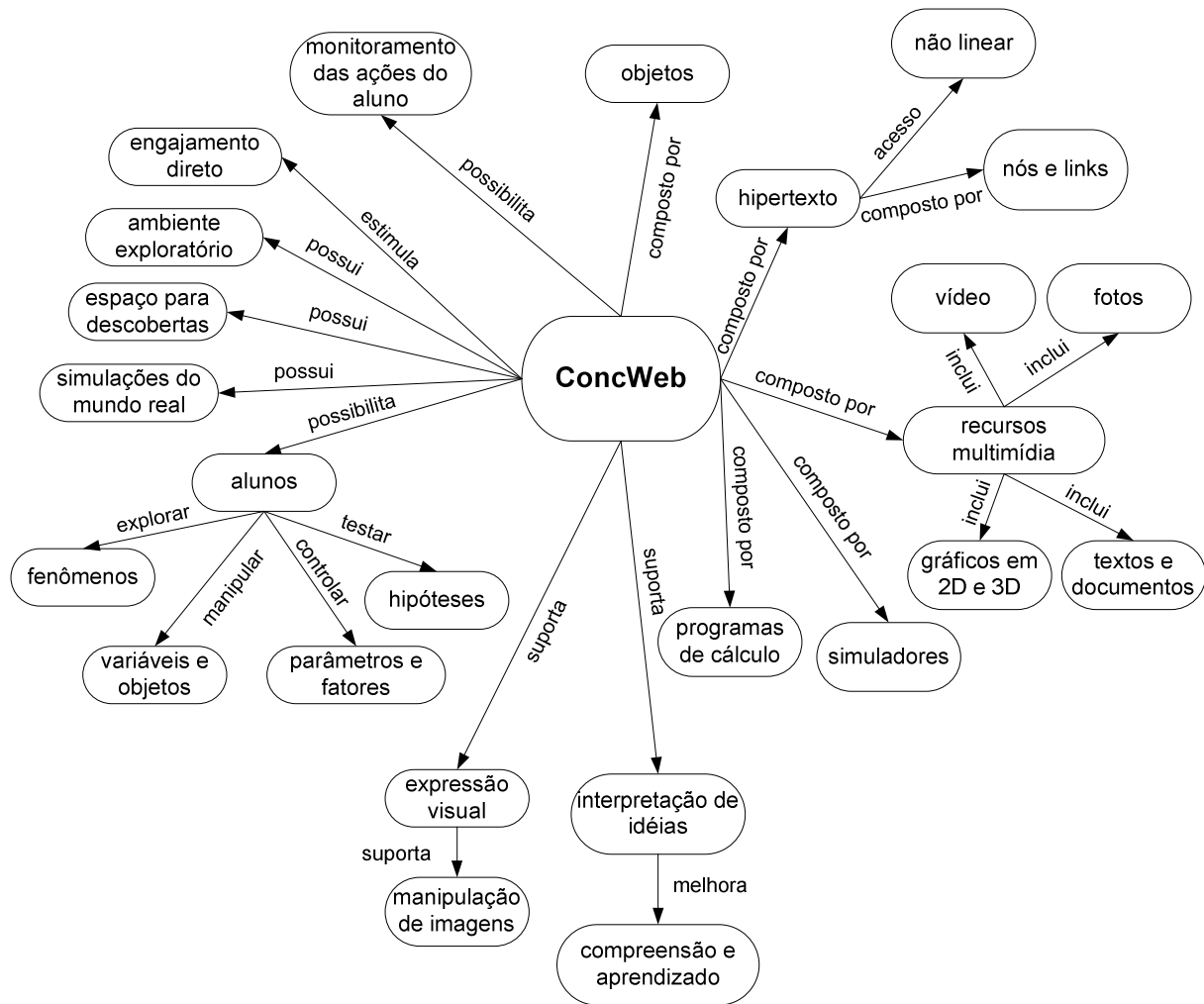
Segundo Nielsen (2000), os problemas de usabilidade da *web* surgem logo que os usuários saem da *homepage* e começam a navegar através do sítio. A *web* foi projetada como um ambiente para leitura de textos e sua usabilidade não melhorou em compasso com os níveis cada vez mais elevados de complexidade exigidos dos usuários. Portanto, o *design* do sítio deve visar à simplicidade acima de tudo, com o menor número de distrações possíveis e com uma arquitetura de informação muito clara e ferramentas de navegação correspondentes. O autor afirma, ainda, existir duas abordagens fundamentais ao *design*: o ideal artístico e o ideal da engenharia destinado à resolução dos problemas para o cliente. Nielsen (2000) enfatiza ser de grande importância a consideração de ambas as abordagens durante o desenvolvimento de um sítio, embora ressalte a engenharia. Especificamente para *softwares* ou ambientes educacionais os atributos artísticos de um sítio podem aumentar a motivação, porém, não garantem a assiduidade e aprendizagem do estudante. Portanto, deve ser considerado o conjunto de critérios designado para garantia da qualidade para um ambiente de ensino e aprendizagem na *web*.

O ambiente está disponibilizado na *web* (<http://concweb.lcc.ufmg.br>); o acesso se dá por meio do **login: aluno01** e **senha: aluno01**. O *layout* da página principal ou página de entrada do ambiente (*Home Page*) e das demais contempla as seguintes áreas: Menu Superior, Banner, Menu Esquerdo, Menu Direito, Área de Conteúdo, como mostra a Fig. 3.1. Optou-se por um padrão de cores mais sóbrio e ao mesmo tempo claro que facilitasse a visualização das informações disponibilizadas.



**Fig. 3.1: Layout da página principal do ConcWeb.**

Seguindo recomendações abordadas no Capítulo 2, o **ConcWeb** foi implementado com as funcionalidades de um ambiente de ensino e aprendizagem atendendo aos propósitos de ferramenta cognitiva e abordagem construtivista. As principais características e funcionalidades do ambiente são apresentadas no diagrama da Fig. 3.2, que foi elaborado a partir das recomendações apresentadas por Jonassen (2000) para desenvolvimento de *softwares* a serem utilizados como ferramentas cognitivas. Porém, foram consideradas também algumas características que representavam melhor as necessidades dos estudantes dos cursos de engenharia e arquitetura.



**Fig. 3.2: Diagrama do ambiente ConcWeb com propósitos de ferramenta cognitiva.**

Apesar do ambiente ter sido disponibilizado para os alunos da disciplina Concreto Armado II presume-se que a qualquer momento os alunos podem necessitar rever algum tópico da disciplina anterior; por isto todo o conteúdo de Concreto Armado I também encontra-se disponível no ambiente. Houve também a preocupação em manter a coerência e uniformidade com o material didático utilizado em sala de aula pelos professores das disciplinas; por isso seguiu-se o conteúdo e formato apresentado nas apostilas adotadas como referência para as aulas. Todo conteúdo específico sobre estruturas de concreto armado contempla: descrição do material concreto armado, tópicos referentes ao comportamento das estruturas de concreto segundo prescrições das normas brasileiras da ABNT, exemplos e atividades de acordo com as sugestões dos professores da área de concreto armado do departamento de engenharia de estruturas. A Fig. 3.3 exhibe os tópicos abordados no ambiente digital para o assunto concreto armado.



**Fig. 3.3:** Tela principal ou *Home Page* do ambiente ConcWeb.

O acesso ao conteúdo pode ocorrer por intermédio do menu lateral conforme mostra a Fig. 3.3. Ou na área central onde o conteúdo está disponibilizado. Em qualquer página o aluno tem a possibilidade de se localizar facilmente o que agiliza a navegação estimulando o aluno a permanecer no ambiente e a buscar informações. A Fig. 3.4 destaca o menu superior que orienta o aluno sobre sua localização dentro do ambiente. Além disso, toda página de conteúdo apresenta um *link* para as referências bibliográficas utilizadas. O aluno também é encorajado a avaliar o conteúdo daquela página através da seleção de uma nota de 1 a 5 apresentada pelo sistema de avaliação do ambiente (ver Fig. 3.4).



**Fig. 3.4: Página de conteúdo.**

Estão disponibilizados no ambiente alguns aplicativos para o dimensionamento à flexão simples, flexão normal composta e cisalhamento de seções retangulares de concreto armado. Assim sendo, as soluções numéricas das atividades propostas podem ser verificadas por meio destes programas de cálculo que fornecerão os resultados e um resumo da memória de cálculo para facilitar a compreensão dos mesmos, como destaca a Fig. 3.5. Nesta figura o exemplo apresentado é de uma viga de seção 20x60 submetida a flexão normal composta. O lado esquerdo da tela é destinado à entrada dos dados onde todos os espaços devem ser devidamente preenchidos. E no lado direito são dispostos os resultados e a memória de cálculo (Fig. 3.5) assim que o usuário pressionar o botão EXECUTAR.

**NBR 6118 Flexão Normal Composta - Dimensionamento**

**Seção Transversal**

Dados fornecidos pelo usuário

**Dados Geométricos**

b = 20 cm      h = 60 cm  
 d = 55 cm      d' = 5 cm

**Concreto**

$f_{ck} = 25$  MPa       $\gamma_c = 1,4$

**Aço**

Aço tipo:  CA-25  CA-50  CA-60

$\gamma_s = 1,15$

**Tipo de Armadura**

Simétrica  Não Simétrica

**Carregamento**

M = 18000 KN.cm       $\gamma_f = 1,4$   
 N = 1000 KN (N[+] = compressão)

**EXECUTAR**

**Resultados do Dimensionamento**

$M_d = 25200,00$  KN.cm     $f_{yd} = 43,48$  KN/cm<sup>2</sup>     $f_c = 1,52$  KN/cm<sup>2</sup>  
 $N_d = 1400,00$  KN      K = 0,656       $K_{lim} = 0,320$

**Área de Armadura**

$A_s = 0,00$  cm<sup>2</sup>  
 $A_{s'} = 10,63$  cm<sup>2</sup>

Resultados de Cálculo

**Memória de Cálculo**

Armadura Não-Simétrica  
 Cálculo por processo Analítico

- $M_d = M * \gamma_f = 25200,00$  KN.cm
- $N_d = N * \gamma_f = 1400,00$  KN
- $f_{yd} = f_y / \gamma_s = 43,48$  KN/cm<sup>2</sup>
- $f_c = 0,85 * f_{ck} / \gamma_c = 1,52$  KN/cm<sup>2</sup>

--- 1o CASO ---

- Valores para k e k':  
 $k = \frac{[N_d * (d - h/2) + M_d]}{(f_c * b * d^2)}$   
 $k = 0,656$   
 Para  $k > k_{lim}$ ,  $k' = k_{lim}$   
 Para  $k < k_{lim}$ ,  $k' = k$

**Barras de Aço Adotadas**

Armadura inferior:      Diam. = 16,5 mm

**Fig. 3.5: Aplicativo para dimensionamento à flexão normal composta.**

Após a realização dos cálculos o módulo de visualização do detalhamento da seção poderá ser acionado pressionando-se o botão VISUALIZAR RESULTADOS. Entretanto, os dados referentes aos diâmetros das barras de aço e o cobrimento devem ser informados (Fig. 3.6) para que o sistema possa gerar a imagem do elemento em três dimensões (Fig. 3.7).

**Carregamento**

M = 18000 KN.cm       $\gamma_f = 1,4$   
 N = 1000 KN (N[+] = compressão)

**EXECUTAR**

Informações fornecidas pelo usuário

**Barras de Aço Adotadas**

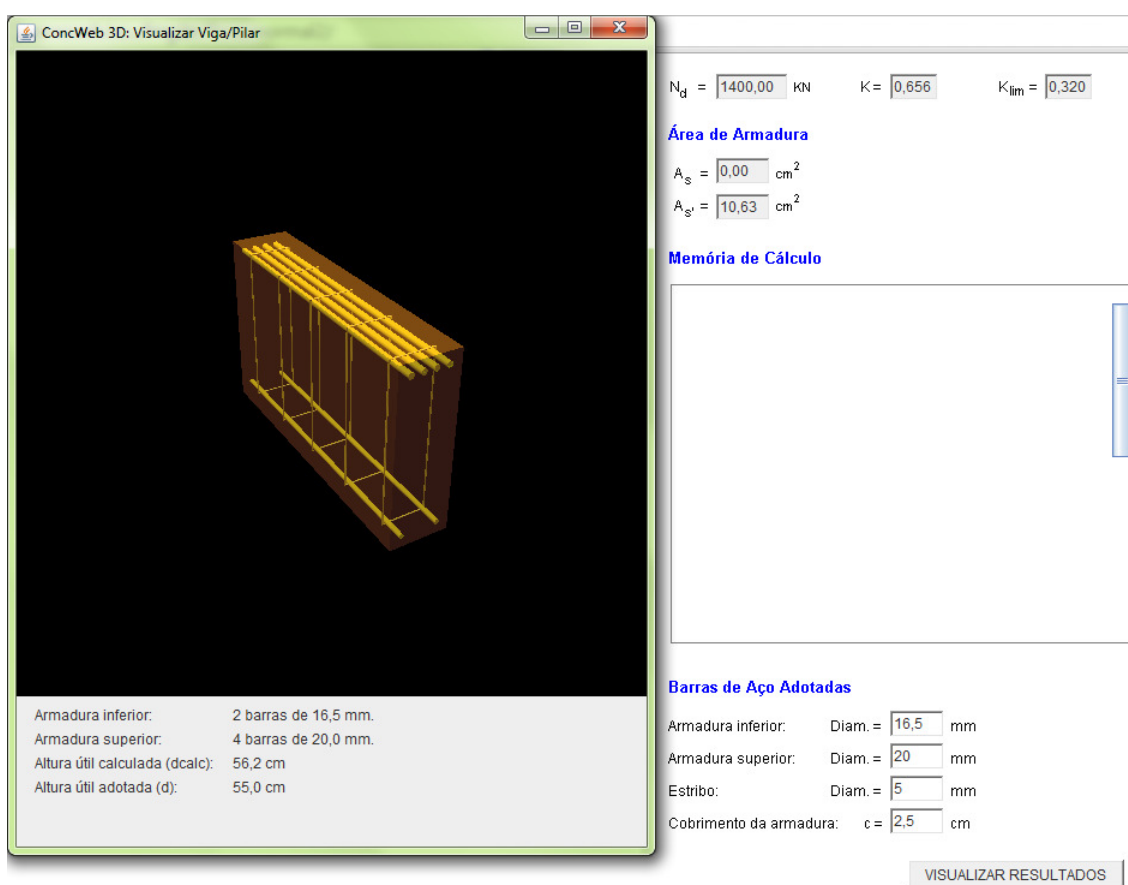
Armadura inferior:      Diam. = 16,5 mm  
 Armadura superior:      Diam. = 20 mm  
 Estribo:      Diam. = 5 mm  
 Cobrimento da armadura:      c = 2,5 cm

**VISUALIZAR RESULTADOS**

**Fig. 3.6: Entrada de dados: diâmetros das barras e cobrimento.**

Após pressionar o botão VISUALIZAR RESULTADOS o aplicativo apresenta em três dimensões o detalhamento da seção dimensionada (Fig. 3.7). Na tela o aluno tem a possibilidade de interagir com a imagem girando-a ou locomovendo-a. O aplicativo utiliza imagens gráficas animadas bastante úteis para simular uma situação real, oferecendo um ambiente exploratório, onde o aluno pode tomar decisões e comprovar em seguida as consequências.

O acesso aos aplicativos simuladores pode ocorrer através dos *links* inseridos nos conteúdos referentes a cada assunto. Ou simplesmente, acionando-se a opção APLICATIVOS, localizada no menu lateral.



**Fig. 3.7: Visualização 3D do dimensionamento à flexão normal composta (Sales, 2010).**

Além dos simuladores, o ambiente conta com diversas mídias que destacam assuntos relacionados à engenharia civil e mais especificamente à construção civil e cálculo e dimensionamento de estruturas. Clicando no item de menu **Mídias**, o ambiente



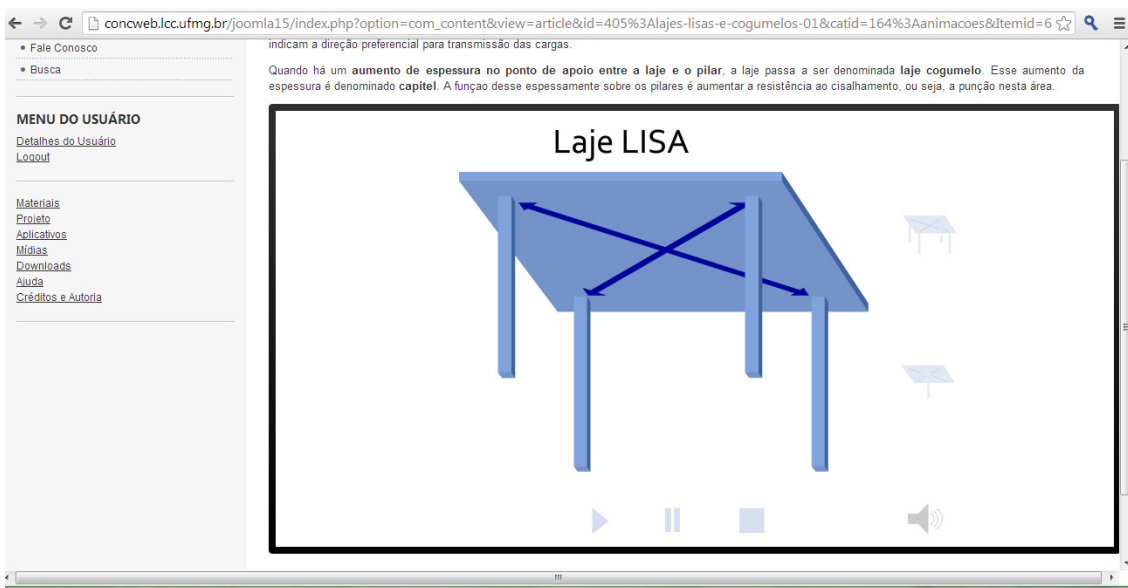
apresenta uma página com os conteúdos disponibilizados, de acordo com a Fig. 3.8. Entre eles estão: animações como mostram as Figs. 3.9, 3.10 e 3.11 e vídeos, Fig. 3.12.



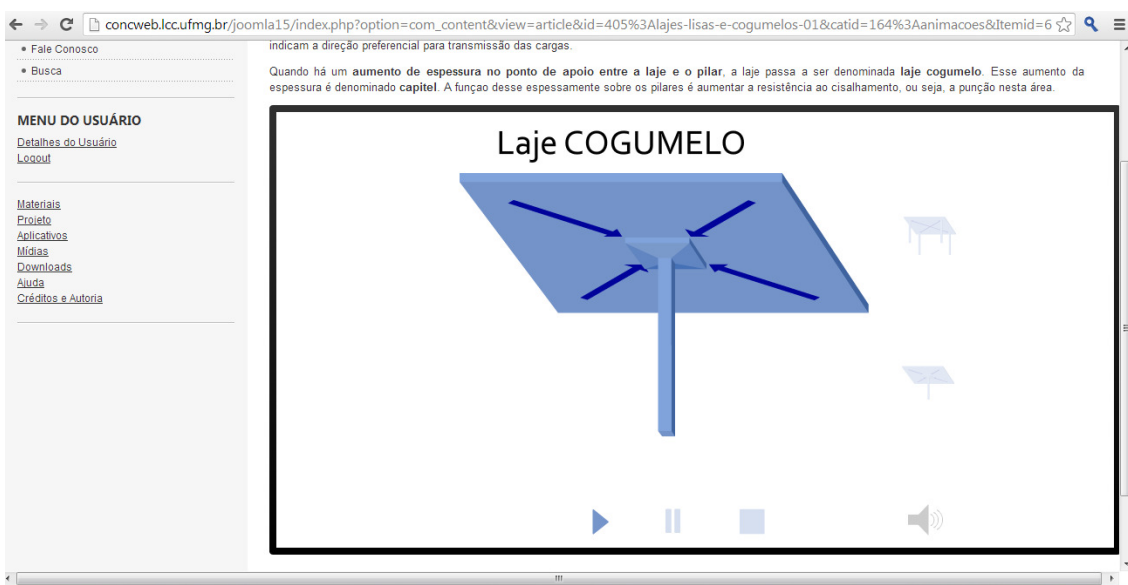
**Fig. 3.8: Página de acesso às mídias do ambiente ConcWeb.**



**Fig. 3.9: Animação para laje lisa, sequência 1.**



**Fig. 3.10: Animação para laje lisa, sequência 2.**



**Fig. 3.11: Animação para laje lisa, sequência 3.**

As Figs. 3.9, 3.10 e 3.11 mostram a sequência de imagens que aparece na animação para a descrição de lajes lisas. As animações foram desenvolvidas em Adobe Flash com o principal objetivo de demonstrar o mecanismo de transmissão de cargas nos sistemas estruturais e outros aspectos relevantes desses sistemas. Além da animação exibindo a trajetória do carregamento, há também uma narração acompanhando toda a animação. Entretanto o aluno tem a opção de desligar o som pressionando o botão específico para este fim como mostra a Figs 3.9.



**Fig. 3.12: Vídeo do programa Conexões da Engenharia apresentado por Richard Hammond, do National Geographic Channel sobre o Viaduto de Millau.**

A utilização dos recursos computacionais amplia a capacidade de obtenção do conhecimento desenvolvendo a autonomia dos alunos. A função do **ConcWeb** não é substituir o professor, mas sim auxiliá-lo no processo de ensino e aprendizagem de várias maneiras descritas a seguir:

- Facilitar a visualização dos processos de dimensionamento e detalhamento de seções retangulares em concreto armado;
- Facilitar a compreensão do comportamento dos elementos e/ou sistemas e trajetória dos carregamentos;
- Mostrar exemplos de aplicações práticas dos conceitos discutidos em sala de aula por meio de vídeos e imagens;
- Apresentar reportagens importantes sobre obras especiais;
- Apresentar métodos construtivos inovadores e tecnologias recentes utilizadas;
- Incentivar a discussão em entre os alunos sobre diferentes processos de dimensionamento e construtivos.

## 4. FONTES DE DADOS

Neste capítulo serão descritas as amostras consideradas na pesquisa e serão apresentadas as fontes de dados coletados dessas amostras para a análise. Além disso, será explicitada a metodologia adotada.

Para alcançar os resultados da investigação sobre a influência do ambiente digital desenvolvido no desempenho dos alunos da disciplina de Concreto Armado II, foram coletados dados acadêmicos de dois grupos de alunos. O primeiro grupo, denominado **grupo de controle**, foi composto por uma amostra de alunos que cursaram a disciplina sem ter conhecimento do ambiente **ConcWeb**. Já o segundo, denominado **grupo experimental**, refere-se a turmas da mesma disciplina em semestre diferente do grupo de controle. O grupo experimental teve acesso a todo o conteúdo disponível no ambiente desenvolvido, e oportunidades para utilizar os recursos do *site* na solução de problemas sugeridos pelos professores.

Para ambos os grupos, o banco de dados construído foi composto por: respostas coletadas das três **avaliações** aplicadas durante o semestre letivo, **notas dos trabalhos práticos**, informações contidas no **histórico escolar** e **questionário** autoavaliativo. Para o grupo experimental, além dos dados citados anteriormente, também compõe o banco de dados: as informações fornecidas pelos **relatórios estatísticos** gerados por uma ferramenta do Joomla! no próprio ambiente **ConcWeb** e pelo sistema Google Analytics<sup>6</sup> e; questões adicionais ao questionário autoavaliativo para a **avaliação do ambiente**. Deve-se ressaltar que as três avaliações aplicadas aos grupos foram as mesmas.

Foram descartadas outras possibilidades de se obter informações, testes e entrevistas por exemplo, para responder às nossas indagações visto que Maia (2010) já havia evidenciado a não aceitação de alunos em outros semestres na participação da pesquisa alegando falta de tempo ou incompatibilidade de horários devido a diversas atividades extraclasse.

---

<sup>6</sup> Plataforma que fornece relatórios estatísticos sobre a utilização e acesso de ambientes *web*, <[http://www.google.com/intl/pt-BR\\_ALL/analytics/index.html](http://www.google.com/intl/pt-BR_ALL/analytics/index.html)>.

Não foram encontrados testes padronizados brasileiros para os objetivos propostos neste estudo e também foi descartada a possibilidade de elaborar e validar testes para detectar o entendimento dos alunos ao estudar os conteúdos da disciplina de Concreto Armado II por ser um procedimento muito longo.

#### 4.1 Amostras

Foram analisados os dados referentes aos alunos que cursaram integralmente a disciplina de Concreto Armado II, compondo um total de 145 alunos que estão distribuídos conforme a Tab. 4.1.

**Tab. 4.1: Amostras coletadas das turmas da disciplina Estruturas de Concreto II.**

<b>Grupo</b>	<b>Turma</b>	<b>Número total de alunos</b>	<b>Número de alunos da amostra</b>	<b>Total de alunos</b>
De Controle	A	38	31	74
	B	16	13	
	C	36	30	
Experimental	A	43	28	71
	B	43	15	
	C	49	28	

Os alunos foram convidados a participar da pesquisa ao final do semestre letivo quando lhes foi solicitada a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, para a utilização das memórias de cálculo de suas provas (Anexo 1).

Os perfis dos alunos de ambos os grupos são bem similares. Em ambas as amostras temos 70% de alunos do gênero masculino e 30% do gênero feminino sendo que a grande maioria na faixa etária de 21 a 25 anos, dos quais, mais de 90% ingressaram na universidade por intermédio do concurso de vestibular. O perfil descrito pelas características pessoais das amostras de ambos os grupos estudados está apresentado na Tab. 4.2. Além da idade e gênero, estão também representadas as formas de ingresso na universidade e referências sobre o tipo de escola na qual o aluno cursou o ensino médio.

Tab. 4.2: Perfil da amostra estudada.

Grupo	Característica	Alunos (%)	
De Controle	Faixa Etária	21-25	63
		26-30	30
		31-35	4
		>35	3
	Gênero	Feminino	30
		Masculino	70
	Forma de Ingresso	Vestibular	91
		Transferência e outros	9
	Local da Escola de Ensino Médio	Em BH	46
		Fora de BH	54
	Administração da Escola de Ensino Médio	Pública	34
		Privada	66
	Número de semestres cursados	7	21
		8 a 10	70
Mais de 10		9	
Trabalhou na área de estruturas		11	
Experimental	Faixa Etária	21-25	73
		26-30	23
		31-35	3
		>35	1
	Gênero	Feminino	30
		Masculino	70
	Forma de Ingresso	Vestibular	97
		Transferência e outros	3
	Local da Escola de Ensino Médio	Em BH	39
		Fora de BH	61
	Administração da Escola de Ensino Médio	Pública	32
		Privada	68
	Número de semestres cursados	7	37
		8 a 10	55
Mais de 10		8	
Trabalhou na área de estruturas		25	
Alunos que acessaram o <b>ConcWeb</b>		66	

## 4.2 Provas

Em cada questão de uma prova da disciplina de Estruturas de Concreto Armado II é possível reconhecer etapas hierárquicas de projeto e usar as tarefas envolvidas como indicadores do estado de entendimento do estudante para o tema tratado. Um indicador corresponde à menor subtarefa que apresenta um resultado (cálculo ou uma ação) registrado e identificável na prova, de tal forma que não haja inferências sobre ele (Fig. 4.1).

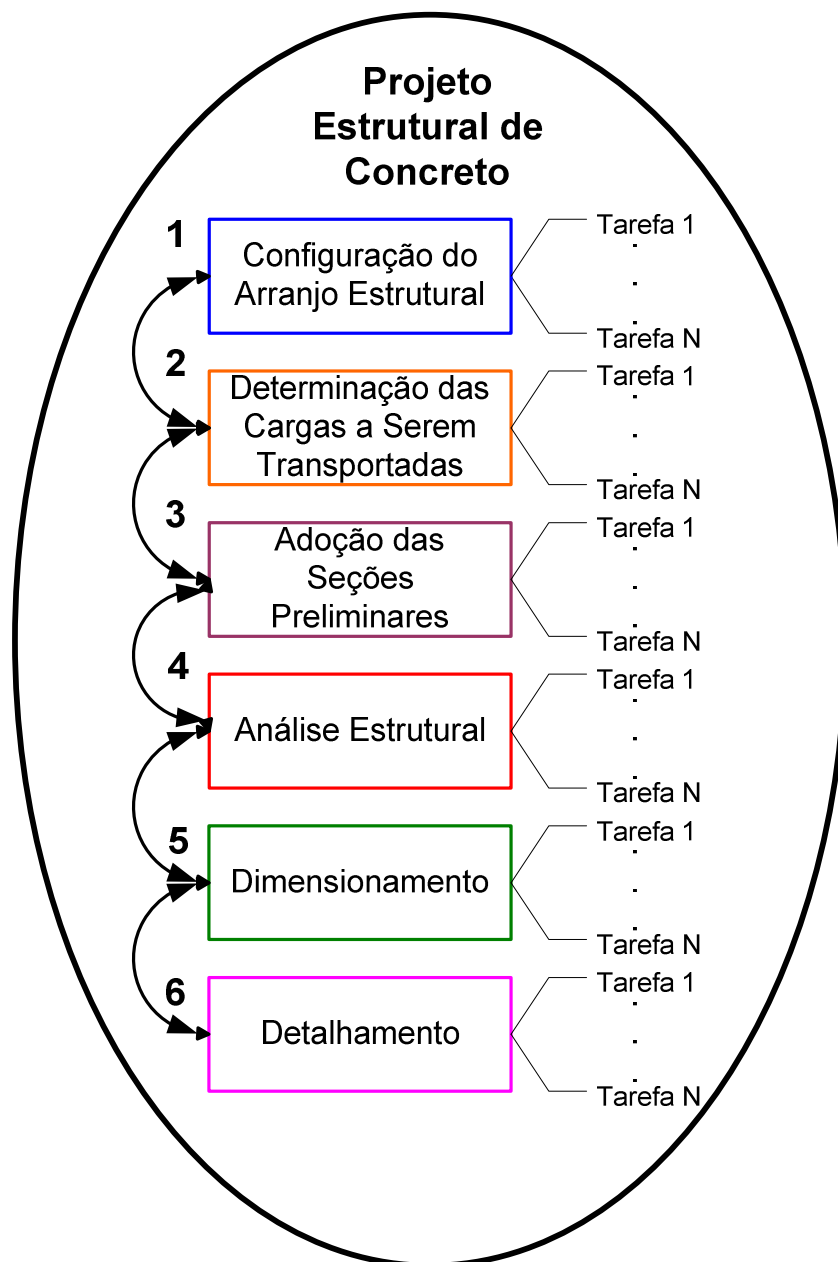


Fig. 4.1: Diagrama do processo global para o projeto estrutural.

O procedimento para a transformação das tarefas envolvidas na resolução de cada questão das provas em indicadores do entendimento da tarefa iniciou-se a partir do padrão de resposta esperada (Anexo 2), elaborado pelos professores da disciplina de Concreto Armado II.

O padrão de resposta de cada prova segue o modelo de processo sequencial onde cada etapa apresenta um resultado. Estes resultados, registrados e identificados na prova, podem ter origens diversas. São resultados, por exemplo, da leitura de arranjos estruturais propostos, da avaliação de expressões matemáticas e/ou lógicas, de esboço de croquis em uma ou mais dimensões do caminho das cargas, e das disposições das armaduras, do traçado de diagramas representativos da distribuição dos esforços solicitantes. E, finalmente, cada resultado obtido de um procedimento é considerado um indicador do entendimento da questão.

A segunda questão da primeira prova (Anexo 2) será utilizada para exemplificar a metodologia adotada para se obter o indicador do entendimento. O tema tratado nesta questão é Torção em Vigas de Concreto Armado. A Fig. 4.2 apresenta o enunciado da mesma. Para esta questão, das etapas apresentadas na Fig. 4.1, foram identificadas as etapas 2, 4 e 5, conforme mostram as Figs. 4.3 e 4.4.

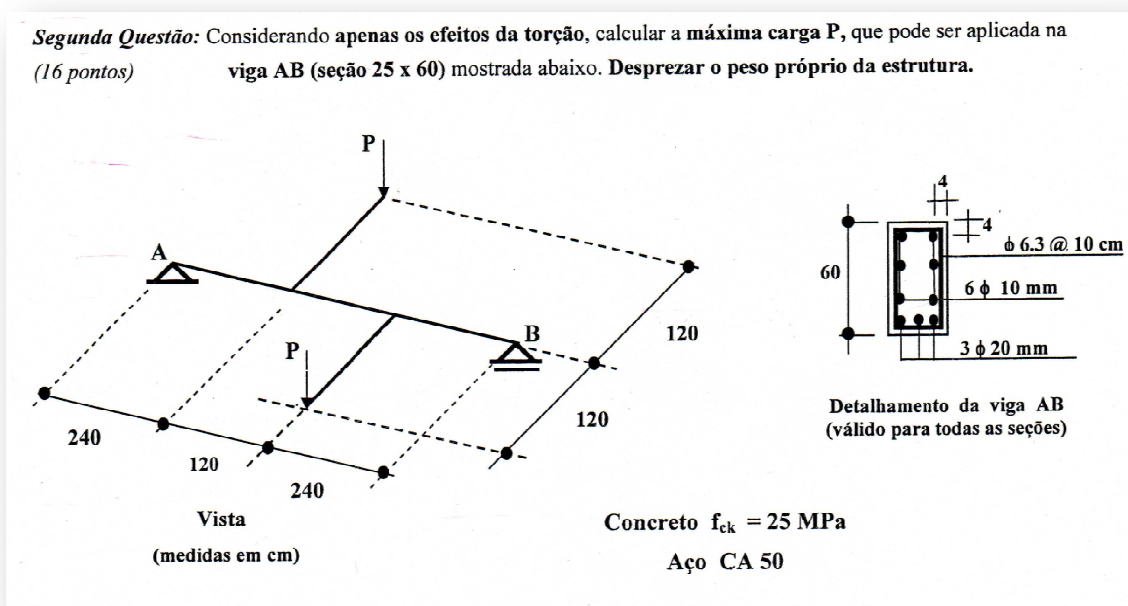


Fig. 4.2: 2ª questão da 1ª prova aplicada.



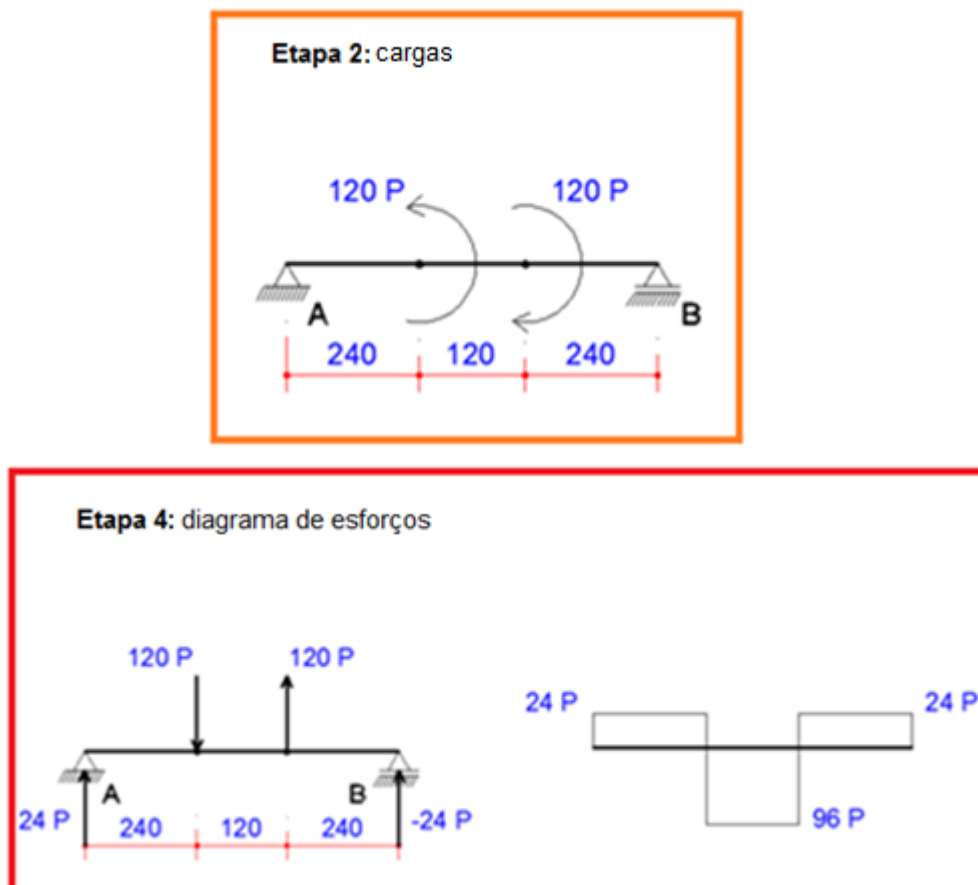


Fig. 4.3: 2ª e 4ª etapas da questão.

Uma vez identificadas as etapas, cada um dos indicadores foi discriminado e nomeado. A especificação dos indicadores de cada etapa da segunda questão da primeira prova está discriminada na Tab. 4.3.

A lista completa com todos os indicadores de todas as provas está apresentada no Anexo 3. E, o número de indicadores do entendimento dos alunos encontrados para cada prova e para cada questão ao se aplicar esta metodologia está discriminado na Tab. 4.4. A Tab. 4.4 mostra também o escore máximo por questão por prova.

Este procedimento de identificação e criação dos indicadores do entendimento do estudante foi realizado pela pesquisadora e examinado e validado pelos professores da disciplina. Todas as três provas de cada aluno participante da investigação foram reexaminadas pela pesquisadora, e, para as tarefas realizadas de forma correta atribuiu-se ao identificador o *valor 1*; e caso contrário atribuiu-se o *valor 0*. Os identificadores correspondentes às tarefas não realizadas também receberam o *valor 0*. As poucas discordâncias entre categorizações estabelecidas pela pesquisadora e pelos professores da disciplina foram resolvidas por discussão até o alcance do consenso.

**Etapa 5: verificação da seção vazada fictícia**

$$8 \text{ cm} \leq h_e \leq 8,82 \text{ cm} \quad \therefore \quad h_e = 8,0 \text{ cm}$$

$$A_e = (60 - 8) \times (25 - 8) = 884 \text{ cm}^2$$

$$u = (60 - 8) \times 2 + (25 - 8) \times 2 = 138 \text{ cm}$$

**Etapa 5: verificação da tensão nas diagonais de concreto**

$$\tau_{td2} = 0,4018 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{td} = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot A_e \cdot h_e} \leq \tau_{td2} \rightarrow \tau_{td} = \tau_{td2}$$

$$0,4018 = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot 884 \cdot 8,0} \quad \therefore \quad T_{Sd} = 5683 \text{ kN/cm}^2$$

$$T_{Sd} = 1,4 \cdot 96\rho \quad 5683 = 1,4 \cdot 96\rho \quad \rho = 42,28 \text{ kN}$$

**Etapa 5: armaduras****Armadura transversal**

$$\frac{A_{90}}{s} = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot A_e \cdot f_{ywd}} \quad s = \text{espaçamento entre estribos}$$

$$\frac{0,315}{10} = \frac{1,4 \cdot 96P}{2 \cdot 884 \cdot 43,5} \quad (0,315 \text{ cm}^2 \text{ em } 10 \text{ cm})$$

$$P = 18,03 \text{ kN}$$

**Armadura Longitudinal**

$$\frac{A_{SL}}{u} = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot A_e \cdot f_{ywd}} \quad u = \text{perímetro}$$

$$\frac{6,4}{138} = \frac{1,4 \cdot 96P}{2 \cdot 884 \cdot 43,5}$$

$$P = 26,54 \text{ kN}$$

$$P = 18,03 \text{ kN}$$

**Fig. 4.4: 5ª etapa da questão.**

**Tab. 4.3: Indicadores para a 2ª questão da 1ª prova.**

<b>Etapa</b>	<b>Identificador</b>	<b>Descrição</b>
2	QII 1.1	Cargas de torção: transferência das cargas para a barra a ser analisada (AB).
	QII 1.2	Determinação do carregamento equivalente.
4	QII 1.3	Cálculo das reações nos apoios.
	QII 1.4	Diagrama: forma e valores.
5	QII 2.1	Determinação da espessura fictícia da parede ( $h_e$ ).
	QII 2.2	Cálculo da área limitada pela linha média da parede da seção vazada fictícia ( $A_e$ ) e do perímetro ( $u$ ) da seção a considerar.
	QII 3.1	Tensão de cisalhamento ( $\tau_{td2}$ ) ( $\tau_{td2}$ na tabela)
	QII 3.2	Cálculo de $T_{sd}$ .
	QII 3.3	Cálculo de $\rho$ utilizando-se expressão de $T_{sd}$ .
	QII 4.1	Equação, substituição, unidades.
	QII 4.2	Valor.
	QII 5.1	Equação, substituição.
	QII 5.2	Valor.
	QII 6.1	Escolha do valor de P.

**Tab. 4.4: Perfil da amostra estudada.**

<b>Prova</b>	<b>Questão</b>	<b>Número de Indicadores</b>	<b>Escore Máximo</b>
1	1ª	24	24
	2ª	14	14
2	1ª	18	18
	2ª	13	13
3	1ª	18	18
	2ª	16	16

Portanto, cada aluno participante do estudo teve seu desempenho transformado em uma soma de **zeros** (erros) e **uns** (acertos) obtidos a partir dos indicadores. A Tab. 4.5 exemplifica o padrão dicotômico resultante da transformação das respostas de alguns alunos à questão da Fig. 4.2.

**Tab. 4.5: Exemplo da transformação das respostas em dados dicotômico.**

Prova: 1ª														
ID Aluno	Questão II													
	QH 1.1	QH 1.2	QH 1.3	QH 1.4	QH 2.1	QH 2.2	QH 3.1	QH 3.2	QH 3.3	QH 4.1	QH 4.2	QH 5.1	QH 5.2	QH 6.1
A1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0
A7	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0
A8	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
A9	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
A10	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
A11	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
A12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
A13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
A14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A16	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
A17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A18	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A19	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
A20	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

### 4.3 Questionários

Os usuários são as maiores fontes de informações necessárias para se avaliar um *software* (O'Brien, 2004). Portanto, a opinião dos usuários é essencial nas diversas fases do desenvolvimento. Dias (2003) faz menção a dois tipos de metodologias de testes para a avaliação do *software* com a participação do usuário. O primeiro consiste em questionários e entrevistas onde o usuário tem uma participação direta. Já no segundo, o usuário tem participação indireta e são adotadas técnicas de observação ou monitoramento do uso do *software* em situações reais. As principais características de cada um destes métodos estão destacadas na Tab. 4.6.

**Tab. 4.6: Metodologias de avaliação de *software* (Dias, 2003).**

Metodologia	Características
Entrevistas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São métodos mais informais, geralmente desestruturados prejudicando a confiabilidade e validade dos resultados;</li> <li>• Mensuram a ansiedade, a satisfação subjetiva e a percepção dos usuários, com maior riqueza de detalhes.</li> </ul>
Questionários	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São mais adequados para grupos grandes de usuários ou usuários dispersos geograficamente ou ainda quando há separação por perfil de usuário;</li> <li>• Permite a identificação de indícios de problemas no uso do <i>software</i> por um tipo específico de usuário, em um determinado ambiente operacional ou que realiza uma tarefa específica.</li> </ul>
Observação ou Monitoramento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Em alguns casos são mais efetivos com relação aos custos, tempo gasto e exatidão dos resultados;</li> <li>• É uma situação artificial com a participação do público-alvo, realizando tarefas típicas de suas atividades;</li> <li>• Deve ser aplicado em um local provável para a utilização futura do <i>software</i> e podem ser utilizados equipamentos como câmeras ou gravadores de áudio.</li> </ul>

Foi elaborado, então, um questionário com três seções em que na primeira seção o aluno deve informar alguns dados pessoais, na segunda o aluno é questionado sobre a dificuldade e importância das disciplinas da área de estruturas. A última seção é composta por questões referentes à avaliação do ambiente digital **ConcWeb**. As questões da terceira seção só foram respondidas pelos alunos do grupo experimental. O questionário de avaliação do **ConcWeb** consta de questões referentes aos seguintes aspectos: pedagógicos, usabilidade, funcionalidade, confiabilidade e eficiência, conforme apresentado na Tab. 4.7 (Pressman, 2001) e também na Fig. 2.1 (Capítulo 2).

**Tab. 4.7: Fatores para avaliação de ambientes educacionais digitais.**

Fatores	Características
Aspectos Pedagógicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autonomia do estudante</li> <li>• Interatividade</li> <li>• Relevância das atividades disponibilizadas</li> <li>• Incentivo à reflexão</li> </ul>
Usabilidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilidade de uso e compreensão global do ambiente</li> <li>• Interface e estética das páginas e aplicações</li> <li>• Apoio à navegação</li> </ul>
Funcionalidade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clareza na exposição e organização das informações</li> <li>• Organização lógica das informações</li> </ul>

As Figs. 4.5 e 4.6 apresentam as questões respondidas por todos os alunos participantes. Já na Fig. 4.7 estão mostradas as questões referentes à avaliação do **ConcWeb** e respondidas apenas pelo grupo experimental.

Na Tab. 4.8 estão classificadas as questões pertencentes à terceira seção do questionário, quanto aos *aspectos pedagógicos, usabilidade e funcionalidade*.

---

**1) Informações sobre o aluno**

Nome:

**Faixa Etária:**  De 18 a 22 anos  
 De 22 a 27 anos  
 Mais de 27 anos

**Curso:**  Arquitetura  
 Engenharia Civil

**Disciplina:**  Concreto I  
 Concreto II

**Turma:**  Turma A  
 Turma B  
 Turma C

**Você trabalhou durante o curso?**  Sim  Não

**Se sim, responda:**  Com vínculo empregatício em empresas de engenharia que atuam na área de estruturas.  
 Com vínculo empregatício em empresas de engenharia que atuam na área de construção.  
 Com vínculo empregatício em empresas de outras áreas.  
 Como estagiário em empresas de engenharia que atuam na área de estruturas.  
 Como estagiário em empresas que atuam na área de construção.  
 Outro \_\_\_\_\_

**Tempo de trabalho:**  Menos de 6 meses  2 a 3 anos  
 6 meses a 1 ano  Mais de 3 anos  
 1 a 2 anos

---

**Fig. 4.5: Questões referentes aos dados pessoais do aluno.**

---

## 2) Com relação às disciplinas de estruturas

### Qual o seu principal método de estudo?

- Apenas assisto às aulas.  
 Apenas leio as notas de aula em apostilas e cadernos.  
 Além das notas de aula, também leio o assunto em livros indicados.  
 Leio as notas de aula em apostilas e cadernos e resolvo os exercícios propostos.  
 Além das notas de aula, também leio o assunto em livros indicados e resolvo os exercícios propostos.  
 Outro \_\_\_\_\_
- 

### Como você descreveria o grau de dificuldade encontrado nesta disciplinas?

- Nenhum       Baixo       Médio       Alto       Muito alto

### Qual é a relevância dos conteúdos das disciplinas de estrutura para a sua formação de engenheiro?

- Nada relevante       Pouco relevante       Relativamente relevante       Muito relevante       Essencial

### Como você descreveria o seu conhecimento sobre estruturas anterior à disciplina de Concreto Armado?

- Nenhum       Baixo       Médio       Alto       Muito alto

### Como você descreveria a influência do seu conhecimento sobre estruturas na sua aprendizagem atual?

- Nenhuma       Baixa       Média       Alta       Muito alta

### Como você descreveria a frequência com qual você utiliza a internet para auxiliá-lo em seus estudos?

- Nenhuma       Baixa       Média       Alta       Muito alta
- 

**Fig. 4.6: Questões referentes às disciplinas de estruturas.**

---

## 3) Com relação ao ambiente ConcWeb

### De onde você normalmente o acessa?

- Nunca acessou       Da UFMG       De casa       Do trabalho       Outro

### Como você avalia a relevância dos programas para dimensionamento de estruturas de concreto disponibilizados no ambiente ConcWeb no auxílio a seus estudos?

- Nenhuma       Baixa       Média       Alta       Muito alta

### Como você avalia a relevância dos recursos visuais da ferramenta no auxílio a seus estudos?

- Nenhuma       Baixa       Média       Alta       Muito alta

### A utilização do ambiente ConWeb influenciou o nível do seu conhecimento?

- Não       Muito pouco       Pouco       Consideravelmente       Muito

### Os padrões e cores utilizados no ambiente ConcWeb são agradáveis?

- Não       Muito pouco       Pouco       Consideravelmente       Muito

### As informações estão organizadas de maneira adequada?

- Não       Muito pouco       Pouco       Consideravelmente       Muito

### Você sentiu liberdade para navegar e buscar as informações necessárias?

- Nunca       Quase nunca       Às vezes       Quase sempre       Sempre

### Você encontrou as informações que precisava?

- Nunca       Quase nunca       Às vezes       Quase sempre       Sempre

### As informações são coerentes com o material didático utilizado pelo professor?

- Nunca       Quase nunca       Às vezes       Quase sempre       Sempre

### Você utilizaria o ambiente web novamente?

- Sim       Não
- 

**Fig. 4.7: Questões para a avaliação do ambiente ConcWeb.**

**Tab. 4.8: Classificação das questões.**

<b>Fatores</b>	<b>Questões</b>
Aspectos Pedagógicos	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Como você avalia a relevância dos programas para dimensionamento de estruturas de concreto disponibilizados no ambiente <b>ConcWeb</b> no auxílio a seus estudos?</li> <li>2) Como você avalia a relevância dos recursos visuais da ferramenta no auxílio a seus estudos?</li> <li>3) A utilização do ambiente <b>ConcWeb</b> influenciou o nível do seu conhecimento?</li> <li>4) Você sentiu liberdade para navegar e buscar as informações necessárias?</li> <li>5) As informações são coerentes com o material didático utilizado pelo professor?</li> </ol>
Usabilidade	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Os padrões e cores utilizados no ambiente <b>ConcWeb</b> são agradáveis?</li> <li>2) Você utilizaria o ambiente <i>web</i> novamente?</li> </ol>
Funcionalidade	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) As informações estão organizadas de maneira adequada?</li> <li>2) Você encontrou as informações que precisava?</li> </ol>

Os dados fornecidos pelos questionários foram tomados para criação das variáveis **preditoras** que serão discutidas no item a seguir.

## 4.4 Preditores

Para a descrição das trajetórias de desenvolvimento da aprendizagem por meio de uma equação estatística foi utilizada a Análise Longitudinal Hierárquica, descrita no Capítulo 2. Esta equação resume os parâmetros, ponto de partida e forma da curva, seguida pelo construto de interesse que foi medido várias vezes em cada sujeito, tendo-se então a descrição de cada participante (Maia, 2010).

Os *preditores* utilizados nesta pesquisa são variáveis dicotômicas (0 ou 1) que foram obtidos por meio das transformações adequadas dos dados provenientes das notas dos trabalhos práticos, histórico escolar, questionários e relatórios estatísticos fornecidos pelo ambiente *web*. A seguir estão descritas as metodologias para a criação dos preditores.

### 4.4.1 Preditores Retirados do Histórico Escolar do Aluno

#### 4.4.1.1 Gênero

Ao preditor *genero* foi associado o valor 1 para o gênero masculino e o valor 0 para o gênero feminino.



#### 4.4.1.2 Preditor para Faixa Etária Regular

Este indicador especifica uma trajetória escolar regular ou não anterior à sua entrada na universidade. É um entendimento comum entre educadores que atuam na educação básica que um aluno com mais de 2 anos de atraso está fora da sua faixa normal de idade (Maia, 2010). Portanto, o aluno considerado na faixa regular é aquele que aos 17 cursa o último ano do ensino médio e aos 18 entraria para o curso universitário. Portanto, somando-se a este mais dois anos, a entrada na universidade deveria ocorrer até os 20 anos. Como os cursos de Engenharia Civil possuem duração de 5 anos, um aluno considerado regular deveria se formar com 24 anos. Tendo em vista que a disciplina de Concreto Armado II faz parte do penúltimo ano, mais precisamente do 8º período, considerou-se irregular os alunos com idade superior a 23 anos. Logo, ao preditor *idadeN* foi atribuído 0 ao aluno com idade superior a 23 anos e 1 aos que possuíam idade igual ou inferior a 23 anos na época em que cursaram a disciplina de Concreto Armado II.

#### 4.4.1.3 Preditores do Ensino Médio

Por meio dos dados fornecidos pelo Histórico Escolar, determinou-se dois preditores para o Ensino Médio. O primeiro foi *local2ograu* que indica se o aluno cursou o ensino médio em uma escola em Belo Horizonte ou não. Caso o aluno tenha estudado em uma escola situada em Belo Horizonte, a esse preditor foi atribuído 0, caso contrário ele recebeu o valor 1. O segundo indicador foi *admin2ograu*, que lhe foi atribuído 0 quando a administração da escola onde o aluno finalizou o Ensino Médio for pública e 1 quando for privada.

#### 4.4.1.4 Preditor para a Forma de Ingresso na Universidade

As formas de ingresso no Curso de Engenharia Civil da universidade em questão são três: vestibular, transferência e obtenção de novo título.

Ao preditor *ingressoUNI* foi associado o valor 1 quando a forma de ingresso ocorreu mediante o processo de vestibular e o valor 0 quando o ingresso acontece pelas outras duas formas.

#### 4.4.1.5 Preditor da História do Rendimento do Aluno na Universidade

O indicador de História do Rendimento Semestral Global (RSG) é um índice adotado pela universidade que reflete o desempenho global do aluno no curso (Tab. 4.10). Por intermédio do RG foram obtidos dois preditores e o dado bruto utilizado para

a determinação destes preditores foi a média do desempenho acadêmico do aluno a cada semestre. Para a determinação do primeiro, *mediaRGN*, foram considerados os RSG's de todos os semestres cursados pelos alunos. Para ser aprovado em qualquer disciplina o aluno deve obter um conceito D ou superior o que equivale a um RSG mínimo de 2,0.

**Tab. 4.9: Relação entre notas, conceito e RG**

Nota	Conceito	RG
90 - 100	A	5
80 - 89	B	4
70 - 79	C	3
60 - 69	D	2
40 - 59	E	1
< 40	F	0

O preditor *mediaRGN* recebeu o valor 1 para média de RSG superior a 2,0 e 0 caso contrário. O segundo preditor, *medRGEstrN*, diferentemente do preditor anterior, foi determinado a partir da média ponderada dos RSG's levando-se em consideração apenas as disciplinas do núcleo de estruturas. Este recebeu o valor 1 para média de RSG superior a 2,0 e 0 caso contrário. Um terceiro preditor criado foi aquele que se refere ao número de reprovações obtidas pelo aluno, denominado *numReprovN* recebeu o valor 1 quando o aluno foi reprovado mais de uma vez em alguma disciplina de estruturas e caso contrário, recebeu 0.

#### 4.4.2 Preditor para a Nota de Trabalho Prático

Durante o semestre letivo foram aplicados alguns trabalhos práticos tanto para o grupo de controle quanto para o grupo experimental. Entretanto, o grupo experimental tinha permissão para utilizar o ambiente **ConcWeb** para resolvê-los. A pontuação total distribuída pelos professores da disciplina para os trabalhos práticos foi 7,0. Como o escore mínimo obtido por intermédio dos trabalhos em ambos os semestres foi 3,0, o preditor *notaTPN* recebeu 0 quando a nota obtida foi igual ou inferior a 5,0 e 1 para os escores 6,0 e 7,0.

### 4.4.3 Preditores Retirados do Questionário Respondido pelos Alunos

#### 4.4.3.1 Atividade Profissional do Estudante

Esses indicadores buscam refletir a influência da atividade profissional na aquisição de conhecimentos. Foram identificados três preditores a saber: *trabalhouESTRUT*, *vinculoEMPR* e *tempTRAB2*. Ao primeiro foi atribuído o valor 1 quando o aluno informou que trabalhou ou estagiou na área de estruturas e 0 se o aluno não trabalhou ou estagiou na área de estruturas. Já o segundo, *vinculoEMPR*, recebeu o valor 1 se o aluno trabalhou na área de estruturas submetendo-se a um vínculo empregatício, caso contrário lhe foi atribuído o valor 0. E por último, *tempTRAB2*, que está relacionado ao tempo (em anos) que o aluno trabalhou, sendo estagiário ou não, na área de estruturas ou não. Esse preditor recebeu o valor 1 para os alunos que trabalharam, por pelo menos, um ano. Se não trabalharam ou trabalharam por um período menor que um ano, lhe foi atribuído o valor 0.

#### 4.4.3.2 Relevância das Disciplinas de Estruturas, segundo a Opinião do Aluno

Esses indicadores foram construídos a partir das informações fornecidas pelos alunos ao responderem o questionário. Portanto, são baseados na opinião do aluno em relação ao seu conhecimento anterior e a influência deste para o seu desempenho em Concreto Armado II.

Os preditores determinados foram: *metodoEST*, *dificuldadeDISC*, *relevanciaDISC*, *conhecimentoANT* e *influConhecimentoANT*. O primeiro reflete a dedicação do aluno para com a disciplina de concreto armado. O segundo e o terceiro indicam a opinião do aluno a respeito da dificuldade e relevância da disciplina. E os dois últimos refletem o conhecimento anterior do aluno e a sua influência para a disciplina de Concreto Armado II. Os valores arbitrados para esses cinco preditores estão especificados na Tab. 4.11 a seguir.

**Tab. 4.10: Preditores para a metodologia de estudos**

<b>Preditor</b>	<b>Valor</b>
<i>metodoEST</i>	Alunos que fazem o mínimo (assistir às aulas, ler caderno e notas de aula) =0 Além do mínimo=1
<i>dificuldadeDISC</i>	Considera a disciplina difícil = 1 Não considera = 0
<i>relevanciaDISC</i>	Considera a disciplina relevante para a formação do engenheiro = 1 Não considera = 0
<i>conhecimentoANT</i>	Considera ter um bom conhecimento anterior sobre o assunto = 1 Não considera = 0
<i>influConhecimentoANT</i>	Considera importante a influência dos seus conhecimentos anteriores = 1 Não considera = 0

#### 4.4.4 Preditores Referentes à Utilização do Ambiente ConcWeb

Para o grupo experimental foram construídos preditores que se relacionam ao uso do ambiente **ConcWeb** como ferramenta auxiliar de estudos. O primeiro deles é o *usou*, que foi obtido por meio do relatório de utilização do ambiente fornecido pela ferramenta do Joomla! no próprio ambiente **ConcWeb** e pelo sistema Google Analytics. A esse preditor foi determinado o valor 1 quando o relatório indicou que o aluno realmente acessou o ambiente e 0 se o aluno não possuía registro de acesso no ambiente. Essa variável preditora pode possuir valores diferentes para as três ondas de dados. Entretanto, para a primeira ocasião correspondente ao período antecedente à primeira prova os alunos ainda não conheciam o ambiente portanto foi atribuído 0 à variável preditora *usou* para todos os alunos.

O segundo preditor, *acessou*, foi baseado na resposta do aluno ao questionário, se o aluno respondeu que acessou o ambiente então lhe foi atribuído 1, caso contrário 0. A explicação para a designação desse último preditor é que o controle sobre o acesso ao ambiente é limitado, ou seja, existe a possibilidade de um aluno acessar o ambiente digital com o *login* e senha de um colega. Além disso, os trabalhos podem ser realizados em grupos ou em duplas e não necessariamente todos teriam que acessar o ambiente para realização das tarefas.

## 5. RESULTADOS

Este capítulo relata como as avaliações da disciplina de Concreto Armado II deram origem a um instrumento de medida do desempenho dos alunos nas soluções de problemas pertinentes aos assuntos abordados. Relata também como essas medidas em conjunto com os preditores (Capítulo 4) foram modeladas e analisadas para responder à seguinte questão: O ambiente **ConcWeb** influenciou no desempenho dos alunos da disciplina de Concreto Armado II?

A avaliação do ambiente **ConcWeb** feita pelos alunos com base nas respostas do questionário descrito no Capítulo 4 é também apresentada.

### 5.1 Análise da Influência do Portal ConcWeb na Aprendizagem de Concreto Armado

Todas as três avaliações de todos os alunos tanto do grupo de controle quanto do grupo experimental foram recorridas considerando o novo critério: para os itens corretos foram atribuídos o valor 1 e para os itens incorretos o valor 0. Os escores obtidos pelos alunos em cada item de cada prova foram submetidos a uma análise fatorial exploratória utilizando-se o pacote estatístico MPlus<sup>7</sup> (Muthén; Muthén, 2007). Essa etapa foi necessária devida à natureza da disciplina de Concreto Armado II que abrange vários conteúdos.

O mapa de cargas fatoriais resultante não apresentou uma estrutura fatorial simples. Em alguns casos o mesmo item aparecia em mais de um fator com carga fatorial relevante. Porém, de uma análise teórica dos itens realizada pelos professores da disciplina chegou-se a dois grupamentos:

1. Mecânica das estruturas: itens relativos à análise dos esforços desenvolvidos na estrutura provenientes das cargas, geometrias das seções, verificações de tensões;

---

<sup>7</sup> <http://www.statmodel.com/>

2. Estruturas de concreto armado: itens relativos ao dimensionamento e detalhamento das estruturas de concreto armado.

Desta análise pode-se perceber uma estrutura fatorial muito próxima à estrutura apresentada no diagrama do processo global para o projeto estrutural mostrado na Fig. 4.1.

Finalizada esta etapa tem-se os escores brutos dos alunos por instrumento (prova) e por dimensão (fator). O escore bruto é uma medida ordinal: com ele pode-se apenas afirmar qual é menor e qual é maior. E não se pode garantir que as diferenças entre pares de valores equidistantes são iguais (Singer; Willet, 2003). Portanto, para se obter a escala de mensuração por dimensão (o próximo passo metodológico), o conjunto de dados brutos de cada dimensão de cada prova foi ajustado ao modelo Rasch para dados dicotômicos. Foi utilizado o *software* WINSTEPS<sup>8</sup> (Linacre, 2012) para a criação das escalas de medida para as dimensões (domínio de conhecimento) **mecânica** (Mecânica das Estruturas) e **concreto** (Concreto Armado).

O pressuposto básico do Modelo Rasch é que, quanto mais competência tiver uma pessoa, maior a sua probabilidade de receber escores altos em todos os itens, sejam eles fáceis ou difíceis. Por outro lado, quanto mais fácil o item, maior a probabilidade de qualquer pessoa receber escore alto nesse item. Quando todos os itens de uma escala atendem a essas expectativas significa que o instrumento se enquadra no modelo de medida e a probabilidade que indivíduos com maior proficiência obtenham escores mais altos é maior que aqueles com menor competência. (Maia, 2010).

No contexto do modelo Rasch as estatísticas INFIT e OUTFIT indicam a precisão que os dados se ajustam ao modelo. A magnitude desses índices está relacionada à existência de respostas inesperadas (respostas erradas para os itens mais fáceis e respostas corretas para os itens mais difíceis). Quanto mais frequentes forem os erros e acertos inesperados mais altos serão as estatísticas INFIT e OUTFIT.

Linacre (2012) apresenta uma tabela descrevendo os intervalos para as estatísticas de ajuste INFIT e OUTFIT conforme apresentado na Tab. 5.1. E a Tab. 5.2 apresenta os valores médios para INFIT e OUTFIT encontrados para o conjunto de itens dos domínios estudados.

---

<sup>8</sup> <http://www.winsteps.com/winsteps.htm>

**Tab. 5.1: Limite dos parâmetros de INFIT e OUTFIT.**

<b>Limite</b>	
> 2	Distorce ou degrada o sistema de medidas
1.5 - 2.0	Improdutiva para construção de medidas, mas não degrada
0.5 - 1.5	Produtiva para construção de medidas
< 0.5	Menos produtiva para construção de medidas podendo levar a conclusões equivocadas

**Tab. 5.2: Estatísticas de INFIT e OUTFIT para GC e GE.**

<b>Grupo</b>	<b>Dimensão / Domínio</b>	<b>INFIT</b>	<b>OUTFIT</b>	<b>RMSE</b>	
				<b>Real</b>	<b>Model</b>
GC	Mecânica	0,98	0,92	0,21	0,20
	Concreto	0,99	1,08	0,59	0,59
GE	Mecânica	0,99	0,95	0,20	0,20
	Concreto	1,00	0,81	0,45	0,44

Os resultados obtidos para os INFIT's e OUTFIT's ficaram em média dentro do valor esperado de 1,0 conforme preconiza Linacre (2012) para os dois domínios e os dois grupos de alunos.

A estatística RMSE (*Root Mean Square Standard Error*), Tab. 5.2, é composta de duas parcelas: Model RMSE e Real RMSE. É desejável que os seus valores sejam aproximadamente iguais. Isto demonstra que divergência nos dados tem pouco efeito na precisão global das medidas (Linacre, comunicação pessoal, 22/02/2010).

Por conseguinte tem-se as três medidas intervalares (escala) necessárias para descrever as trajetórias de desenvolvimento dos alunos de Concreto Armado II ao longo do semestre letivo para os domínios identificados. A escala de medidas para o domínio que compreende os itens relativos à Mecânica das Estruturas (**mecânica**) foi considerada fonte de dados para a construção de uma variável preditora no ajuste do modelo da Análise Longitudinal Hierárquica, uma vez que este conhecimento é tratado nas disciplinas anteriores e é pré-requisito da disciplina investigada. A transformação das medidas para dados dicotômicos foi realizada da seguinte maneira: para medidas iguais ou menores que zero foi atribuído o valor 0, caso contrário o valor 1. Esta variável assim construída foi denominada *MecânicaNLogit*.

As trajetórias de desenvolvimento foram determinadas por intermédio do modelo hierárquico de dois níveis utilizando o pacote estatístico SPSS<sup>9</sup>.

A Tab. 5.3 sintetiza as variáveis preditoras construídas no Capítulo 4 para a análise hierárquica para ambos os grupos da investigação apresentando seus níveis de significância para o primeiro modelo hierárquico construído no SPSS representado pela Eq. 5.1 para o grupo de controle. Uma equação semelhante foi construída para o grupo experimental. *MedCONC* é a variável dependente que representa as medidas (logit) do desempenho dos alunos em Concreto Armado II.

$$\begin{aligned} \text{MedCONC} = & \beta_{0i} + \beta_{1i} * \text{tempo}_{ij} + \rho_1 * \text{idadeN} + \rho_2 * \text{genero} \\ & + \dots + \rho_{10} * \text{tempTRAB2} \end{aligned} \quad \text{Eq. 5.1}$$

**Tab. 5.3: Variáveis preditoras para a análise hierárquica.**

Variáveis Preditoras	Intervalo de confiança de 95% (p<0,05)		
	Grupo de Controle	Grupo Experimental	
Intercept	0,000	0,000	0,000
tempo	0,000	0,000	0,000
MecanicaNLogit	0,011	0,001	0,000
idadeN	0,822	0,655	0,635
genero	0,565	0,022	0,043
local2ograu	0,157	0,692	0,724
admin2ograu	0,566	0,339	0,505
mediaRGN	0,233	0,326	0,307
medRGEstrPondN	0,801	0,473	0,401
notaTPN	0,001	0,395	0,761
trabalhouESTRUT	0,452	0,115	0,082
vinculoEMPR	0,952	0,075	0,062
tempTRAB2	0,936	0,668	0,079
usou	-	-	0,324

Os próximos modelos para o grupo de controle foram construídos com as variáveis preditoras que apresentaram nível de significância  $p < 0,05$ . Para o grupo

<sup>9</sup> <http://www-03.ibm.com/software/products/us/en/category/SWQ00?lnk=mprSO-bana-usen>



experimental o modelo inicial foi construído com a mesma filosofia. Entretanto, os preditores finais não foram os mesmos. A estrutura dos modelos ajustados pode ser conhecida na Tab. 5.4. A Tab. 5.5 resume a principal estatística de ajuste -2LOG LIKELIHOOD (-2LL). Esta estatística é baseada na soma de probabilidades associadas aos resultados modelados e aos empíricos (medidas) indicando o quanto há de informação inexplicada. Diferenças positivas e estaticamente significativas ( $\chi^2$ ) entre as estatísticas -2LL de modelos subsequentes direcionam o ajuste do modelo (Field, 2009). De acordo com os valores de -2LL apresentados na Tab. 5.5 pode-se verificar que houve um decréscimo estatisticamente significativo entre os modelos construídos.

**Tab. 5.4: Estrutura dos modelos ajustados para os grupos GC e GE.**

<b>Amostra</b>	<b>Modelo</b>
GC	A $MedCONC_{ij} = -2,008 - 1,366*tempo_{ij}$
	B $MedCONC_{ij} = -2,505 - 1,351*tempo_{ij} + 0,586*notaTPN_i$
	C $MedCONC_{ij} = -2,696 - 1,437*tempo_{ij} + 0,500*notaTPN_i + 0,478*MecanicaNLogit_{ij}$
GE	A $MedCONC_{ij} = -3,368 + 1,230 *tempo_{ij}$
	B $MedCONC_{ij} = -3,588 + 1,176 *tempo_{ij} + 0,434*MecanicaNLogit_{ij}$
	C $MedCONC_{ij} = -3,647 + 1,186*tempo_{ij} + 0,387* MecanicaNLogit_{ij} + 0,307* trabalhouESTRUT_i$
	D $MedCONC_{ij} = -3,642 + 1,010*tempo_{ij} + 0,423* MecanicaNLogit_{ij} + 0,332* trabalhouESTRUT_i + 0,315*usou_{ij}* tempo_{ij}$

**Tab. 5.5: Resultados da estatística de ajuste -2LL**

<b>Amostra</b>	<b>-2log Likelihood</b>
GC	A 745,654**
	B 732,835**
	C 723,729**
GE	A 654,624**
	B 643,005**
	C 610,419**
	D 605,284**

\*\* $p < 0,01$

Portanto, o melhor ajuste para os dados do GC está representado pela Eq. 5.2:

$$\begin{aligned} \mathbf{MedCONC}_{ij} = & -2,696 - 1,437 * \mathbf{tempo}_{ij} + 0,478 * \mathbf{MecanicaNLogit}_{ij} \\ & + 0,500 * \mathbf{notaTPN}_i \end{aligned} \quad \mathbf{Eq. 5.2}$$

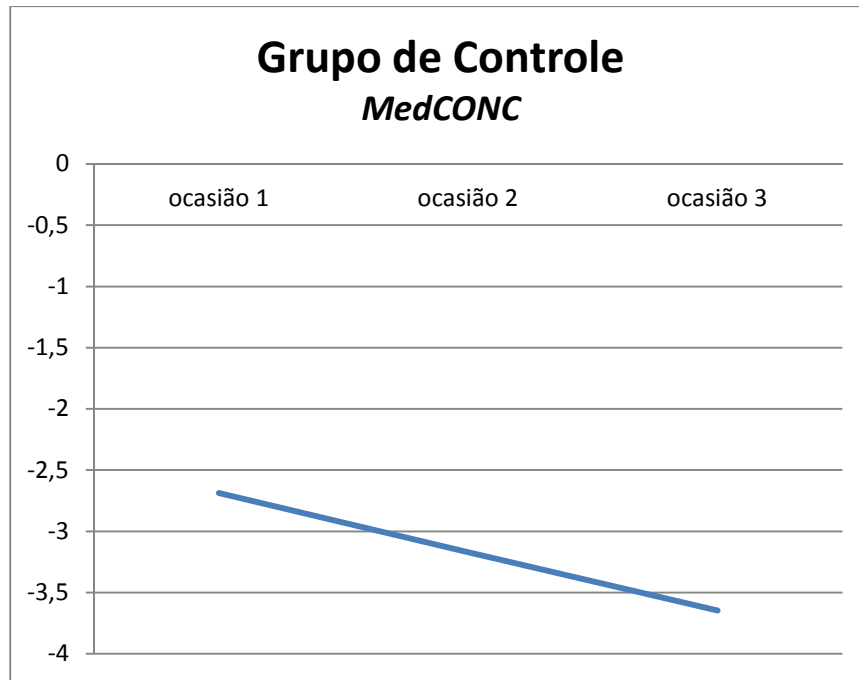
E para os dados do GE o modelo ajustado é representado pela Eq. 5.3:

$$\begin{aligned} \mathbf{MedCONC}_{ij} = & -3,642 + 1,010 * \mathbf{tempo}_{ij} + 0,423 * \mathbf{MecanicaNLogit}_{ij} \\ & + 0,332 * \mathbf{trabalhouESTRUT}_i + 0,315 * \mathbf{usou}_{ij} * \mathbf{tempo}_{ij} \end{aligned} \quad \mathbf{Eq. 5.3}$$

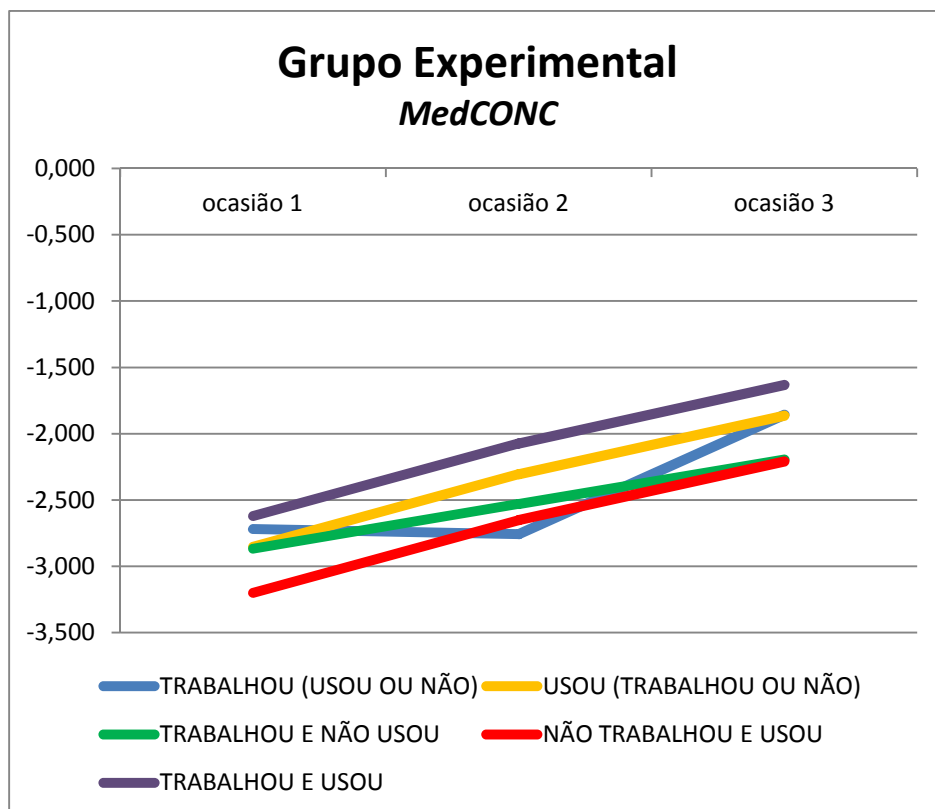
Nas duas equações (Eq. 5.2 e Eq. 5.3) todos os parâmetros são significativos ao nível de  $p < 0,01$  (Anexos 4 e 5, respectivamente).

Todos os alunos de ambos os grupos iniciaram o curso com valores negativos para o intercepto (conhecimento inicial) indicando baixa probabilidade de sucesso ao responder itens fáceis ou difíceis. Para o grupo de controle a taxa de mudança do desempenho na disciplina de Concreto Armado II ao longo do semestre é negativa ao passo que a do grupo experimental é positiva. Os valores do parâmetro do preditor *MecanicaNLogit* para ambos os grupos são muito próximos e influenciam positivamente a medida do desempenho em Concreto Armado II. Para o grupo de controle o preditor *notaTPN* influenciou positivamente enquanto que não foi significativo para o grupo experimental, Tab. 5.3. Para o grupo experimental o preditor *trabalhouESTRUT* influenciou positivamente no intercepto e o preditor *usou* influenciou positivamente na taxa de mudança do desempenho escolar.

O gráfico da Fig. 5.1 apresenta a trajetória média para o desempenho dos alunos do grupo de controle. Esses resultados podem ser explicados pelos dados levantados e consolidados na descrição do perfil do grupo de controle da Tab. 4.2 do Capítulo 4. E o gráfico da Fig. 5.2 apresenta as trajetórias médias para o desempenho dos alunos do grupo experimental explicitando a influência positiva dos preditores em *trabalhouESTRUT* e *usou*. A Tab. 5.6 exhibe a variação ( $\Delta$ ) entre as medidas do desempenho de Concreto Armado II inicial e final para as combinações de valores dos preditores *trabalhouESTRUT* e *usou*.



**Fig. 5.1:** Gráfico da trajetória média para o desempenho do GC.



**Fig. 5.2:** Gráfico da trajetória média para o desempenho do GE.

**Tab. 5.6: Influência dos preditores *trabalhouESTRUT* e *usou* na trajetória média do desempenho em Concreto Armado II**

TRABALHOU	USOU	VALOR INICIAL	VALOR FINAL	$\Delta$
1	1/0	-2,720	-1,857	0,863
1/0	1	-2,852	-1,864	0,988
1	0	-2,867	-2,194	0,673
0	1	-3,200	-2,210	0,990
1	1	-2,621	-1,632	0,989

Pelos valores apresentados na Tab. 5.6 quando a variável preditora *usou* (o ambiente **ConcWeb**) está presente tem-se uma mudança mais significativa no desempenho dos alunos na disciplina em questão.

## 5.2 Avaliação do Ambiente ConcWeb

Segundo Romiszowski (2011), a avaliação do *software* traz benefícios a curto e a longo prazo. A curto prazo, a avaliação ajuda na identificação de problemas e/ou deficiências, criando a oportunidade para revisões pertinentes, no próprio processo de elaboração. E, a longo prazo, uma avaliação sistemática ajuda no fornecimento de dados para a verificação da qualidade da experiência educacional como um todo, facilitando até decisões de ordem institucional.

Com relação à *web*, foram utilizados alguns parâmetros/orientações como os sugeridos pela *Evaluate Europe Handbook* (2006) e pela *Swedish National Agency for Higher Education* (2008). Como já foi explicitado no Capítulo 4, o questionário continha três sessões e somente o grupo experimental respondeu à terceira sessão referente à avaliação do ambiente **ConcWeb**. Este instrumento consta de 10 questões específicas sobre o *site*. Não havia necessidade de identificação dos alunos que deviam informar apenas a idade, o curso e a turma a qual pertenciam, o que acredita-se aumentar a confiabilidade das respostas fornecidas pelos usuários.

Os gráficos das Figs. 5.3 a 5.6, construídos a partir das respostas dos alunos revelam que o ambiente **ConcWeb** possui as características desejáveis para os indicadores pedagógicos, de usabilidade e de funcionalidade; tendo em vista que a grande maioria dos respondentes escolheu as opções positivas para as respostas da maioria das questões.

A maioria dos alunos (79%) considera relevante a utilização dos programas (*applets*) para dimensionamento e detalhamento de estruturas de Concreto Armado (Fig. 5.3). E 57% deles consideram alta a muito alta a relevância dos recursos visuais presentes no **ConcWeb** para o auxílio a seus estudos. Entretanto, dos 63% que afirmaram que a utilização do ambiente influenciou o seu nível de conhecimento dos conteúdos da disciplina investigada, 46% (Fig. 5.4) consideraram baixa a influência do ambiente em sua aprendizagem. Pode-se explicar essa aparente contradição devido ao tempo de utilização do ambiente, levando-se em consideração os comentários deixados pelos alunos na folha de resposta do questionário avaliativo. Muitos sugeriram que os professores deveriam incentivar mais a utilização do ambiente e, além disso que os alunos deveriam começar a ter contato com o ambiente desde o início do semestre letivo. Além disso, 55% dos alunos sentiu liberdade para navegar e buscar as informações necessárias dentro do **ConcWeb** conferindo-lhes autonomia.

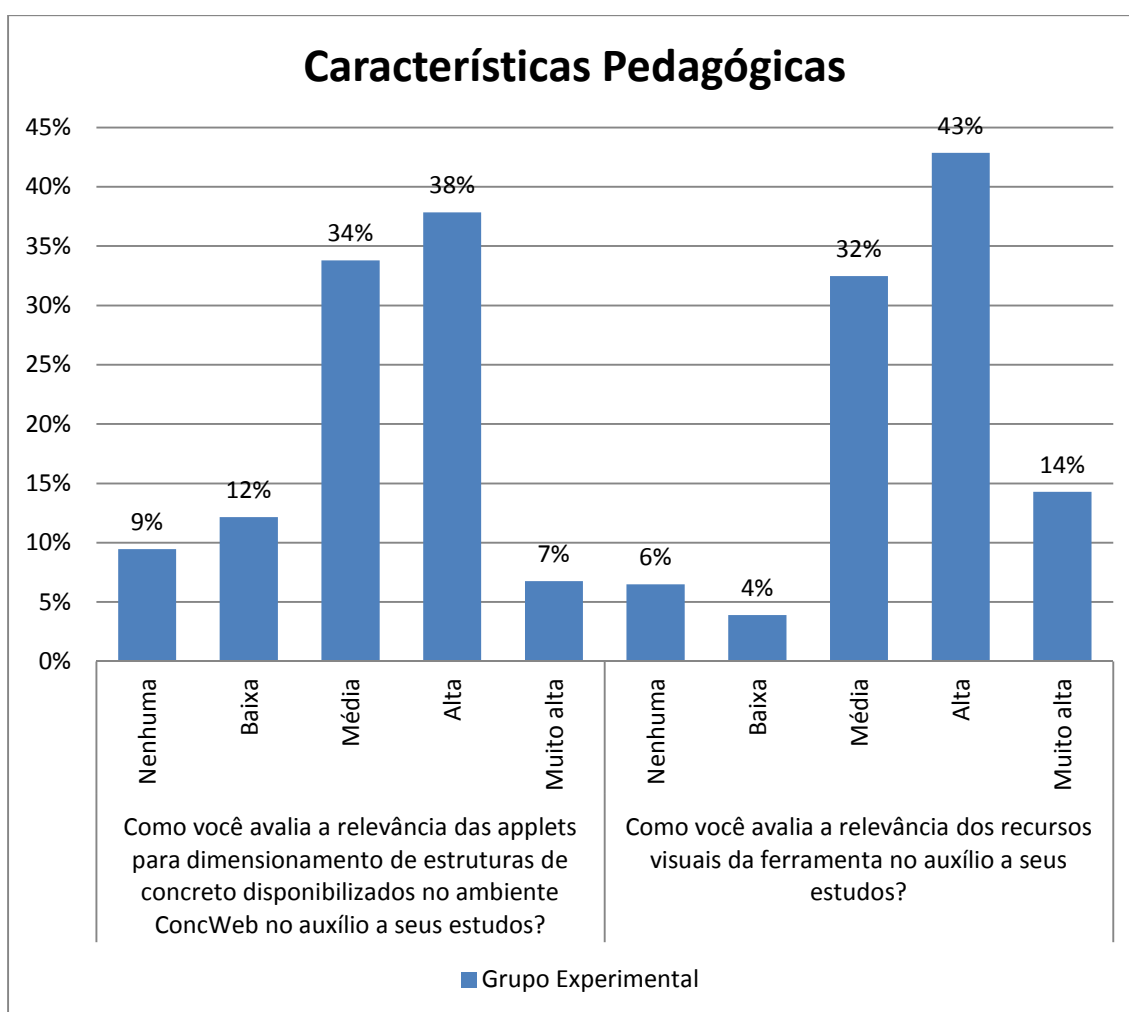
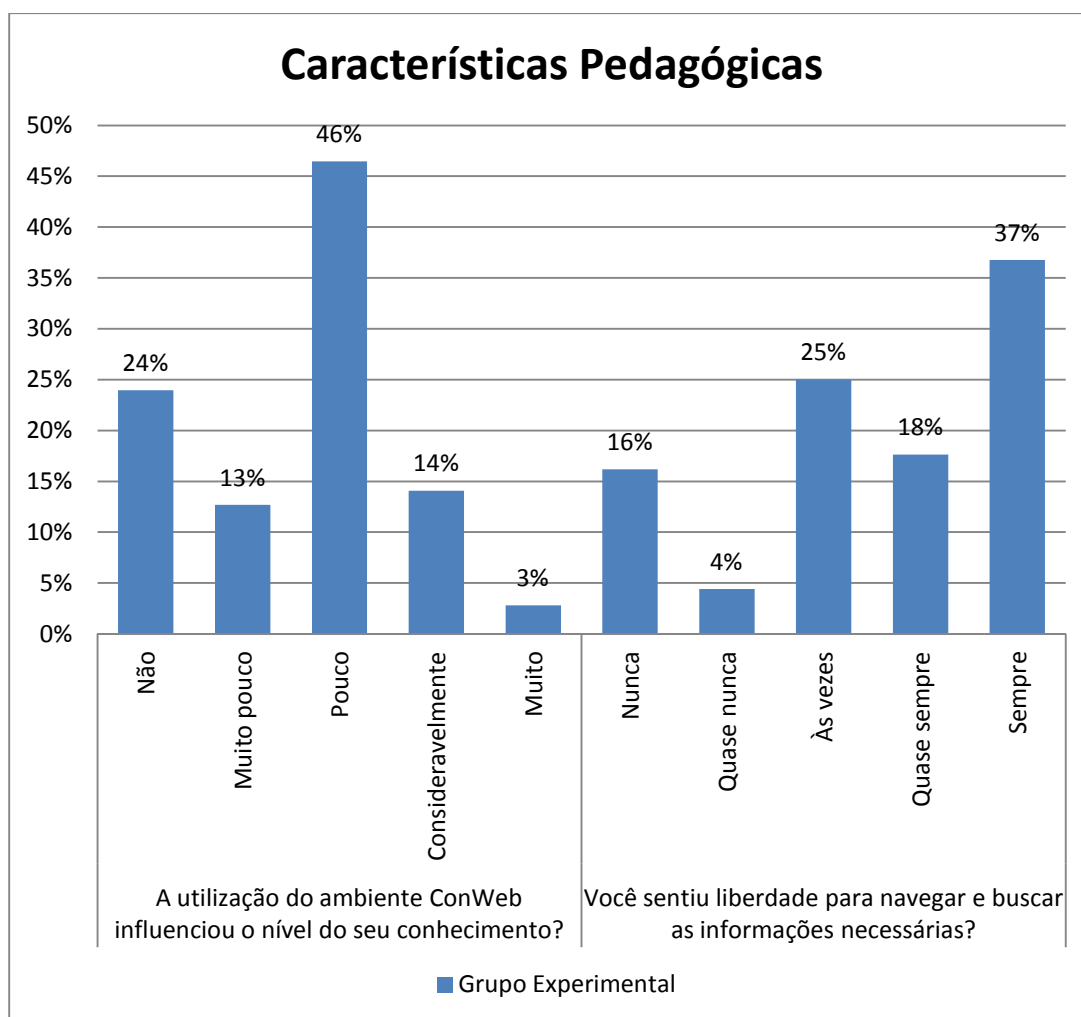


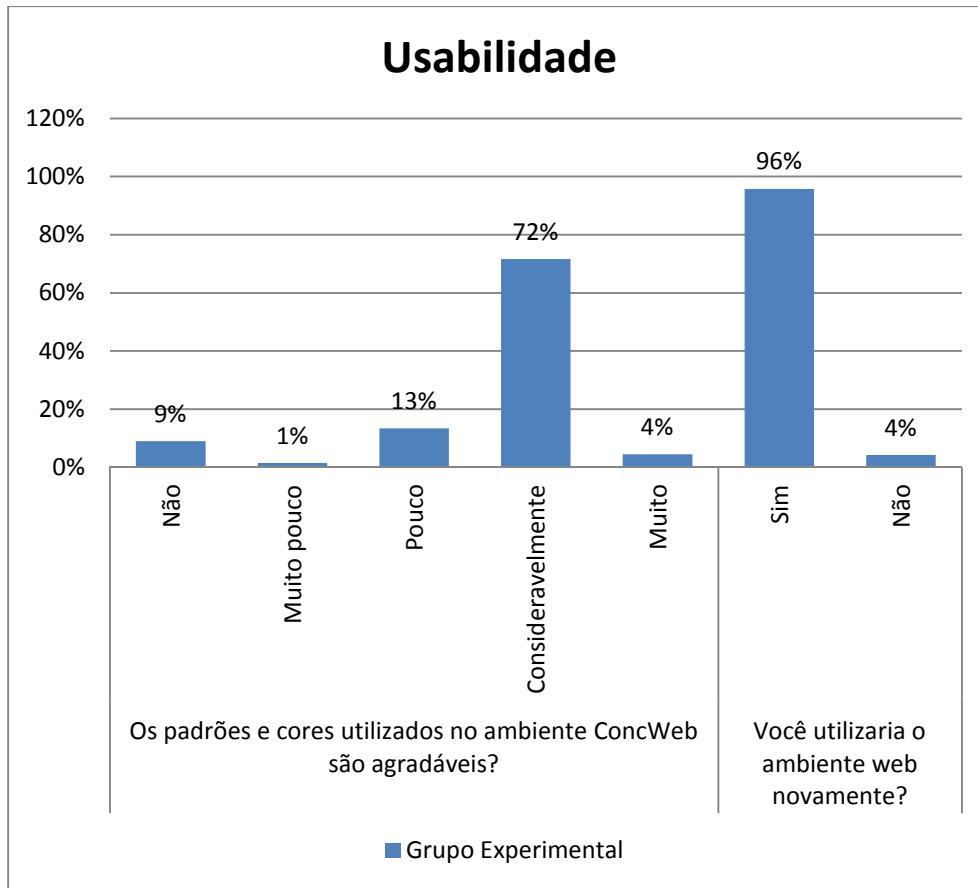
Fig. 5.3: Questões sobre os aspectos pedagógicos - Parte I.



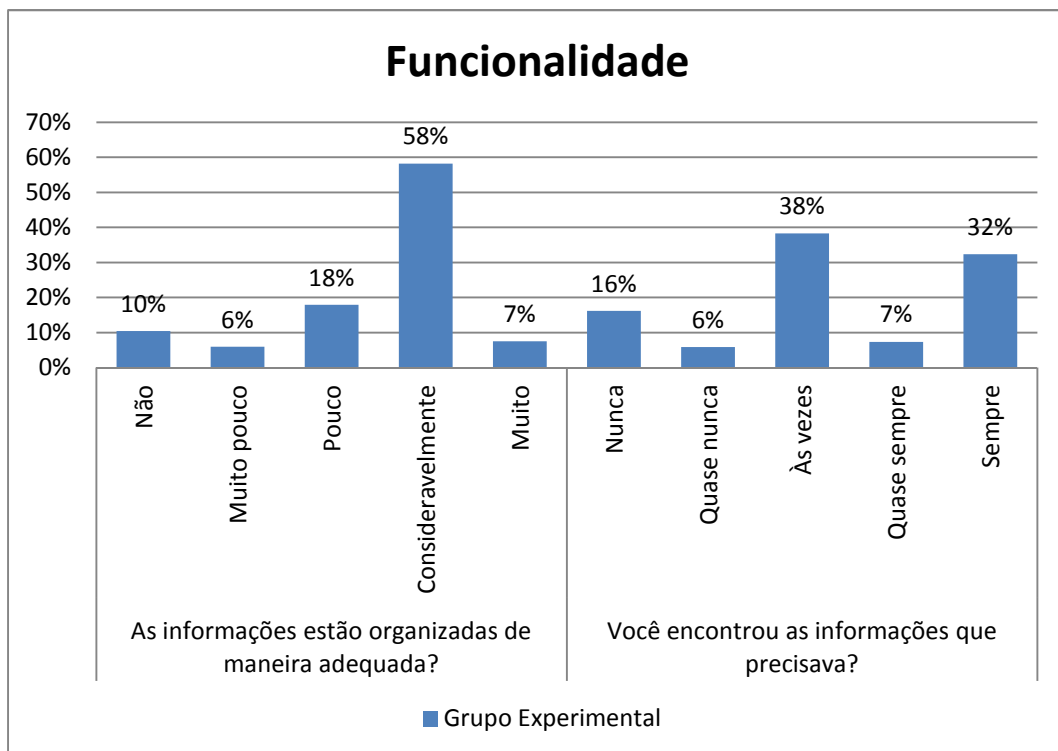
**Fig. 5.4: Questões sobre os aspectos pedagógicos - Parte II.**

Com relação ao aspecto de usabilidade (Fig. 5.5) pode-se salientar que quase 100% dos alunos responderam que utilizariam o ambiente novamente o que destaca o interesse dos alunos pela ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem. E 76% dos alunos aprovaram o design do ambiente.

Quanto ao aspecto de funcionalidade (Fig. 5.6), 65% considera a forma de organização do conteúdo adequada. Entretanto, 38% responderam que somente às vezes encontraram as informações desejadas. Esta contradição pode ser apenas aparente e estar relacionada à falta de opções nas respostas das questões para aqueles que não acessaram o ambiente e por isso respondem negativamente às questões.



**Fig. 5.5: Questões sobre usabilidade.**



**Fig. 5.6: Questões sobre funcionalidade.**

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa procurou evidências de que o ambiente digital poderia influenciar o desempenho dos alunos da disciplina de Concreto Armado II. Para tanto, foi desenvolvido ambiente **ConcWeb** contendo todo o conteúdo das disciplinas Concreto Armado I e II sob a forma de hipertextos, vídeos, animações e aplicativos simuladores. O acesso ao ambiente *web* ficou disponível para os alunos do grupo investigado, denominado grupo experimental, durante o semestre letivo. No decorrer do curso os professores da disciplina Concreto Armado II apresentaram o ambiente **ConcWeb** como ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem e, sugeriram atividades e/ou trabalhos práticos que pudessem ser solucionados com auxílio deste recurso digital.

No final do semestre foi gerado pelo ambiente **ConcWeb** e pelo Google Analytics um relatório contendo dia, hora e páginas acessadas por cada aluno. Além disso, foi solicitado aos alunos que respondessem a um questionário contendo perguntas autoavaliativas e também perguntas relacionadas à avaliação do *site*. O relatório apresentado, juntamente com as respostas dos questionários, os dados contidos no histórico escolar dos alunos e as notas dos trabalhos práticos e das três avaliações aplicadas, geraram os dados para a investigação sobre a trajetória do desempenho dos alunos da disciplina de Concreto Armado II.

Os dados foram transformados em dados dicotômicos e analisados mediante processos estatísticos adequados a um estudo hierárquico longitudinal.

### 6.1 Conclusões

*O ambiente **ConcWeb** pode influenciar positivamente no desempenho dos alunos da disciplina de Concreto Armado II?*

Encontrou-se fortes evidências de que o ambiente **ConcWeb** influencia sim, positivamente, no desempenho dos alunos em Concreto Armado II. O modelo hierárquico longitudinal construído para descrever a trajetória de desempenho dos alunos de Concreto Armado II é composto das medidas do conhecimento de Mecânica das Estruturas e dos preditores relacionados à prática profissional na área de estruturas e



à utilização do ambiente. Todos esses parâmetros se mostraram estatisticamente significativos ( $p < 0,01$ ) para a amostra estudada.

O modelo hierárquico longitudinal que melhor representou os dados da pesquisa evidencia que o fato de o aluno trabalhar na área de estruturas combinado com a utilização do **ConcWeb** contribuiu para o melhoramento do desempenho dos alunos em Concreto Armado II. Os parâmetros *trabalhouESTRUT* (trabalhou na área de estruturas) e *usou* (utilizou o ambiente **ConcWeb**), quando introduzidos ao modelo sem a companhia um do outro não são estatisticamente significativos o que indica a sinergia entre ambos. Percebeu-se ainda, que o modelo se apresenta melhor ajustado quando o parâmetro relacionado à utilização do ambiente é introduzido ao modelo destacando a importância da utilização da ferramenta disponibilizada.

O trabalho aqui descrito também aborda a avaliação do ambiente digital por parte dos alunos. Por meio de uma pesquisa sob a forma de questionário avaliativo, os alunos puderam dar a sua opinião à respeito do ambiente. E, após a análise dessas informações, pôde-se concluir que os alunos não só aprovaram o ambiente **ConcWeb** como também pensam ser importante a utilização desta ferramenta de apoio ao ensino e aprendizagem para a melhora do desempenho em Concreto Armado II.

Baseado nas evidências encontradas e nos relatos dos professores das disciplinas e pesquisadora pôde-se concluir que o ambiente projetado e desenvolvido nesta pesquisa constitui um bom instrumento de apoio ao ensino e aprendizagem da disciplina em questão, que auxilia não só o aluno, mas também o professor durante as aulas ministradas da seguinte maneira:

- Facilita a exposição dos conteúdos pois emprega tanto os recursos de visualização e também de áudio;
- Atua como uma extensão da sala aula, uma vez que o aluno está livre para acessar o ambiente a qualquer momento e em qualquer lugar;
- Garante ao aluno a qualidade das informações disponibilizadas uma vez que todo o conteúdo selecionado para disponibilização no ambiente é analisado e validado pelos professores das disciplinas;
- Poupa tempo de busca incessante na internet sobre informações a respeito do assunto Concreto Armado pois atua como um repositório para esta disciplina.

Essa pesquisa apresentou evidências empíricas de que o entendimento do conteúdo de Mecânica das Estruturas é essencial para o entendimento de Concreto Armado.

## 6.2 Trabalhos Futuros

Os resultados da pesquisa foram positivos e incentivadores no que diz respeito à utilização de ferramentas digitais como auxílio ao processo de ensino e aprendizagem de Concreto Armado II. Portanto, este estudo propõe a continuação do desenvolvimento e aperfeiçoamento do ambiente **ConcWeb**, contemplando as seguintes expectativas:

1. Aperfeiçoar o *design* do ambiente tornando-o ainda mais agradável e interativo;
2. Melhorar o sistema de avaliação do ambiente, aperfeiçoando o questionário, selecionando aleatoriamente uma amostra dos alunos que utilizam o ambiente para entrevistas e solicitando também a avaliação dos docentes;
3. Envolver no projeto os professores das disciplinas antecedentes à disciplina Concreto Armado II para que também se sintam motivados a utilizar o ambiente como ferramenta de apoio às aulas;
4. Desenvolver mais aplicativos que possam atuar como simuladores para facilitar a compreensão dos alunos e motivar ainda mais a utilização do ambiente;
5. Envolver os alunos no projeto, incentivando-os a participar sugerindo temas para serem discutidos e/ou publicados no ambiente **ConcWeb**, bem como produzindo material para ser avaliado e posteriormente publicado no ambiente;
6. Disponibilizar também os conteúdos das disciplinas de Estruturas de Madeiras e Estruturas de Aço, envolvendo também os professores dessas disciplinas no projeto.
7. Continuar os estudos e análises estatísticas sobre a influência da utilização do portal **ConcWeb** no desenvolvimento do desempenho dos alunos nas disciplinas relacionadas à área de estruturas.

Os caminhos percorridos até aqui foram de grande importância para a continuação da busca de novas metodologias de ensino e aprendizagem que possam ser aplicadas aos

alunos dos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura com a finalidade de melhorar a qualidade do ensino e fornecer alternativas valiosas que estimulem a interatividade dos alunos com o ambiente virtual propiciando aumento do desempenho dos mesmos nas disciplinas supracitadas.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

**ANTUNES, Celso. 2003.** *Inteligências Múltiplas e Seus Estímulos*. 11ª ed. Campinas, SP : Papyrus, 2003. 141p. ISBN 85-308-0512-7.

**ASSIS, Jailson Manguiera. 2005.** *Modelos Multiníveis em Pesquisas Amostrais Complexas - uma Aplicação à Valoração de Aluguéis de Imóveis Residenciais Segundo suas Características/Atributos*. Rio de Janeiro, 2005. Dissertação de Mestrado - Escola Nacional de Ciências Estatísticas. Programa de Pós-Graduação em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais.

**ASSIS, Waine S.; BITTENCOURT, Túlio N.; NORONHA, Marcos A. M. 2003.** Desenvolvimento de Recursos Multimídia para o Ensino de Estruturas de Concreto. *Revista IBRACON n° 32*. São Paulo, SP. 2003, pp. 41-51.

**CAMPOS, Fernanda C. A.; ROCHA, Ana Regina C.; CAMPOS, Gilda H. B. 1998.** *Design Instrucional e Construtivismo: em Busca de Modelos para o Desenvolvimento de Software*. Brasília, DF : IV Congresso Iberoamericano de Informática Educativa, 1998.

**CAVALCANTI, Ana Regina; MALDONADO, José C.; WEBER, Kival C. (org.). 2001.** *Qualidade de Software*. São Paulo, SP : Prentice Hall, 2001. 303p. ISBN 85-87918-54-0.

**CHEN, Chih-Ming; LEE, Hahn-Ming; CHEN, Ya-Hui. 2005.** Personalized e-learning system using Item Response Theory. *Computers & Education*. 2005, Vol. 44, pp. 237-255.

**COELHO, Geide Rosa. 2011.** *A evolução do entendimento dos estudantes em eletricidade : um estudo longitudinal*. Belo Horizonte, MG : Tese - (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2011. 173f.

**DANIELS, Harry. 2003.** *Vygotsky e a Pedagogia*. São Paulo, SP : Edições Loyola, 2003. 246p. ISBN 85-15-02711-9.

**DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J.; NIETO, T. R. 2003.** *Internet & World Wide Web – Como programar*. 2ª ed. Porto Alegre, RS : Bookman, 2003. 1274p. ISBN 85-363-0121-X.

**DIAS, Cláudia. 2003.** *Usabilidade na web: criando portais mais acessíveis*. Rio de Janeiro, RJ : Alta Books, 2003. 296p. ISBN 85-887-4553-4.

**DIGGLE, P. J., et al. 2001.** *Analysis of longitudinal data*. Oxford, UK : Statistical Science Series. Oxford University Press, 2001.

**Evaluate Europe Handbook Series Volume 2. 2006.** *Evaluating e-learning: A guide to the evaluation of e-learning*. [ed.] Attwell GRAHAM. Bremen, Germany, 2006. Disponível em: [http://www.pontydysgu.org/wp-content/uploads/2007/11/eva\\_europe\\_vol2\\_prefinal.pdf](http://www.pontydysgu.org/wp-content/uploads/2007/11/eva_europe_vol2_prefinal.pdf). Acessado em: 15/04/2013.

**FERNANDES, João C. 2004.** Laboratório Virtual: Ferramenta de Apoio Didático em Disciplinas no Ensino de Engenharia. *World Congress on Engineering and Technology Education*. Santos, SP : WCETE 2004, 2004.

**FIELD, Andy. 2009.** *Discovering Statistics Using SPSS*. 3ª ed. London, UK : SAGE Publications Ltd, 2009.

**GARDNER, Howard. 2000.** *Inteligências Múltiplas: a Teoria na Prática*. Porto Alegre, RS : Artes Médicas, 2000. 257p. ISBN 85-7307-413-2.

**GHULMAN, Hamzah A.; MAS'ODI, Mohd Saidfudin. 2009.** *Modern measurement paradigm in Engineering Education: Easier to read and better analysis using Rasch-based approach*. Kuala Lumpur, Malaysia : International Conference on Engineering Education ICEED, 2009.

**HAIR, Jr.; Joseph F.; et al. 2005.** *Análise Multivariada de Dados*. [trad.] Adonai S. Sant'Anna e Anselmo C. Neto. 5ª ed. Porto Alegre, RS : Artmed Editora S. A., 2005. 593p. ISBN 85-363-0482-0.

**HORSTMANN, Cay S.; CORNELL, Gary. 2001.** *Core Java 2 – Volume 1: Fundamentos*. São Paulo, SP : Makron Books, 2001. 654p. ISBN 85-346-1225-0.

**JONASSEN, David H. 2000.** *Computers as Mindtools for Schools*. Upper Saddle River, New Jersey, USA : Prentice Hall, 2000. 297p. ISBN 0-13-080709-5.

**JONASSEN, David H.; PECK, Kyle L.; WILSON, Brent G. 1999.** *Learning With Technology: A Constructivist Perspective*. Upper Saddle River, New Jersey, USA : Prentice Hall, 1999. 234p. ISBN 0-13-271891-X.

**KEMCZINSKI, Avaniilde, et al. 2004.** *Ambiente Web para facilitar o Processo de Ensino-Aprendizagem*. Santos, SP : Congress on Engineering and Technology Education – WCETE, 2004.

**LINACRE, John M. 2012.** *Winsteps Tutorial*. 2012. Disponível em: <http://www.winsteps.com/index.htm>. Acesso em: 10/01/2013.

**MAIA, Elizabeth Vieira. 2010.** *Desenvolvimento da Aprendizagem sobre Estruturas de Concreto Armado*. Belo Horizonte, MG : Tese - (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2010. 161f.

**MEAD, Ronald J. 2008.** *A Rasch Primer: The Measurement Theory of Georg Rasch*. s.l. : Data Recognition Corporation, 2008. Disponível em: [www.datarecognitioncorp.com/Pages/default.aspx](http://www.datarecognitioncorp.com/Pages/default.aspx). Acessado em: 12/01/2013.

**MENDES, Mauricio A.; FIALHO, Francisco A. P. 2004.** *Avaliação de Simuladores Aplicados na Educação Tecnológica a Distância*. Salvador, BA : XI Congresso Internacional de Educação a Distância, 2004.

**MUTHÉN, et al. 2007.** *MPlus - User Guide*. 5ª ed. Los Angeles, USA : Murthén & Murthén, 2007.

**NIELSEN, Jakob. 2000.** *Projetando websites*. Rio de Janeiro, RJ : Elsevier, 2000. 416p. ISBN 85-352-0656-6.

**O'BRIEN, James A. 2004.** *Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na Era da Informática*. São Paulo, SP : Saraiva, 2004. 436p. ISBN 85-02-03276-3.

**OLIVEIRA, Celina C.; COSTA, José W.; MOREIRA, Mércia. 2002.** *Ambientes Informatizados de Aprendizagem: Produção e Avaliação de Software Educativo*. Campinas, SP : Papyrus, 2002. 144p. ISBN 85-308-0634-4.

**PELIZZARI, Adriana, et al. 2002.** Teoria da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel. *PEC (Programa de Educação Corporativa)*. 2002, Vol. 2, pp. 37-42.

**PERRENOUD, Philippe. 1999.** *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens - entre duas lógicas*. Porto Alegre, RS : Artes Médicas, 1999. 183p. ISBN 85-7307-544-9.

**PEUGH, James, L. 2010.** A practical guide to multilevel modeling. *Journal of School Psychology*. 2010, pp. 85-112.

**PFLEEGER, Shari L. 2004.** *Engenharia de Software: teoria e prática*. 2ª ed. São Paulo, SP : Prentice Hall, 2004. 535p. ISBN 85-87918-31-1.

**PRESSMAN, Roger S. 2001.** *Software Engineering: a practitioner's approach*. 5ª ed. New York, USA : McGraw-Hill, 2001. ISBN 0-07-365578-3.

**ROCHA, Heloísa V.; BARANAUSKAS, Maria Cecília C. 2003.** *Design e Avaliação de Interfaces Humano-Computador*. Campinas, SP : NIED/UNICAMP, 2003. 244p. ISBN 85-88833-04-2.

**ROMISZOWSKI, Hermelina Pastor. 2011.** *Referenciais de Qualidade no Design Instrucional*. Manaus, AM : 17º Congresso Internacional de Educação a Distância, 2011.

**ROSENFELD, Louis; MORVILLE, Peter. 1998.** *Information Architecture for the World Wide Web*. Sebastopol, USA : O'Reilly & Associates, Inc, 1998. 202p. ISBN 1-56592-282-4.

**SALES, Rogério Pedrosa. 2010.** *Uma ferramenta 3D, via web, para dimensionamento de seções retangulares de concreto armado com esboço da armadura*. Belo Horizonte, MG : Tese - (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Estruturas, 2010.

**SHEPHERDSON, Emma. 2001.** *Teaching Concepts Utilizing Active Learning Computer Environments.* Massachusetts, USA, 2001. Ph. D. Dissertation of Philosophy in Civil Engineering - Massachusetts Institute of Technology.

**SHNEIDERMAN, Ben; PLAISANT, Catherine. 2005.** *Design the user interface: strategies for effective human-computer interaction.* 4<sup>a</sup> ed. New York, USA : Pearson Education, Inc., 2005. 652p. ISBN 0-321-19786-0.

**SILVA, Wellington; SOARES, Tufi Machado. 2010.** Eficácia dos Processos de Linkagem na Avaliação Educacional em Larga Escala. 2010, Vol. 21, pp. 191-211.

**SINGER, Judith D.; WILLET, John B. 2003.** *Applied longitudinal data analysis.* New York, NY : Oxford University Press, Inc, 2003.

**SIQUEIRA, Lilia M. M.; ALCÂNTARA, Paulo R. 2004.** *Aprendizagem Colaborativa: Inovando a Prática Pedagógica no Curso de Engenharia Elétrica.* Santos, SP : World Congress on Engineering and Technology Education – WCETE, 2004.

**SOLETIC, Angeles. 2002.** A Produção de Materiais Escritos nos Programas de Educação a Distância: Problemas e Desafios. [A. do livro] Edith LITWIN (org.). *Educação a Distância: Temas Para o Debate de Uma Nova Agenda Educativa.* São Paulo, SP : Edições Loyola, 2002, Cap. 5. p. 73-92. ISBN 85-15-01982-5.

**SOMMERVILLE, Ian. 2003.** *Engenharia de Software.* 6<sup>a</sup> ed. São Paulo, SP : Addison Wesley, 2003. 592p. ISBN 85-88639-07-6.

**SOUZA, Vera L. S.; ULBRICHT, Vânia R. 2004.** *Agentes Pedagógicos para Apoio ao Ensino nas Engenharias.* Santos, SP : World Congress on Engineering and Technology Education – WCETE, 2004.

**SWEDISH NATIONAL AGENCY FOR HIGHER EDUCATION. 2008.** *E-learning quality - Aspects and criteria for evaluation of e-learning in higher education.* Stockholm, SE : Swedish National Agency for Higher Education, 2008.

**TAKAHASHI, Tadao (org.). 2000.** *Sociedade da Informação no Brasil : Livro verde.* Brasília, DF : Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 195 p. ISBN 85-88063-01-8.



**VERSUTI, C. 2004.** *Avaliação Formativa e Qualidade em EAD*. Salvador, BA : 11º Congresso Internacional de Educação a Distância, 2004.

**WELLING, Luke; THOMSON, Laura. 2005.** *PHP e MySQL desenvolvimento Web*. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ : Elsevier, 2005. 712p. ISBN 85-352-1714-2.

**WRIGHT, Benjamin D.; LINACRE, John M. 1989.** *Observations are always ordinal; measurements, however, must be interval* : MESA Research Memorandum Number 44, 1989. Disponível em: <http://www.rasch.org/memo44.htm>. Acesso em: 23/03/2013.

**WRIGHT, Benjamin D.; MOK, Magdalena M. C. 2004.** *An overview of the family of Rasch Measurement Models*. s.l. : Journal of Applied Measurement, 2004. Disponível em: <http://www.jampress.org/irmch1.pdf>. Acesso em: 15/05/2013.

**WU, M.; ADAMS, R. 2007.** *Applying the Rasch Model to Psycho-social Measurement: A Practical Approach* : Educational Measurement Solutions, 2007.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

---

#### CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu li e discuti com o pesquisador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar e que eu posso interromper minha participação a qualquer momento. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito e guardados por 10 anos.

Eu entendi a informação apresentada nesse documento. Eu receberei uma cópia assinada e datada deste documento de consentimento informado. Declaro que nesta data tenho mais de dezoito anos.

Belo Horizonte, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_.

Nome por extenso: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
 ESCOLA DE ENGENHARIA  
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ESTRUTURAS

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo consultado sobre a sua participação, como voluntário, em uma pesquisa educacional. Então, pedimos a sua autorização para analisar suas respostas em um estudo que pretende explorar como os alunos de engenharia aprendem estruturas de concreto armado ao longo de seu curso e investigar o entendimento dos estudantes acerca dos conceitos básicos exigidos em situações típicas de projeto de estruturas. É uma pesquisa que aborda aspectos da formação de engenheiros, uma área ainda pouco estudada no país. Este estudo produzirá conhecimento educacional relevante para nós, para nossos futuros alunos e para outros professores e seus alunos. É, portanto, um conhecimento socialmente relevante. Solicitamos também que estes registros sejam guardados por 10 anos.

Se você concordar com o uso de suas respostas, podemos lhe garantir que: (i) nos nossos procedimentos de análise adotaremos procedimentos para preservar a sua identidade e resguardar a sua privacidade; (ii) ao divulgarmos os resultados do estudo adotaremos procedimentos que impeçam que você seja identificado.

Você não terá nenhum benefício direto pela sua participação, respondendo às questões que lhe serão propostas. Os benefícios serão difusos e indiretos, na medida em que o que aprendermos servirá para desenvolvermos o ensino das disciplinas de estruturas, e que poderá beneficiar você e nossos futuros alunos. Por outro lado, não identificamos qualquer risco potencial em sua participação no estudo.

Caso você dê seu consentimento inicial e posteriormente mude de opinião, você poderá retirar esse consentimento a qualquer momento que assim o desejar, sem que isso lhe traga qualquer sanção. Em caso de dúvida sobre a adequação dos procedimentos que estamos usando você pode procurar os professores pesquisadores responsáveis por este projeto (o endereço está abaixo).

Os conhecimentos resultantes deste estudo serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma tese de doutorado. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

**Título do projeto: *Análise da Contribuição de um Ambiente Web de Ensino-Aprendizagem no Desempenho dos Alunos das Disciplinas de Concreto Armado da EE-UFMG***

Pesquisadores responsáveis: *Prof. Dr. José Márcio Fonseca Calixto (Orientador)*  
*Profa. Elizabeth Vieira Maia (Co-Orientadora)*  
 Pesquisador co-responsável: *Gláucia Nolasco de Almeida Mello (Doutoranda)*  
 Instituição: *Depto de Engenharia de Estruturas Escola de Engenharia da UFMG*

Objetivo do estudo: Explorar como os alunos de engenharia aprendem estruturas ao longo de seu curso e investigar o entendimento dos estudantes acerca dos conceitos básicos exigidos em situações típicas de projeto de estruturas.

Assinatura do Pesquisador Responsável Prof. Dr. José Márcio Fonseca Calixto e-mail: <a href="mailto:calixto@dees.ufmg.br">calixto@dees.ufmg.br</a> Telefone: (31) 3409-1996 Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Depto de Engenharia de Estruturas Av. Antônio Carlos, 6627 Belo Horizonte – MG	Assinatura do Pesquisador Responsável Prof. Dr. Elizabeth Vieira Maia e-mail: <a href="mailto:bethmaia@dees.ufmg.br">bethmaia@dees.ufmg.br</a> Telefone: (31) 3409-1978 Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Depto de Engenharia de Estruturas Av. Antônio Carlos, 6627 Belo Horizonte – MG	Assinatura do Pesquisador Co-Responsável Prof. Dr. Gláucia Nolasco de Almeida Mello e-mail: <a href="mailto:gnamello@yahoo.com.br">gnamello@yahoo.com.br</a> Telefone: (31) 9221-0859 Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Depto de Engenharia de Estruturas Av. Antônio Carlos, 6627 Belo Horizonte – MG
---	---	---

## Anexo 2: Solução das Provas de Estruturas de Concreto II

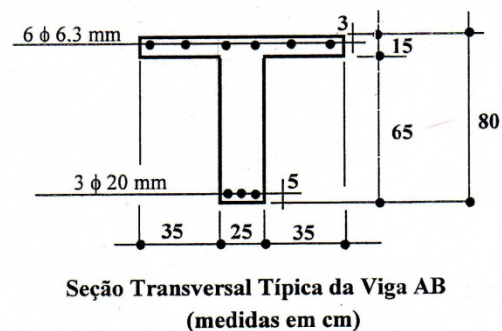
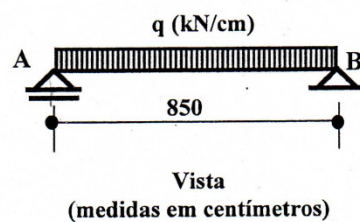
Concreto Armado II

Primeira Prova - 01/04/2009

Concreto  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

Aço CA 50

**Primeira Questão:** Verificar a flecha de longo prazo para a viga mostrada abaixo, sabendo-se que as cargas foram aplicadas logo após a retirada do escoramento. Atuam sobre a viga, além do peso próprio, a reação de uma laje no valor de  $35 \text{ kN/m}$ .  
(15 pontos)



- Carregamento na viga:

$$q = 7,625 \text{ (pp)} + 35 \text{ kN/m (laje)} = 42,63 \text{ kN/m}$$

- Momento de serviço:

$$M_{serv} = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{42,63 \cdot 8,5^2}{8} = 385,0 \text{ kN.m} = 38500 \text{ kN.cm}$$

- Momento de fissuração:

$$y_t = \frac{95 \cdot 15 \cdot (65 + 7,5) + 25 \cdot 65 \cdot 32,5}{(95 \cdot 15) + (25 \cdot 65)} = 51,19 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} I_c &= \sum \frac{b \cdot h^3}{12} + A_d^2 \\ &= \frac{95 \cdot 80^3}{12} + 95 \cdot 80 \cdot (51,19 - 40)^2 - \frac{70 \cdot 65^3}{12} - 70 \cdot 65 \cdot (51,19 - 32,5)^2 \\ &= 4053333 + 951643 - 1601979 - 1589388 = 1813609 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

$$M_r = \alpha \cdot \frac{f_{ct}}{y_t} \cdot I_c = \frac{1,2 \cdot 0,257 \cdot 1813609}{51,19} = 10926 \text{ kN.cm}$$

$$f_{ct} = f_{ct,m} \text{ (no limite de deformação excessiva)} = 0,3 \cdot (f_{ck})^{2/3}, f_{ck} \text{ em MPa}$$

$$f_{ct} = 0,3 \cdot 25^{2/3} = 2,564 \text{ MPa ou } 0,257 \text{ kN/cm}^2$$

$M_{serv} > M_r \therefore$  A viga vai fissurar em serviço.

- Inércia no estágio II:

$$E_s = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

$$E_{CS} = 0,85 \cdot 5600 \cdot (f_{ck})^{0,5}, f_{ck} \text{ em MPa}$$

$$= 0,85 \cdot 5600 \cdot (25)^{0,5} = 23800 \text{ MPa ou } 2380 \text{ kN/cm}^2$$

$$n = \frac{E_{CS}}{E_s} = 8,82$$

$$\frac{95 \cdot x^2}{2} + (8,82 - 1) \cdot (6 \cdot 0,315) \cdot (x - 3) = 8,82 \cdot (3 \cdot 3,15) \cdot (75 - x)$$

$$47,5x^2 + 98,129x - 6295,51 = 0 \quad x = 10,53 \text{ cm} < 15 \text{ cm ok!}$$

$$I_{II} = \frac{95 \cdot 10,53^3}{3} + (8,82 - 1) \cdot 1,89 \cdot (10,53 - 3)^2 + 8,82 \cdot 9,45 \cdot (75 - 10,53)^2$$

$$= 36973 + 838 + 346430 = 384.241 \text{ cm}^4$$

- Rigidez equivalente:

$$\begin{aligned} (EI)_{eq} &= E_{CS} \left\{ \left( \frac{M_r}{M_a} \right)^3 \cdot I_C + \left[ 1 - \left( \frac{M_r}{M_a} \right)^3 \right] \cdot I_{II} \right\} \leq E_{CS} \cdot I_C \\ &= 2380 \cdot \left\{ \left( \frac{10.926}{38.500} \right)^3 \cdot 1.813.609 + \left[ 1 - \left( \frac{10.926}{38.500} \right)^3 \right] \cdot 384.241 \right\} \\ &= 2.380 \cdot \{41.452 + 375.458\} = \\ &= 416.911 \text{ kN} \cdot \text{cm}^2 \end{aligned}$$

- Flecha imediata:

$$F_{t=0} = \frac{5}{384} \cdot \frac{p \cdot l^4}{(EI)_{eq}} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,4263 \cdot 850^4}{2.380 \cdot 416.911} = 2,92 \text{ cm}$$

- Flecha diferida:

$$F_{t=\infty} = (1 + \alpha_f) \cdot F_{t=0} = (1 + 1,39) \cdot 2,93 = 6,98 \text{ cm}$$

$$\alpha_f = \frac{\Delta \xi}{1 + 50 \cdot \rho'} = \frac{1,46}{1 + 50 \cdot 0,000945} = 1,39$$

$$\Delta \xi = \xi(t) - \xi(t_0) = 2 - 0,54 = 1,46$$

$$\rho' = \frac{A'_s}{b \cdot d} = \frac{1,89}{25 \cdot 80} = 0,000945$$

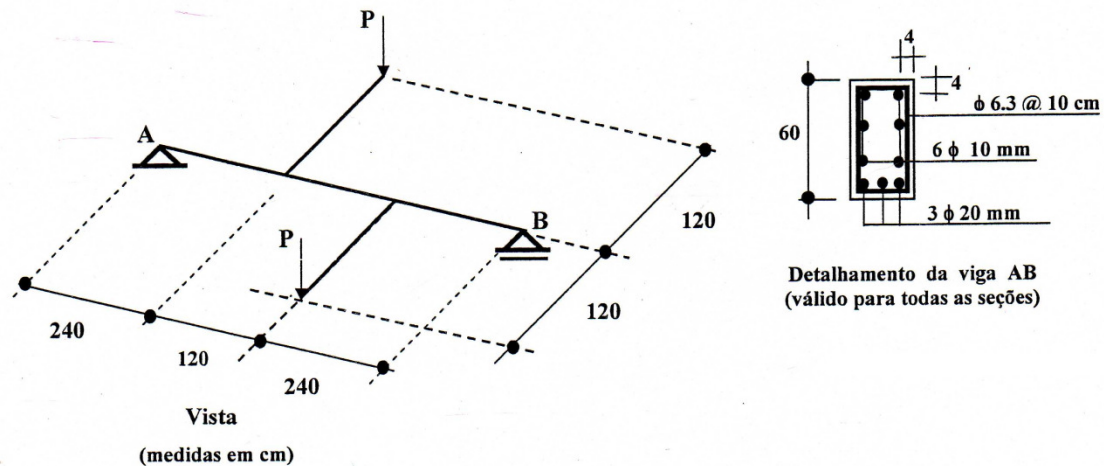
- Verificação da flecha:

$$\text{Flecha admissível:} \quad L/250 = 805/250 = 3,4 \text{ cm}$$

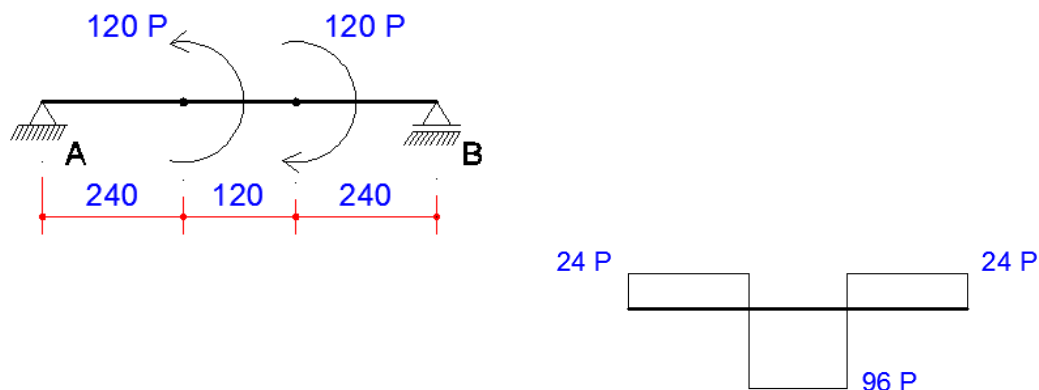
Contraflecha:  $L/350 = 805/350 = 2,43 \text{ cm}$

Conclusão: **Não passa!**

**Segunda Questão:** Considerando apenas os efeitos da torção, calcular a máxima carga  $P$ , que pode ser aplicada na viga AB (seção  $25 \times 60$ ) mostrada abaixo. Desprezar o peso próprio da estrutura. (16 pontos)



- Cargas de torção:



- Geometria da seção vazada fictícia a Considerar:

$$8 \text{ cm} \leq h_e \leq 8,82 \text{ cm} \therefore h_e = 8,0 \text{ cm}$$

$$A_e = (60 - 8) \times (25 - 8) = 884 \text{ cm}^2$$

$$u = (60 - 8) \times 2 + (25 - 8) \times 2 = 138 \text{ cm}$$

- Verificação da tensão nas diagonais de concreto:

$$\tau_{td2} = 0,4018 \text{ kN/cm}^2$$

$$\tau_{td} = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot A_e \cdot h_e} \leq \tau_{td2} \rightarrow \tau_{td} = \tau_{td2}$$

$$0,4018 = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot 884 \cdot 8,0} \quad \therefore T_{Sd} = 5.683 \text{ kN/cm}^2$$

$$T_{Sd} = 1,4 \cdot 96P \quad 5683 = 1,4 \cdot 96P \quad \therefore P = 42,28 \text{ kN}$$

- Verificação da Armadura Transversal:

$$\frac{A_{90}}{s} = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot A_e \cdot f_{ywd}} \quad s = \text{espaçamento entre estribos}$$

$$\frac{0,315}{10} = \frac{1,4 \cdot 96P}{2 \cdot 884 \cdot 43,5} \quad (0,315 \text{ cm}^2 \text{ em } 10 \text{ cm})$$

$$P = 18,03 \text{ kN}$$

- Verificação da Armadura Longitudinal:

$$\frac{A_{SL}}{u} = \frac{T_{Sd}}{2 \cdot A_e \cdot f_{ywd}} \quad u = \text{perímetro}$$

$$\frac{6,4}{138} = \frac{1,4 \cdot 96P}{2 \cdot 884 \cdot 43,5}$$

$$P = 26,54 \text{ kN}$$

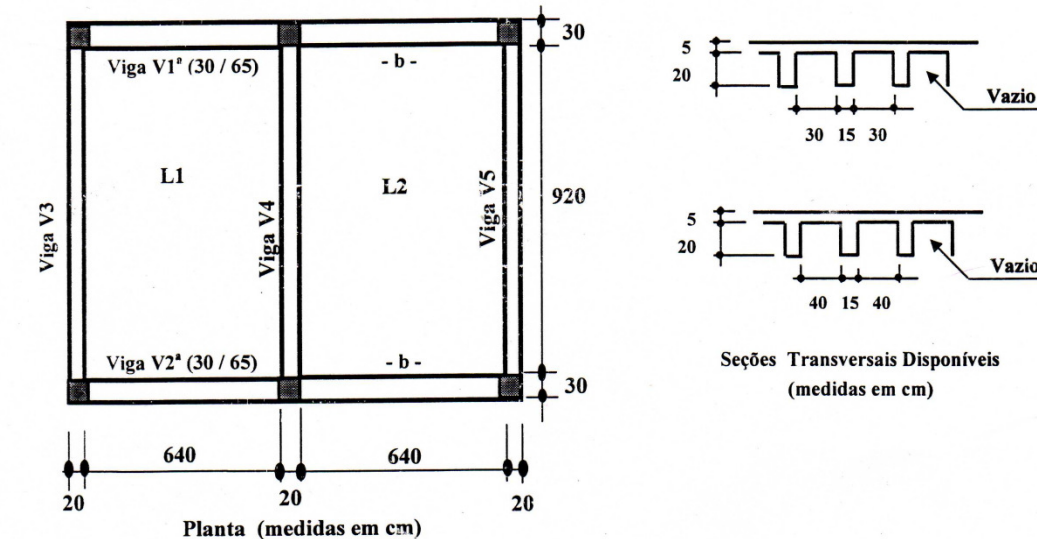
- Conclusão (Escolha):  $P = 18,03 \text{ kN}$



Concreto Armado II - Segunda Prova - 27 / 05 / 2009

Concreto  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$  - Aço CA 50

**Primeira Questão:** Dispondo as nervuras do modo mais conveniente, determinar a carga, por unidade de comprimento, que atua sobre a viga V2 mostrada na figura. Atuam sobre as lajes, além do peso próprio, uma sobrecarga de  $3 \text{ kN/m}^2$  e um revestimento de  $1 \text{ kN/m}^2$ .



- Estudo da unidade padrão:

$$vol = 0,55 \cdot 0,45 \cdot 0,25 = 0,061875 \text{ m}^3$$

$$vol_{vazio} = 0,30 \cdot 0,40 \cdot 0,20 = 0,024 \text{ m}^3$$

$$vol_{concreto} = \mathbf{0,037875 \text{ m}^3}$$

$$peso_{unidade} = 0,037875 \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{0,9469 \text{ kN}}$$

- Carga da laje:

$$Peso \text{ pr\u00f3prio} = \frac{0,9469}{0,45 \cdot 0,55} = 3,83 \text{ kN/m}^2$$

$$sobrecarga = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

$$revestimento = 1,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\mathbf{Carga_{total} = 3,83 + 3,0 + 1,0 = 7,83 \text{ kN/m}^2}$$

- Disposição das nervuras:

Vão de 6,6m  $\rightarrow$  nervuras espaçadas a cada 45cm de centro a centro

- Cálculo do quinhão de carga:

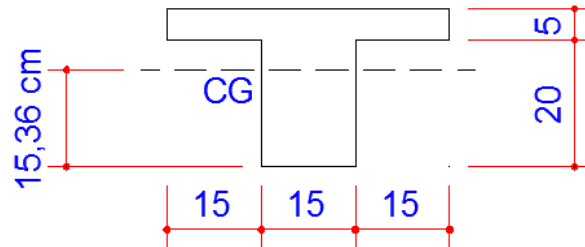
$\rightarrow$  Inércia na Direção A (Vão = 660cm)

$$C_a = 2,1/384$$



$$Y_{CG} = \frac{45 \cdot 5 \cdot 22,5 + 15 \cdot 20 \cdot 10}{45 \cdot 5 + 15 \cdot 20} = \mathbf{15,36cm}$$

*Geometria*



*Momento de Inércia*

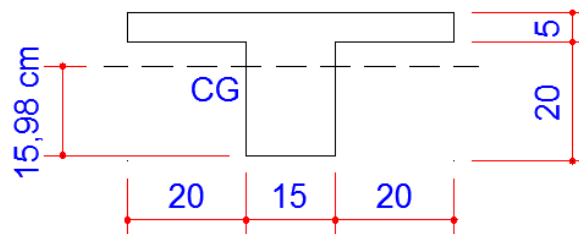
$$\begin{aligned} \bar{J}_a &= \sum \frac{b \cdot h^3}{12} + A_d^2 \\ &= \frac{45 \cdot 25^3}{12} + 45 \cdot 25 \cdot (15,36 - 12,5)^2 - \frac{30 \cdot 20^3}{12} \\ &\quad - 30 \cdot 20 \cdot (15,36 - 10)^2 \\ &= 58.594 + 9.202 - 20.000 - 17.238 = 30.558cm^4 \\ J_a &= \frac{30.558}{0,45} = \mathbf{67.907cm^4/m} \end{aligned}$$

→ *Inércia na Direção B (Vão = 950cm)*

$$C_b = 5/384$$

$$Y_{CG} = \frac{55 \cdot 5 \cdot 22,5 + 15 \cdot 20 \cdot 10}{55 \cdot 5 + 15 \cdot 20} = \mathbf{15,98cm}$$

*Geometria*



*Momento de Inércia*

$$\begin{aligned} \bar{J}_b &= \sum \frac{b \cdot h^3}{12} + A_d^2 \\ &= \frac{55 \cdot 25^3}{12} + 55 \cdot 25 \cdot (15,98 - 12,5)^2 - \frac{30 \cdot 20^3}{12} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - 30 \cdot 20 \cdot (15,98 - 10)^2 \\
 & = 71615 + 16652 - 26667 - 28608 = 32992 \text{ cm}^4 \\
 J_b & = \frac{32.992}{0,55} = 59.985 \text{ cm}^4/\text{m}
 \end{aligned}$$

$$n = C_b/C_a = 5/2,1 = 2,38$$

$$K = J_a/J_b \cdot (b/a)^4 = \left(\frac{67.907}{59.585}\right) \cdot \left(\frac{950}{660}\right)^4 = 4,86$$

$$q_b = \frac{q}{1 + n \cdot k} = 0,0796 \cdot 7,83 = 0,623 \text{ kN/m}^2$$

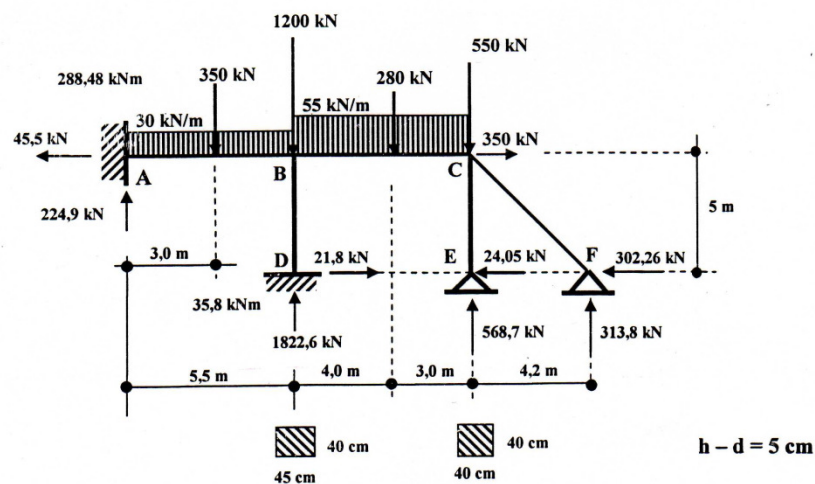
- Carga sobre a viga V2:

$$pp = 0,3 \cdot 0,65 \cdot 25 = 4,88 \text{ kN/m}$$

$$\text{reação da laje} = 0,623 \cdot \frac{9,5}{2} = 2,96 \text{ kN/m}$$

$$q_{total} = pp + \text{reação da laje} = 4,88 + 2,96 \cong 7,84 \text{ kN}$$

**Segunda Questão:** Dimensionar e detalhar, somente para as solicitações normais, a seção mais solicitada da (valor: 15 pontos) barra BC do pórtico mostrado. Esta barra tem seção transversal constante de 25 x 75 cm.



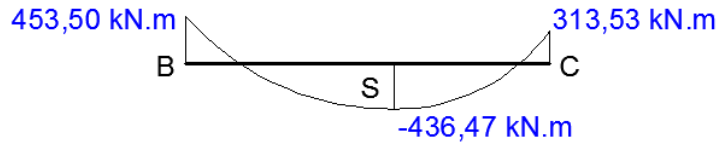
- Esforços solicitantes na barra BC:

$$N = 350 - 24,05 - 302,26 = 23,7 \text{ kN (tração)}$$

$$M_C = 302,26 \cdot 5 - 313,8 \cdot 4,2 + 24,05 \cdot 5 = 313,59 \text{ kN.m}$$

$$\begin{aligned}
 M_S & = 302,26 \cdot 5 - 313,8 \cdot 7,2 - 568,7 \cdot 3 + 24,05 \cdot 5 + 550 \cdot 3 + 55 \cdot 3 \cdot 1,5 \\
 & = 436,47 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_B & = 55 \cdot 7 \cdot 3,5 + 280 \cdot 4 + 550 \cdot 7 + 302,26 \cdot 5 - 313,8 \cdot 11,2 - 568,7 \cdot 7 + \\
 & 24,05 \cdot 5 = -453,59 \text{ kN.m}
 \end{aligned}$$



- Cálculo da armadura:

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 70 \text{ cm}$$

$$f_c = 0,85 \cdot f_{cd} = 1,52 \text{ kN/cm}^2$$

$$k = \frac{-1,4 \cdot 23,7 \cdot (70 - 37,5) + 1,4 \cdot 453,5 \cdot 100}{1,52 \cdot 25 \cdot 70^2} = 0,335$$

$$k = 0,335 > 0,32 \therefore k' = 0,32$$

$$A_{s2} = \frac{f_c \cdot c \cdot d}{f_{yd}} \cdot \frac{k - k'}{\left(1 - \frac{d'}{d}\right)} = \frac{1,52 \cdot 25 \cdot 70}{43,5} \cdot \frac{0,335 - 0,32}{\left(1 - \frac{5}{70}\right)} = 0,86 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = \frac{f_c \cdot c \cdot d \cdot (1 - \sqrt{1 - 2k'}) - N_d}{f_{yd}} =$$

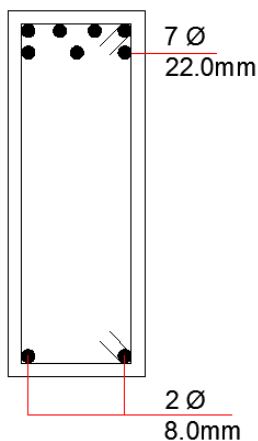
$$= \frac{1,52 \cdot 25 \cdot 70 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,32}) + 1,4 \cdot 23,7}{43,5}$$

$$A_{s1} = 25,23 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 25,23 + 0,86 = 26,09 \text{ cm}^2 \quad A_s = 26,09 \text{ cm}^2 \rightarrow 7\emptyset 22.0 \text{ mm}$$

$$A'_s = 0,86 \text{ cm}^2 \rightarrow 2\emptyset 8.0 \text{ mm}$$

- Detalhamento:

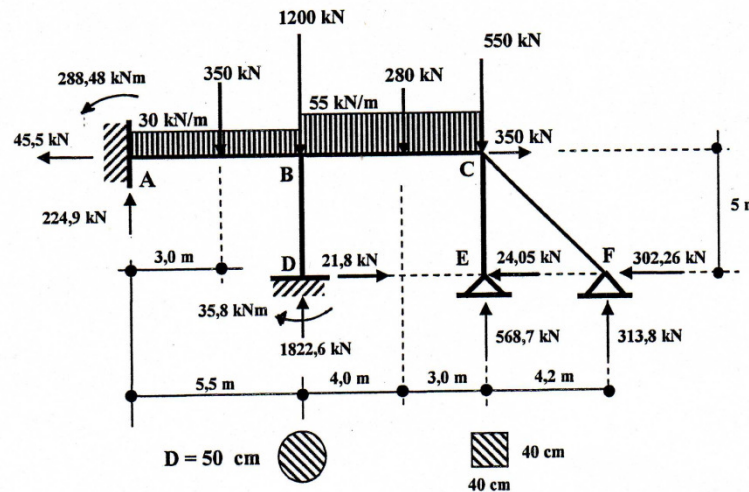


## Concreto Armado II

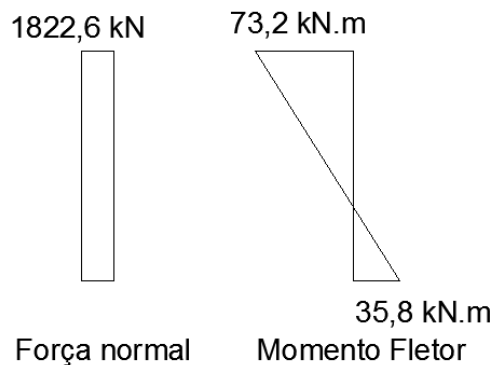
Terceira Prova - 06 /07/2009

Concreto  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$  - Aço CA 50

**Primeira Questão:** Determinar as excentricidades, indicando-as em croquis, para dimensionamento do pilar BD (valor: 16 pontos) do pórtico abaixo. No plano perpendicular ao plano da figura, o pilar está contraventado nos pontos B e D.



- Esforços solicitantes no pilar BD:



- Estudo das excentricidades:

→ Plano do pórtico

Seção de extremidade – Nó B

$$N_d = 1,4 \cdot 1.822,6 = 2.552,0 \text{ kN}$$

$$M_d = 1,4 \cdot 7.320,0 = 10.248,0 \text{ kN.cm}$$

$$e_1 = 4,01 \text{ cm}$$

$$M_{min} = 1,4 \cdot 1.822,6 \cdot (1,5 + 0,03 \cdot 50) = 7.655 \text{ kN.cm}$$

Seção intermediária

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = \frac{0,7 \cdot 500}{12,5} = 28 < 35 \therefore e_2 = 0 \quad \lambda < \lambda_1$$

$$e^* = 0,6 \cdot 4,01 - 0,4 \cdot 1,96 = 1,62 > 0,4 \cdot 4,01 = 1,62$$

$$e^* = 1,62 \text{ cm}$$

$$e_{imp} = \frac{1}{223,6} \cdot 250 = 1,12$$

$$e^* + e_{imp} = 1,12 + 1,62 < (1,5 + 0,03 \cdot 50) = 3$$

$$M_d = M_{min} = 7.655,0 \text{ kN.cm}$$

→ Plano perpendicular ao pórtico

$$N_d = 2.552,0 \text{ kN}$$

$$M_d = 2.552,0 \cdot (1,5 + 0,03 \cdot 50) + 2.552,0 \cdot e_2$$

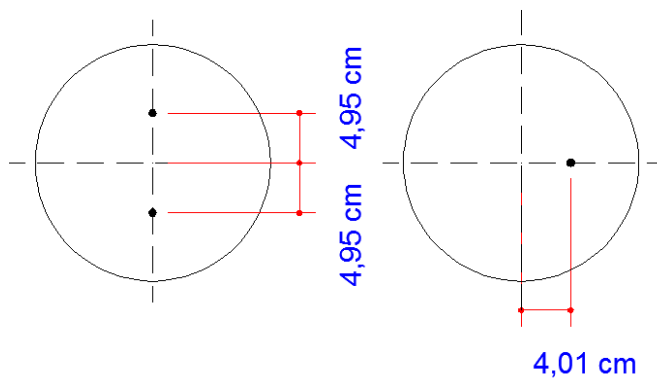
$$\lambda = \frac{L_e}{i} = \frac{500}{12,5} = 40 > 35 \therefore e_2 \neq 0$$

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1,4 \cdot 2.552,0}{1.963,5 \cdot 2,5} = \mathbf{0,728}$$

$$e_2 = \frac{500^2}{10} \cdot \frac{0,005}{50 \cdot (0,728 + 0,5)} = \mathbf{1,95 \text{ cm}}$$

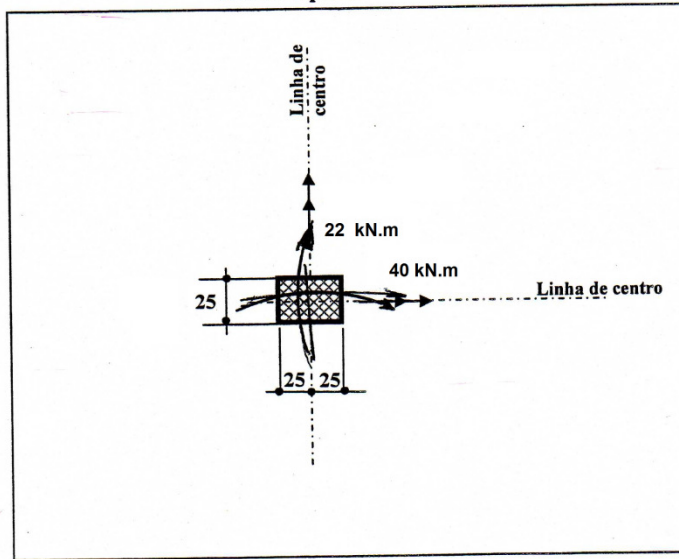
$$e_{total} = 3 + 1,95 \text{ cm} = \mathbf{4,95 \text{ cm}}$$

- Croquis:



**Segunda Questão:** A laje lisa, mostrada na figura, não contém armadura de punção. Determinar qual o máximo valor da carga vertical de serviço que a laje pode descarregar sobre o pilar para que com os momentos fletores de serviço indicados não ocorra ruptura da mesma em torno do pilar.

(15 pontos)



Dados: Espessura da laje  $h = 25 \text{ cm}$   
 Altura útil média da laje  $d = 21 \text{ cm}$   
 $\rho_x = \rho_y = 0,015$

**Planta** – (medidas em cm)

- Contorno C - perímetro da área carregada

→ Tensão Resistente

$$\tau_{Rd_2} = 0,27 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot \frac{f_{ck}}{1,4} = 0,434 \text{ kN/cm}^2$$

→ Geometria

$$d = 21 \text{ cm}$$

$$u = 2 \cdot (25 + 50) = 150 \text{ cm}$$

$$\omega_{p1} = \frac{25^2}{2} + (25 \cdot 50) = 1562,5 \text{ cm}^2$$

$$\omega_{p2} = \frac{50^2}{2} + (25 \cdot 50) = 2500 \text{ cm}^2$$

$$c_1/c_2 = 0,5 \rightarrow k_1 = 0,45$$

$$c_2/c_1 = 2,0 \rightarrow k_1 = 0,70$$

→ Tensão atuante

$$\tau_{sd} = \frac{F_{sd}}{u \cdot d} + k_1 \cdot \frac{M_{sd1}}{\omega_{p1} \cdot d} + k_2 \cdot \frac{M_{sd2}}{\omega_{p2} \cdot d}$$

$$0,434 = \frac{F_{sd}}{150 \cdot 21} + 0,45 \cdot \frac{1,4 \cdot 2200}{1562,5 \cdot 21} + 0,70 \cdot \frac{1,4 \cdot 4000}{2500 \cdot 21}$$

$$F_{sd} \cong 1000 \text{ kN} \therefore F = 713 \text{ kN}$$

- Contorno C' - perímetro que dista 2d da área carregada

→ *Tensão Resistente*

$$\tau_{Rd_1} = 0,13 \cdot \left( 1 + \sqrt{\frac{20}{21}} \right) \cdot (100 \cdot 0,015 \cdot f_{ck})^{1/3} = \mathbf{0,86 \text{ MPa}}$$

→ *Geometria*

$$u = 150 + (4\pi \cdot 21) = \mathbf{413,9 \text{ cm}}$$

$$\omega_{p1} = 1562,5 + 4 \cdot 50 \cdot 21 + 16 \cdot 21^2 + 42 \cdot 25\pi = \mathbf{16117 \text{ cm}^2}$$

$$\omega_{p2} = 2500 + 4 \cdot 25 \cdot 21 + 16 \cdot 21^2 + 42 \cdot 50\pi = \mathbf{18253 \text{ cm}^2}$$

→ *Tensão atuante*

$$0,086 \text{ (0,091)} = \frac{F_{sd}}{413,9 \cdot 21} + 0,45 \cdot \frac{1,4 \cdot 2200}{16117 \cdot 21} + 0,70 \cdot \frac{1,4 \cdot 4000}{18253 \cdot 21}$$

$$F_{sd} \cong \mathbf{623 \text{ kN}} \quad \therefore \mathbf{F = 445 \text{ kN}}$$

- Conclusão (Escolha):  $\mathbf{F = 445 \text{ kN}}$

### Anexo 3: Itens Identificados na Solução Padrão para as Questões das Três Provas de Concreto Armado II

**Tab. 8.1: Indicadores de competência para a 1ª questão da 1ª prova.**

Escore	Identificador	Descrição
24	QI 1.1	Cálculo do carregamento na viga ( $q$ ).
	QI 2.1	Cálculo do momento de serviço.
	QI 3.1	Cálculo da distância do centro de gravidade da seção à fibra mais tracionada ( $y_t$ ).
	QI 3.2	(expressão) Cálculo do momento de inércia da seção bruta de concreto ( $I_c$ ).
	QI 3.3	(valor) Momento de inércia ( $I_c$ ).
	QI 3.4	Determinação da resistência à tração direta no concreto ( $f_{ct}$ ) - unidades.
	QI 3.5	Cálculo do momento de fissuração no elemento estrutural (MR).
	QI 3.6	Análise do momento e conclusão.
	QI 4.1	Determinação do módulo de elasticidade do aço ( $E_s$ ) e do módulo de elasticidade secante do concreto ( $E_{cs}$ ).
	QI 4.2	Cálculo de $n = (E_{cs})/(E_s)$ .
	QI 4.3	Cálculo do centro de gravidade (CG) (linha neutra) da seção fissurada (equação).
	QI 4.4	(valor) Centro de gravidade.
	QI 4.5	(expressão) do momento de inércia no estágio II ( $I_{II}$ ).
	QI 4.6	(valor) Momento de inércia no estágio II ( $I_{II}$ ).
	QI 5.1	Montagem da expressão para rigidez equivalente.
	QI 5.2	Cálculo do valor.
	QI 6.1	Cálculo da flecha imediata ( $f_t$ ).
	QI 7.1	Cálculo de ( $\Delta\xi$ ). ( $\xi$ = coeficiente).
	QI 7.2	Cálculo de ( $\rho'$ ).
	QI 7.3	Cálculo do fator ( $\alpha_f$ ).
	QI 7.4	Cálculo da flecha total diferida.
	QI 8.1	Flecha admissível.
	QI 8.2	Contraflecha.
	QI 8.3	Análise do itens anteriores e conclusão.



**Tab. 8.2: Indicadores de competência para a 2ª questão da 1ª prova.**

<b>Escore</b>	<b>Identificador</b>	<b>Descrição</b>
14	QII 1.1	Cargas de torção: transferência das cargas para a barra a ser analisada (AB).
	QII 1.2	Determinação do carregamento equivalente.
	QII 1.3	Cálculo das reações nos apoios.
	QII 1.4	Diagrama: forma e valores.
	QII 2.1	Determinação da espessura da parede fictícia ( $h_e$ ).
	QII 2.2	Cálculo da área limitada pela linha média da parede da seção vazada fictícia ( $A_e$ ) e do perímetro ( $u$ ) da seção a considerar.
	QII 3.1	Tensão de cisalhamento ( $t_{td2}$ ) ( $t_{td2}$ na tabela)
	QII 3.2	Cálculo de $T_{sd}$ .
	QII 3.3	Cálculo de $P$ utilizando-se a expressão de $T_{sd}$ .
	QII 4.1	Equação, substituição, unidades.
	QII 4.2	Valor.
	QII 5.1	Equação, substituição.
	QII 5.2	Valor.
	QII 6.1	Escolha do valor de $P$ .

**Tab. 8.3: Indicadores de competência para a 1ª questão da 2ª prova.**

<b>Escore</b>	<b>Identificador</b>	<b>Descrição</b>
18	QI 1.1	Volume de concreto.
	QI 1.2	Peso da unidade.
	QI 2.1	Cálculo da carga total na laje.
	QI 3.1	Determinação da distância entre as nervuras de centro a centro.
	QI 4.1	Determinação de $C$ (fator que depende das condições de apoio da viga).
	QI 4.2	Cálculo de $Y_{CG}$ .
	QI 4.3	Apresentação da geometria.
	QI 4.4	Cálculo da inércia na direção A.
	QI 5.1	Determinação de $C$ (fator que depende das condições de apoio da viga).
	QI 5.2	Cálculo de $Y_{CG}$ .
	QI 5.3	Apresentação da geometria.
	QI 5.4	Cálculo da inércia na direção B.
	QI 6.1	Cálculo do valor de $n$ .
	QI 6.2	Cálculo do valor de $k$ .
	QI 6.3	Cálculo da carga.
	QI 7.1	Cálculo do peso próprio.
	QI 7.2	Cálculo da reação da laje.
	QI 7.3	Valor total.

**Tab. 8.4: Indicadores de competência para a 2ª questão da 2ª prova.**

<b>Escore</b>	<b>Identificador</b>	<b>Descrição</b>
13	QII 1.1	Cálculo da flecha normal na barra BC.
	QII 1.2	Cálculo do momento extremidade C.
	QII 1.3	Cálculo do momento extremidade B.
	QII 1.4	Cálculo do momento sob a carga de 280 kN.
	QII 2.1	Determinação da largura e da altura útil.
	QII 2.2	Cálculo de $k$ (expressão / substituição / unidades).
	QII 2.3	Análise do valor final de $k$ .
	QII 2.4	$A_{s2}$ (expressão e valor final).
	QII 2.5	$A_{s1}$ (expressão valor final).
	QII 2.6	$A_s$ (cálculo).
	QII 2.7	$A_s$ (diâmetro).
	QII 2.8	$A_s$ (cálculo e diâmetro).
	QII 2.9	Esboço do detalhamento da armadura.

**Tab. 8.5: Indicadores de competência para a 1ª questão da 3ª prova.**

<b>Escore</b>	<b>Identificador</b>	<b>Descrição</b>
18	QI 1.1	Diagrama de força normal na barra BD.
	QI 1.2	Diagrama de momento fletor na barra BD.
	QI 2.1	Seção de extremidade - Cálculo de $N_d$ .
	QI 2.2	Seção de extremidade - Cálculo de $M_d$ .
	QI 2.3	Seção de extremidade - Cálculo de $e_1$ .
	QI 2.4	Seção de extremidade - Cálculo de $M_{dmín}$ .
	QI 2.5	Seção de intermediária - Análise do valor de $\lambda$ , determinação do valor de $e_2$ .
	QI 2.6	Seção de intermediária - Cálculo de $e^*$ .
	QI 2.7	Seção de intermediária - Cálculo de $e_{imp}$ .
	QI 2.8	Seção de intermediária - Cálculo de $e^* + e_{imp}$ .
	QI 2.9	Seção de intermediária - Cálculo de $M_d$ .
	QI 3.1	Cálculo de $N_d$ e $M_d$ .
	QI 3.2	Cálculo do valor de $\lambda$ , determinação do valor de $e_2$ .
	QI 3.3	Cálculo de $v$ .
	QI 3.4	Cálculo de $e_2$ .
	QI 3.5	Cálculo de $e_{total}$ .
	QI 4.1	Cálculo da excentricidade em relação a y.
	QI 4.2	Cálculo da excentricidade em relação a x.

**Tab. 8.6: Indicadores de competência para a 2ª questão da 3ª prova.**

Escore	Identificador	Descrição
16	QII 1.1	Cálculo da tensão resistente no contorno C (perímetro da área carregada).
	QII 1.2	Determinação de $d$ (perímetro do contorno crítico).
	QII 1.3	Cálculo de $u$ (perímetro do contorno crítico).
	QII 1.4	Cálculo de $w_{p1}$ (módulo de resistência plástica na direção 1).
	QII 1.5	Cálculo de $w_{p2}$ (módulo de resistência plástica na direção 2).
	QII 1.6	Cálculo da relação $C_1/C_2$ ( $C_1$ é a dimensão do pilar paralela à excentricidade da força e $C_2$ é a dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força). Determinação do valor de $k_1$ .
	QII 1.7	Cálculo da relação $C_2/C_1$ ( $C_1$ é a dimensão do pilar paralela à excentricidade da força e $C_2$ é a dimensão do pilar perpendicular à excentricidade da força). Determinação do valor de $k_2$ .
	QII 1.8	Cálculo de $F_{sd}$ .
	QII 1.9	Cálculo de $F$ .
	QII 2.1	Cálculo da tensão resistente no contorno C' (unidades e valor).
	QII 2.2	Cálculo de $u$ (perímetro do contorno crítico).
	QII 2.3	Cálculo de $w_{p1}$ (módulo de resistência plástica na direção 1).
	QII 2.4	Cálculo de $w_{p2}$ (módulo de resistência plástica na direção 2).
	QII 2.5	Cálculo de $F_{sd}$ .
	QII 2.6	Cálculo de $F$ .
	QII 3.1	Escolha da $F$ adequada.

## Anexo 4: Modelos Ajustados SPSS - Grupo de Controle

### MODELO A

```
MIXED medCONC WITH tempo
/FIXED=tempo | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasio0 | SUBJECT(nome) COVTYPE(ARH1).
```

### Mixed Model Analysis

Model Dimension<sup>a</sup>

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1	Heterogeneous First-Order Autoregressive	1
	tempo	1		1
Repeated Effects	ocasio0	3		4
Total		5		6

a. Dependent Variable: medCONC.

Model Dimension<sup>a</sup>

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept	nome	74
	tempo		
Repeated Effects	ocasio0		
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

Information Criteria<sup>a</sup>

-2 Log Likelihood	745,654
Akaike's Information Criterion (AIC)	757,654
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	758,045
Bozdogan's Criterion (CAIC)	784,070
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	778,070

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.

## Fixed Effects

**Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	103,129	134,358	,000
tempo	1	125,473	26,822	,000

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-2,007955	,173229	103,129	-11,591	,000
tempo	-1,366192	,263793	125,473	-5,179	,000

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-2,351509	-1,664400
tempo	-1,888252	-,844132

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

**Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>**

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,881290	,158541	5,559	,000
	Var: [ocasiao0=1,000]	3,816327	,721436	5,290	,000
	Var: [ocasiao0=2,000]	1,548022	,296977	5,213	,000
	ARH1 rho	-,206456	,102238	-2,019	,043

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>**

Parameter	95% Confidence Interval		
	Lower Bound	Upper Bound	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,619427	1,253856
	Var: [ocasiao0=1,000]	2,634723	5,527849
	Var: [ocasiao0=2,000]	1,062870	2,254623
	ARH1 rho	-,395894	-,000163

a. Dependent Variable: medCONC.

**MODELO B**

```

MIXED medCONC WITH tempo notaTPN
/FIXED=tempo notaTPN | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasiao0 | SUBJECT(nome) COVTYPE(ARH1).

```

**Mixed Model Analysis****Model Dimension<sup>a</sup>**

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1	Heterogeneous First-Order Autoregressive	1
	tempo	1		1
	notaTPN	1		1
Repeated Effects	ocasiao0	3		4
Total		6		7

a. Dependent Variable: medCONC.

**Model Dimension<sup>a</sup>**

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept	nome	74
	tempo		
	notaTPN		
Repeated Effects	ocasiao0		
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

**Information Criteria<sup>a</sup>**

-2 Log Likelihood	<b>732,835</b>
Akaike's Information Criterion (AIC)	746,835
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	747,358
Bozdogan's Criterion (CAIC)	777,654
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	770,654

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.



## Fixed Effects

Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	122,786	147,572	,000
tempo	1	127,201	27,780	,000
notaTPN	1	110,461	13,983	,000

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-2,504836	,206194	122,786	-12,148	,000
tempo	-1,350637	,256254	127,201	-5,271	,000
notaTPN	,585757	,156645	110,461	3,739	,000

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-2,912992	-2,096679
tempo	-1,857709	-,843565
notaTPN	,275337	,896177

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,904584	,167020	5,416	,000
	Var: [ocasiao0=1,000]	3,552239	,667141	5,325	,000
	Var: [ocasiao0=2,000]	1,478858	,288173	5,132	,000
	ARH1 rho	-,284674	,095819	-2,971	,003

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval		
	Lower Bound	Upper Bound	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,629920	1,299009
	Var: [ocasiao0=1,000]	2,458324	5,132928
	Var: [ocasiao0=2,000]	1,009392	2,166672
	ARH1 rho	-,459852	-,088167

a. Dependent Variable: medCONC.

**MODELO C**

```
MIXED medCONC WITH tempo notaTPN MecanicaNLogit
/FIXED=tempo notaTPN MecanicaNLogit | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasiao0 | SUBJECT(nome) COVTYPE(ARH1).
```

**Mixed Model Analysis****Model Dimension<sup>a</sup>**

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1		1
	tempo	1		1
	notaTPN	1		1
	MecanicaNLogit	1		1
Repeated Effects	ocasiao0	3	Heterogeneous First-Order Autoregressive	4
Total		7		8

a. Dependent Variable: medCONC.

**Model Dimension<sup>a</sup>**

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept		
	tempo		
	notaTPN		
	MecanicaNLogit		
Repeated Effects	ocasiao0	nome	74
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

**Information Criteria<sup>a</sup>**

-2 Log Likelihood	<b>723,729</b>
Akaike's Information Criterion (AIC)	739,729
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	740,405
Bozdogan's Criterion (CAIC)	774,950
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	766,950

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.

## Fixed Effects

**Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	124,010	163,801	,000
tempo	1	127,580	33,258	,000
notaTPN	1	111,657	10,765	,001
MecanicaNLogit	1	153,612	9,736	,002

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-2,696117	,210659	124,010	-12,798	,000
tempo	-1,437041	,249184	127,580	-5,767	,000
notaTPN	,500023	,152399	111,657	3,281	,001
MecanicaNLogit	,478364	,153307	153,612	3,120	,002

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-3,113070	-2,279164
tempo	-1,930109	-,943973
notaTPN	,198054	,801992
MecanicaNLogit	,175502	,781226

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter		Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,803273	,147718	5,438	,000
	Var: [ocasiao0=1,000]	3,600279	,670839	5,367	,000
	Var: [ocasiao0=2,000]	1,487174	,293808	5,062	,000
	ARH1 rho	-,302805	,094856	-3,192	,001

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter		95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,560186	1,151847
	Var: [ocasiao0=1,000]	2,498803	5,187287
	Var: [ocasiao0=2,000]	1,009712	2,190415
	ARH1 rho	-,475603	-,107507

a. Dependent Variable: medCONC.

## Anexo 5: Modelos Ajustados SPSS - Grupo Experimental

### MODELO A

```
MIXED medCONC WITH tempo
/FIXED=tempo | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasiao0 | SUBJECT(nome) COVTYPE(ARH1).
```

### Mixed Model Analysis

Model Dimension<sup>a</sup>

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1	Heterogeneous First-Order Autoregressive	1
	tempo	1		1
Repeated Effects	ocasiao0	3		4
Total		5		6

a. Dependent Variable: medCONC.

Model Dimension<sup>a</sup>

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept	nome	71
	tempo		
Repeated Effects	ocasiao0		
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

Information Criteria<sup>a</sup>

-2 Log Likelihood	654,624
Akaike's Information Criterion (AIC)	666,624
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	667,031
Bozdogan's Criterion (CAIC)	692,791
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	686,791

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.

## Fixed Effects

Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	83,088	290,229	,000
tempo	1	115,759	29,259	,000

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-3,368348	,197718	83,088	-17,036	,000
tempo	1,230090	,227408	115,759	5,409	,000

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-3,761595	-2,975100
tempo	,779671	1,680510

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	1,293649	,233883	5,531	,000
	Var: [ocasiao0=1,000]	3,945722	,715010	5,518	,000
	Var: [ocasiao0=2,000]	,399360	,068231	5,853	,000
	ARH1 rho	-,053757	,107066	-,502	,616

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval		
	Lower Bound	Upper Bound	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,907663	1,843775
	Var: [ocasiao0=1,000]	2,766170	5,628258
	Var: [ocasiao0=2,000]	,285717	,558205
	ARH1 rho	-,258278	,155375

a. Dependent Variable: medCONC.

**MODELO B**

```

MIXED medCONC WITH tempo MecanicaNLogit
/FIXED=tempo MecanicaNLogit | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasiao0 | SUBJECT(nome) COVTYPE (ARH1).

```

**Mixed Model Analysis****Model Dimension<sup>a</sup>**

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1	Heterogeneous First-Order Autoregressive	1
	tempo	1		1
	MecanicaNLogit	1		1
Repeated Effects	ocasiao0	3		4
Total		6		7

a. Dependent Variable: medCONC.

**Model Dimension<sup>a</sup>**

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept	nome	71
	tempo		
	MecanicaNLogit		
Repeated Effects	ocasiao0		
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

**Information Criteria<sup>a</sup>**

-2 Log Likelihood	<b>643,005</b>
Akaike's Information Criterion (AIC)	657,005
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	657,551
Bozdogan's Criterion (CAIC)	687,534
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	680,534

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.

## Fixed Effects

Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	96,522	322,034	,000
tempo	1	116,853	28,832	,000
MecanicaNLogit	1	127,423	12,063	,001

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-3,587734	,199926	96,522	-17,945	,000
tempo	1,175606	,218939	116,853	5,370	,000
MecanicaNLogit	,434470	,125095	127,423	3,473	,001

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-3,984557	-3,190911
tempo	,742003	1,609209
MecanicaNLogit	,186937	,682004

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	1,179330	,214625	5,495	,000
	Var: [ocasiao0=1,000]	3,826186	,691475	5,533	,000
	Var: [ocasiao0=2,000]	,385063	,066510	5,790	,000
	ARH1 rho	-,069535	,106999	-,650	,516

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval		
	Lower Bound	Upper Bound	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=,000]	,825517	1,684785
	Var: [ocasiao0=1,000]	2,684945	5,452513
	Var: [ocasiao0=2,000]	,274478	,540203
	ARH1 rho	-,273257	,140158

a. Dependent Variable: medCONC.



**MODELO C**

```
MIXED medCONC WITH tempo MecanicaNLogit trabalhouESTRUT
/FIXED=tempo MecanicaNLogit trabalhouESTRUT | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasio0 | SUBJECT(nome) COVTYPE(ARH1).
```

**Mixed Model Analysis****Model Dimension<sup>a</sup>**

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1		1
	tempo	1		1
	MecanicaNLogit	1		1
	trabalhouESTRUT	1		1
Repeated Effects	ocasio0	3	Heterogeneous First-Order Autoregressive	4
Total		7		8

a. Dependent Variable: medCONC.

**Model Dimension<sup>a</sup>**

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept		
	tempo		
	MecanicaNLogit		
	trabalhouESTRUT		
Repeated Effects	ocasio0	nome	69
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

**Information Criteria<sup>a</sup>**

-2 Log Likelihood	<b>610,419</b>
Akaike's Information Criterion (AIC)	626,419
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	627,147
Bozdogan's Criterion (CAIC)	661,081
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	653,081

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.

## Fixed Effects

Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	94,910	336,656	,000
tempo	1	112,385	30,795	,000
MecanicaNLogit	1	121,267	10,221	,002
trabalhouESTRUT	1	96,581	5,259	,024

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-3,647000	,198766	94,910	-18,348	,000
tempo	1,185856	,213693	112,385	5,549	,000
MecanicaNLogit	,386649	,120939	121,267	3,197	,002
trabalhouESTRUT	,306683	,133736	96,581	2,293	,024

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-4,041606	-3,252395
tempo	,762467	1,609245
MecanicaNLogit	,147224	,626074
trabalhouESTRUT	,041238	,572127

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=-,000]	1,095819	,200289	5,471	,000
	Var: [ocasiao0=1,000]	3,701431	,675732	5,478	,000
	Var: [ocasiao0=2,000]	,345198	,060213	5,733	,000
	ARH1 rho	-,042153	,109268	-,386	,700

a. Dependent Variable: medCONC.

Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>

Parameter	95% Confidence Interval		
	Lower Bound	Upper Bound	
Repeated Measures	Var: [ocasiao0=-,000]	,765879	1,567898
	Var: [ocasiao0=1,000]	2,588061	5,293766
	Var: [ocasiao0=2,000]	,245242	,485895
	ARH1 rho	-,251225	,170678

a. Dependent Variable: medCONC.

**MODELO D**

```

MIXED medCONC WITH tempo MecanicaNLogit trabalhoESTRUT usou
/FIXED=tempo MecanicaNLogit trabalhoESTRUT tempo*usou | SSTYPE(3)
/METHOD=ML
/PRINT=SOLUTION TESTCOV
/REPEATED=ocasiao0 | SUBJECT(nome) COVTYPE (ARH1).

```

**Mixed Model Analysis****Model Dimension<sup>a</sup>**

		Number of Levels	Covariance Structure	Number of Parameters
Fixed Effects	Intercept	1	Heterogeneous First-Order Autoregressive	1
	tempo	1		1
	MecanicaNLogit	1		1
	trabalhoESTRUT	1		1
	tempo * usou	1		1
Repeated Effects	ocasiao0	3		4
Total		8		9

a. Dependent Variable: medCONC.

**Model Dimension<sup>a</sup>**

		Subject Variables	Number of Subjects
Fixed Effects	Intercept	nome	69
	tempo		
	MecanicaNLogit		
	trabalhoESTRUT		
	tempo * usou		
Repeated Effects	ocasiao0		
Total			

a. Dependent Variable: medCONC.

**Information Criteria<sup>a</sup>**

-2 Log Likelihood	<b>605,284</b>
Akaike's Information Criterion (AIC)	623,284
Hurvich and Tsai's Criterion (AICC)	624,197
Bozdogan's Criterion (CAIC)	662,278
Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)	653,278

The information criteria are displayed in smaller-is-better forms.

a. Dependent Variable: medCONC.

## Fixed Effects

**Type III Tests of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Source	Numerator df	Denominator df	F	Sig.
Intercept	1	96,431	339,579	,000
tempo	1	130,207	19,582	,000
MecanicaNLogit	1	119,010	12,674	,001
trabalhouESTRUT	1	95,573	6,580	,012
tempo * usou	1	69,926	5,420	,023

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Parameter	Estimate	Std. Error	df	t	Sig.
Intercept	-3,641775	,197625	96,431	-18,428	,000
tempo	1,010038	,228250	130,207	4,425	,000
MecanicaNLogit	,423132	,118853	119,010	3,560	,001
trabalhouESTRUT	,332154	,129487	95,573	2,565	,012
tempo * usou	,315374	,135466	69,926	2,328	,023

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Fixed Effects<sup>a</sup>**

Parameter	95% Confidence Interval	
	Lower Bound	Upper Bound
Intercept	-4,034036	-3,249514
tempo	,558480	1,461597
MecanicaNLogit	,187791	,658473
trabalhouESTRUT	,075110	,589199
tempo * usou	,045191	,585558

a. Dependent Variable: medCONC.

## Covariance Parameters

**Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>**

Parameter	Estimate	Std. Error	Wald Z	Sig.	
Repeated Measures	Var: [ocasio0=,000]	1,106964	,205142	5,396	,000
	Var: [ocasio0=1,000]	3,666921	,669577	5,476	,000
	Var: [ocasio0=2,000]	,322964	,056310	5,735	,000
	ARH1 rho	-,077870	,109441	-,712	,477

a. Dependent Variable: medCONC.

**Estimates of Covariance Parameters<sup>a</sup>**

Parameter	95% Confidence Interval		
	Lower Bound	Upper Bound	
Repeated Measures	Var: [ocasio0=,000]	,769820	1,591762
	Var: [ocasio0=1,000]	2,563732	5,244817
	Var: [ocasio0=2,000]	,229480	,454531
	ARH1 rho	-,285663	,136916

a. Dependent Variable: medCONC.